

# WORLDWIDE

Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

MEDIO AMBIENTE

TELEDETECCIÓN

CARTOGRAFÍA

CATASTRO

TURISMO

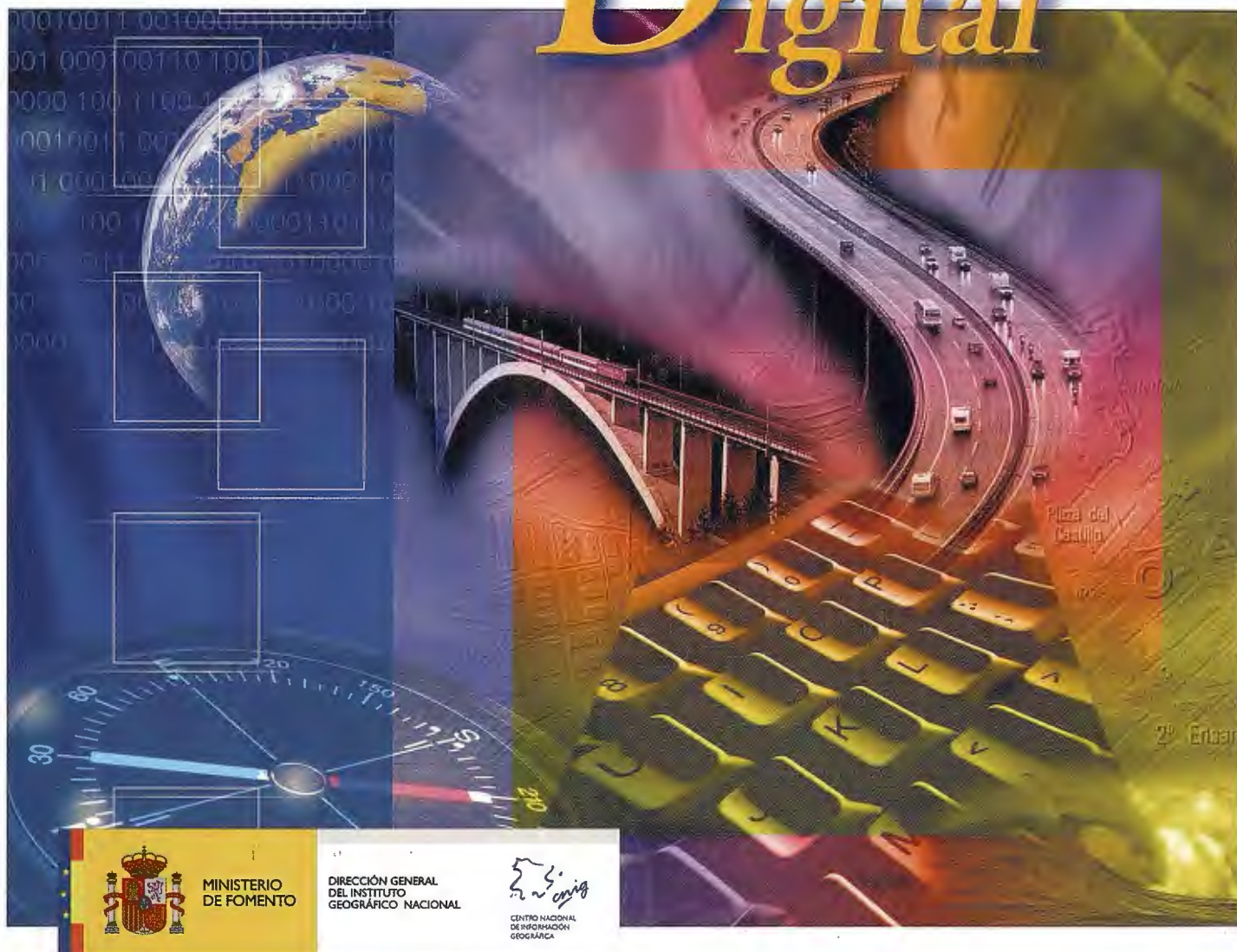


Nº 127 JULIO 2008 PRECIO 6 €

ISSN: 1.131-9.100



# Cartografía Digital



BASE CARTOGRÁFICA NUMÉRICA (BCN 1000, 500, 200, 25),  
MAPA TOPOGRÁFICO NACIONAL (MTN50, 25),  
MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT 1000, 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:

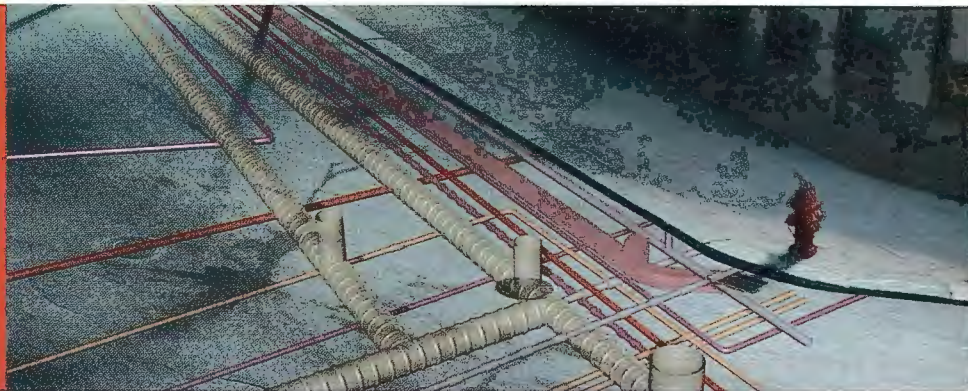
General Ibáñez de Ibero, 3 • 28003 MADRID

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>



# Autodesk® Geospacial



Muchas organizaciones que dependen de la información espacial no consiguen utilizar sus datos porque los tienen almacenados en diversos sitios y los gestionan por separado distintos departamentos, entre ellos, los de ingeniería, GIS, operaciones e informática. Como cada departamento utiliza, almacena y gestiona los datos de forma diferente, compartirlos constituye un proceso monótono que suele generar errores e impide que se aproveche toda la riqueza de la información existente. Ello dificulta a toda la empresa (incluso en áreas como el departamento financiero o el servicio al cliente) el acceso a información espacial que podría ayudarles a trabajar con más eficacia.

Afortunadamente, Autodesk les ofrece las herramientas que necesitan para incrementar el valor de estos activos en datos, porque les ayuda a asegurarse de que se conservan correctamente dentro de toda la organización de un modo seguro y escalable. De hecho, la línea completa de soluciones geospaciales de Autodesk puede ayudar a los clientes a superar todos los retos de cartografía y GIS que se les planteen. Las soluciones de Autodesk abarcan desde la cartografía temática y de precisión hasta el análisis espacial 2D y 3D, desde la manipulación de imágenes raster y la consulta de bases de datos hasta la publicación y el uso de mapas de gran calidad, tanto vía web como a través de dispositivos móviles. Además de crear, importar y editar los datos que necesitan, los clientes pueden integrar, analizar y mostrar los resultados que desean.

La línea de productos geospaciales de Autodesk puede considerarse una cadena de valor que ayuda a las organizaciones a aumentar la interoperabilidad y el intercambio de datos cuanto más suben en la cadena. Al pasar de una fase a otra, pueden aprovechar cada vez más sus datos geospaciales en gran variedad de

funciones empresariales. En las primeras fases de la cadena de valor, las empresas adquieren habilidad para organizar eficazmente la información, implementar sistemas de coordenadas universales y trabajar con conjuntos de datos más grandes. Cuando más suben en la cadena, adquieren mayor capacidad de ampliación, de



seguridad y de realizar transiciones e integraciones prolongadas con otros sistemas.

Las soluciones geospaciales de Autodesk ayudan a las organizaciones en cada fase y les facilitan la transición de una fase a otra. El núcleo de las soluciones geospaciales de Autodesk es AutoCAD® Map 3D, una plataforma de escritorio sobresaliente para crear y editar datos espaciales. AutoCAD Map 3D, basado en la plataforma de software AutoCAD, conecta CAD y GIS ofreciendo las herramientas más potentes de creación y edición a los profesionales de GIS, así como los elementos geospaciales que necesitan los técnicos de cartografía y CAD y los ingenieros civiles.

Autodesk MapGuide® Enterprise es una plataforma web que permite a los clientes rentabilizar al máximo sus mapas, diseños y datos vía web. Ahora pueden distribuir más información a mayor variedad de destinatarios, integrar múltiples orígenes de datos o servidores, y crear aplicaciones personalizadas. La compatibilidad con múltiples formatos y un visor Java® mejorado ayudan a poner la última información a disposición de más usuarios para tomar decisiones más rápidas y mejor informadas.

"Las soluciones geospaciales de Autodesk ayudan a los clientes a visualizar la idea global y a tomar mejores decisiones integrando la información de CAD, activos, GIS y clientes para disfrutar de una visión más completa de su infraestructura."

El miembro más reciente de la familia de soluciones geospaciales de Autodesk es Autodesk® Topobase™, una solución de diseño y gestión de infraestructuras que proporciona acceso centralizado, flexible y seguro a la información espacial para los equipos de planificación, diseño, operaciones y negocio. Basado en Map 3D, Autodesk MapGuide y Oracle® Spatial 10g, Topobase ayuda a los clientes a visualizar la idea global y a tomar mejores decisiones integrando la información de CAD, activos, GIS y clientes para disfrutar de una visión más completa de su infraestructura.

Una cualidad exclusiva de Autodesk Topobase es su capacidad para aprovechar los datos de los proyectos de infraestructuras desde las fases de diseño y construcción hasta la gestión continua de las infraestructuras. Por ejemplo, cuando un ingeniero diseña una red de aguas con software

habitual de Autodesk, se aplican las normas de la empresa y los datos detallados de los activos se almacenan automáticamente en la base de datos espaciales central, para utilizarlos en las áreas de operaciones, servicio al cliente e informes de cumplimiento. Topobase es un sistema abierto, flexible y fácil de implantar, diseñado para integrarse con los sistemas empresariales existentes sin necesidad de caras herramientas propietarias o middleware. Los módulos verticales normalizados para gestionar tipos específicos de activos de infraestructuras permiten una veloz implantación que rentabiliza la inversión rápidamente. Ya se trate de documentar lo que hay en el terreno o de gestionar infraestructuras y activos existentes, las tecnologías de Autodesk proporcionan la capacidad de utilizar los datos geospaciales en múltiples departamentos y aplicaciones, así como de trabajar con más eficacia que nunca.

[www.autodesk.es/geospacial](http://www.autodesk.es/geospacial)





## 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 METODOLOGÍA PARA LA EXPLORACIÓN GASOPETROLÍFERA COSTA AFUERA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES**

**10 LA TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS EÓLICOS CON FINES ENERGÉTICOS**

**16 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD EN ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL TERRITORIO DE SAGUA DE TÁNAMO, PROVINCIA DE HOLGUÍN, CUBA**

**20 LA CARTOGRAFÍA DIGITAL COMO AYUDA AL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA EMPRESA DE CULTIVOS VARIOS GÜIRA DE MELENA, LA HABANA**

**28 DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE RIESGOS EN EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD Y LA VALORACIÓN DE SU USO COMO INFORMACIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES. CONCEPTOS Y DEFINICIONES**

**36 ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA EN CONDICIONES DE MONTAÑA MEDIANTE MÉTODOS DE ANÁLISIS ESPACIAL**

**42 AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN LA CAÑA DE AZÚCAR**

**50 PROPUESTA DE UN MODELO TEÓRICO DE PRONÓSTICOS DE CORRIENTES MARINAS**

**62 DISTRIBUCIÓN DE LOS HÁBITATS BENTÓNICOS DEL GOLFO DE BATABANÓ, CUBA, MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE IMÁGENES LANDSAT-7**

**73 FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA LAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA DELIMITACIÓN MARÍTIMO COSTERA. CASO DE ESTUDIO DE CUBA**

**78 SISTEMA GEOESPACIAL DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA CUBANA**

**87 ISOAS. ISOLÍNEAS DE ASENTAMIENTOS**

**96 MÓDULO VALOR CATASTRAL DEL SIGCAR V2.0, UNA HERRAMIENTA GEOINFORMÁTICA PARA LA VALORACIÓN DEL TERRENO RURAL"**



- GPS + GLONASS + GALILEO
- Máximo rendimiento de satélites
- Radio y modem GSM/GPRS
- Diseño sin cables
- A prueba de golpes, resistente a caídas desde 2 m



**Conectado...y cargado.**



Av. de la Industria, 35 · 28760 Tres Cantos – Madrid  
TL: 902 103 930 · FX: 902 170 393 · [www.inlandgeo.com](http://www.inlandgeo.com)



### **GR-3**

El receptor Topcon con la tecnología G3 de triple constelación

[www.topcon.eu](http://www.topcon.eu)



# METODOLOGÍA PARA LA EXPLORACIÓN GASOPETROLÍFERA COSTA AFUERA MEDIANTE IMÁGENES SATELITALES

Gómez Herrera Julio E.<sup>(1)</sup>, Álvarez Hernández Orlando<sup>(1)</sup>, Pellón de Miranda Fernando <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Investigaciones del Petróleo, CEINPET, Cerro

<sup>(2)</sup> Centro de Pesquisas CENPES, Brasil

XII Convencion y Expo. Internacional

## RESUMEN.

Esta metodología apoyará las exploraciones gasopetrolíferas en la Zona Económica Exclusiva de Cuba en el Golfo de México (ZEEGoM) confirmando la existencia de sistemas petroleros activos, con la ayuda de imágenes satelitales de RADAR, oceanográficas y meteorológicas de apoyo. Con estas imágenes de Apertura Sintética de Radar (SAR), una secuencia de procesos de mejoramiento de la imagen digital y una metodología basada en el análisis de la información tanto en su aspecto multispectral como de textura, la utilización de la función del semivariograma y posterior análisis de reconocimiento de patrones de clasificación no supervisado (USTC), se podrá realizar la identificación y rastreo de las manchas de hidrocarburos en el medio marino y discriminar las manchas de origen no natural (oil spill) de las emanaciones naturales (seepage slicks). Conjuntamente permitirá monitorear, controlar y proteger ante posibles derrames de hidrocarburos, producto de vertimientos, accidentales o no, resultantes de la actividad de exploración, perforación, explotación y transporte de hidrocarburos en el área y estar en condiciones de prevenir y minimizar, los riesgos sobre posibles daños a los ecosistemas litorales y actividades costa afuera. En nuestro país se están creando las condiciones para la introducción de esta metodología y su aplicación en el nuestra ZEEGoM a través de un proyecto de investigación.

**Palabras Claves:** Exploración petrolera, imágenes SAR, manchas de hidrocarburo, Golfo de México.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la demanda de energía a nivel mundial, se sustenta en los hidrocarburos que, por ser recursos no renovables, se agotan y cada vez son más difíciles de encontrar. Por esa razón la exploración se ha dirigido hacia los territorios antes poco explotados como son los mares y los océanos (costa afuera o en inglés: offshore). Ahora, a diferencia de la exploración costa adentro (onshore), la exploración costa afuera es más costosa y riesgosa. El

petróleo barato se acabó hace tiempo, tanto por razones de índole geográfica y geológica, como por la especulación de los mercados. Los objetivos se hacen cada vez más profundos, y los costos para su exploración y explotación dan mucho que pensar para tomar decisiones.

El desarrollo tecnológico no es ajeno a esta problemática, creando metodologías más sofisticadas y pensamientos geológicos audaces, obteniendo resultados aceptables que tiende a equilibrar la balanza costo - beneficio en la exploración. La problemática más importante en la exploración costa afuera es la definición de la existencia del Sistema Petrolero, que comprende un volumen de roca generadora de hidrocarburos y una acumulación de estos.

Un indicador en medio marino de la existencia de estos parámetros de control geológico lo constituyen las emanaciones naturales de petróleo y gas (oil seeps) que son una invaluable información de la existencia del sistema petrolero en su expresión de generación de hidrocarburos. Esta información históricamente ha sido obtenida mediante el aviso de pescadores, la información obtenida de la bitácora de las embarcaciones, información de expertos, sensores en naves aéreas, aerostatos, etc.

Todos estos métodos presentan un defecto, y es que no responden a una metodología constante y sistemática, dependen de la casualidad y voluntarismo. Para solventar esta deficiencia entran en escena los satélites artificiales, portadores de sensores remotos en una variada gama de modalidades, siendo la más efectiva hasta ahora, las imágenes provenientes del Radar de Apertura Sintética (SAR), generados por la RADARSAT (canadiense) y ENVISAT (Agencia Espacial Europea).

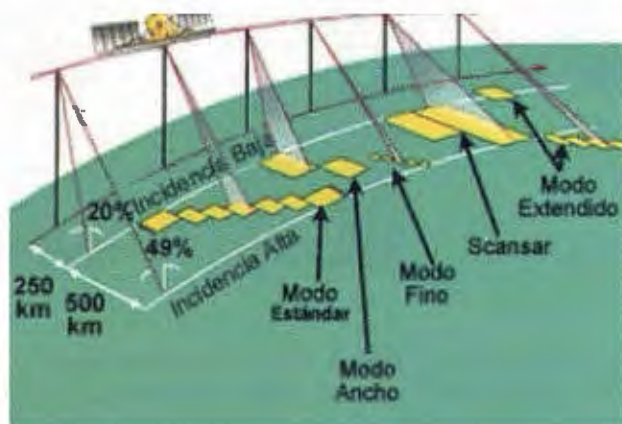


Fig. I. Satélite RADARSAT -1

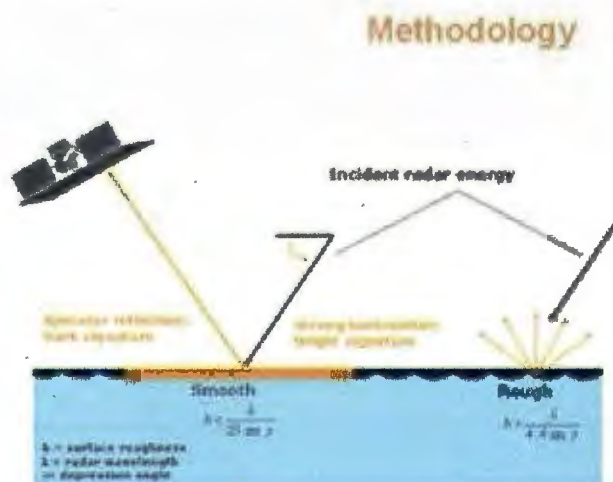


Fig. II. Principio físico -metodológico de detección de anomalías texturales



## MATERIALES Y MÉTODOS

El RADARSAT (Fig. I) es un satélite sincrónico al sol y viaja en una altitud de aproximadamente 800 kilómetros sobre la superficie de la tierra. Tiene un período orbital de 101 minutos y circunda nuestro planeta cerca de 14 veces al día. Opera a una frecuencia de microondas C de 5.6 cm. de longitud de onda, generando un único canal o banda de datos. La energía de las microondas de la banda C puede penetrar polvos atmosféricos, como así también las nubes, niebla, bruma y lluvia posibilitando coleccionar datos bajo cualquier condición atmosférica.

Estas imágenes tienen la característica ideal porque no son afectadas por condiciones meteorológicas adversas, y su extraordinaria resolución espacial (pueden llegar hasta menos de 5 m resolución). Con ellas y una metodología que ha sido descrita por Mac Donald (1996), Biegert et. al. (1997) y Miranda et. al. (1992, 2004), se ha podido rastrear e identificar las manchas de petróleo en ambiente marino y asociarlas a la exploración, con vistas a confirmar Sistemas Petroleros offshore.

conoce como polarización horizontal o H. La energía que regresa al sensor de RADARSAT es capturada con la misma polarización. Esto es conocido como sistema de polarización HH que es muy útil en la discriminación agua/suelo.

Las imágenes de RADARSAT pueden combinarse para generar información multitemporal o bien con otras fuentes digitales y obtener imágenes a color. El éxito de derivar información útil de una fuente de datos depende del nivel de detalle provisto.

Cada modo es definido por el área de cobertura del terreno y por el nivel de detalle o resolución que puede dar. Existen 7 tamaños de imágenes relacionados con el modo de rayo, que van desde el fino de 50 x 50 km y 10 metros de resolución hasta el scanSAR de 500 x 500 km, con una resolución nominal de 100 metros. Otro modo es el estándar de 100 Km<sup>2</sup> de cobertura. El modo estándar puede ser útil para escalas de 1:100.000 o menores.

Basado en el principio físico de la polarización de la señal se pueden detectar las manchas en el océano por las varia-

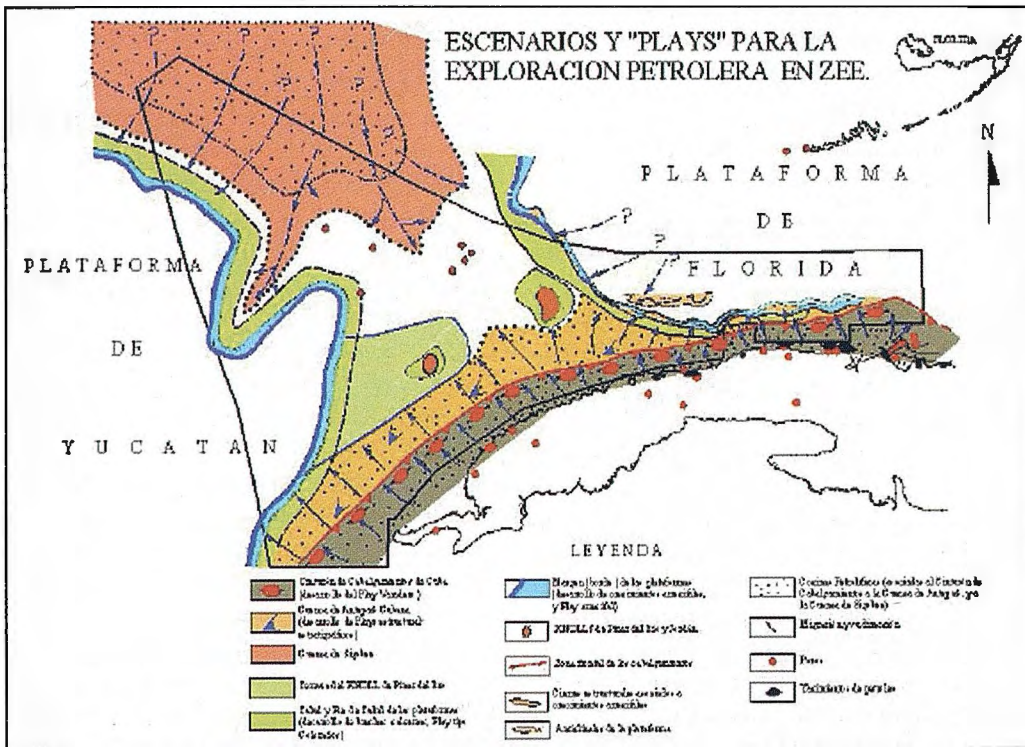


Fig. III. Área de Estudio y escenario geológico de la ZEE de Cuba.

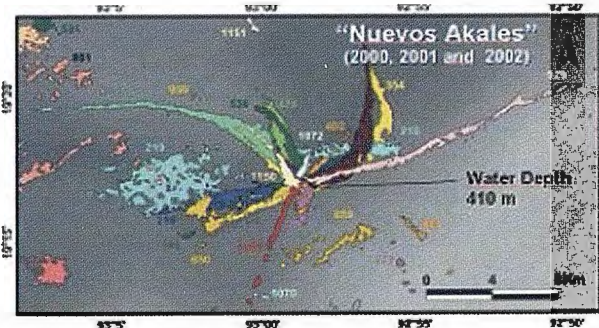


Fig. IV. Ejemplo de escenario temporal. Emanaciones en tiempo

Como sensor activo, el Radar de Apertura Sintética de RADARSAT transmite un pulso de energía de microonda a la tierra. EL SAR mide la cantidad de energía que regresa al satélite después de interactuar con la superficie de la tierra. La energía de microondas que se desplaza en sentido horizontal dentro de un plano de desplazamiento se

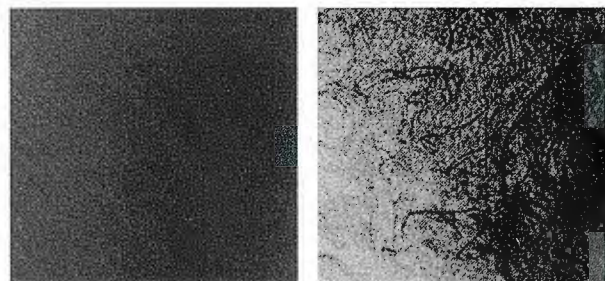


Fig. V. Ejemplo de escenario ambiental, efectos de vientos suaves y biodegradación marina.

ciones capilares presentes en la superficie del océano que se expresan en le cambio de textura de la imagen (Fig. II). Estos cambios de solo algunos centímetros de altura producen procesos de difusión en la incidencia de los pulsos de RADAR dando contrastes claro - oscuros en la imagen. Estas respuestas anómalas pueden conducir a otras causas no atribuibles a las manchas de hidrocarburos como



son: Derrames causados por fuentes de origen ribereños; Mar poco tranquila o poco viento; Zonas bajas entre islas y la tierra; Cubierta vegetaria marina; Petróleo biogénico; Turbulencia del trasiego de barcos; Abundante lluvia; Angulo de incidencia del Radar.

Por esa razón es necesaria la rectificación de estas anomalías con el procesamiento de la información de otros sensores como son:

1. Imágenes de Satélites de la serie NOAA/AVHRR (térmicas)
2. Imágenes de Satélites de la serie GOES (meteorológico)
3. Imágenes de Satélites de la serie TOPEX POSEIDON (campo de altura de las olas)
4. Imágenes de Satélites de la serie MODIS (concentración de clorofila)
5. Imágenes de Satélites de la serie QUIKSCAT (campo de vientos)
6. Imágenes de Satélites de la serie SeaWifs (campo de corrientes marinas).

Los rangos óptimos para la detección de manchas de hidrocarburos con la utilización del SAR son la (1) temperatura de las nubes por GOES a -50 grados Celsius, (2) velocidad del viento por QUIKSCAT entre 3 - 8 m/s, (3) altura de la olas por TOPEX POSEIDON menor de 1.5 m.

| Fc.  | Grado De Confianza | Escenario Geológico   | Escenario Temporal                                     | Escenario Ambiental   |
|------|--------------------|---|--|---|
| 1.00 | Óptimo             | Tectónica salina en aguas someras y profundas. Roca madre es presente | Repetición de manchas en tiempo, en un radio de 5 km.  | No existen problemas de tiempo, oceanográficos o de contaminación   |
| 0.75 | Alto               | Tectónica salina en aguas ultra profundas                             | Repetición de manchas en tiempo, en un radio de 10 km. | Asociación espacial con extensos períodos de calma con baja velocidad de los vientos y lluvias copiosas.  |
| 0.50 | Intermedio         | Zona de transición entre Pilar Akal y Knolls de Campeche              | Repetición de manchas en tiempo, en un radio de 50 km. | Asociación espacial áreas de contaminación ribereñas.   |
| 0.25 | Bajo               | Dominio tectónico desprovisto de tectónica salina.                    | No existe repetición en tiempo                         | Posible asociación espacial con la actividad de explotación petrolera (transportes, oleoductos) e ilegal vertimientos de hidrocarburos por embarcaciones. |

Tab. I. Rangos de ordenamientos de manchas de hidrocarburo

En el análisis de la información proporcionada por las imágenes SAR se utiliza tanto su aspecto multiespectral como su característica de textura, tomando como unidad informativa el píxel y sus vecinos. Estas características se miden utilizando la función geoestadística de la función del semivariograma (Miranda et al. 1992) y el posterior análisis de reconocimiento de patrones de clasificación no supervisado (USTC), que identifica la potencial mancha de hidrocarburo con la imagen de textura y radiométrica del SAR. Además se emplea la combinación de diferentes filtros digitales de mejoramiento de imágenes.

## DISCUSIÓN

El área de estudio es la Zona Económica Exclusiva de Cuba en el Golfo de México (ZEEGoM), (Fig. III), que es donde se aplicará esta metodología de detección de manchas de hidrocarburos. Se deben determinar los escenarios para el análisis y procesar las imágenes adquiridas tanto SAR como de apoyo. En la Fig. VII se presenta la imagen en relieve del área.

Con la información clasificada y filtrada de las imágenes

SAR (seepage slick) se procede al ordenamiento (ranking) por su importancia en función del escenario geológico tectónico, temporal y ambiental (Tab. I).

a. Escenario geológico: Emanaciones de hidrocarburo de áreas con activa generación en rocas madres, donde las fallas, diapiros etc. Crean zonas favorables para la migración y acumulación de hidrocarburos. Estos escenarios se asocian a niveles de favorabilidad. (Fig. III)

b. Escenario Temporal: Frecuencia de aparición de los seepage slicks en las imágenes de Radar en función del tiempo y área (Fig. IV)

c. Escenario Ambiental: Condiciones oceanográficas y meteorológicas durante la adquisición de imágenes SAR, que interfieren la interpretación. (Fig. V)

El nivel de confiabilidad o grado de confiabilidad de cada seepage slicks individual se calcula mediante el parámetro cuantitativo siguiente (Tab. I):

$$Fc. \text{ seepage} = Fc. \text{ Geológico} \times Fc. \text{ Temporal} \times Fc. \text{ Ambiental}$$

Este parámetro se incluye en el análisis de riesgo (risk analysis) de los objetivos junto con los demás parámetros de control geológico del play.

## CONCLUSIONES

1. La utilización de imágenes SAR para la detección de manchas de hidrocarburos con fines exploratorios, ayudan extraordinariamente a la correcta evaluación de los Sistemas Petroleros activos en su totalidad y constituye un indicador de procesos de migración de hidrocarburos.

2. Contribuye a la reducción del riesgo geológico de la exploración.

3. Las manchas de hidrocarburo identificadas como provenientes de ilegalidades, accidentes u otro factor constituye un valor agregado a la metodología ya que sirve para efectuar el monitoreo ambiental del área.

4. Se recomienda la pronta transferencia de tecnología de esta metodología para su aplicación en nuestro territorio, por lo que en

nuestro país se están creando condiciones para la introducción de esta metodología y su aplicación en nuestra Zona Económica Exclusiva del Golfo de México (ZEEGoM) a través de un proyecto de investigación-desarrollo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

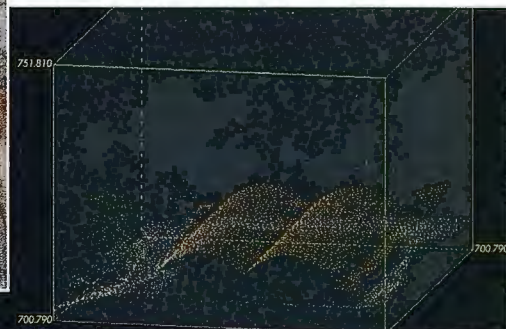
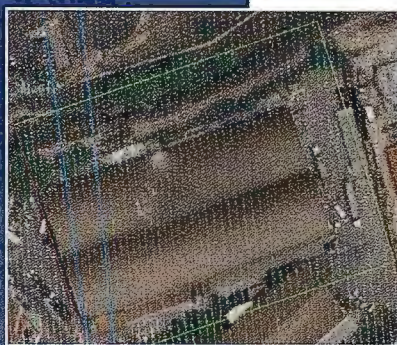
- Biegert, E.K., et al. 1997. Gulf Offshore Satellite Applications Project detects oil slicks using RADARSAT. In Geomatics in the Era of RADARSAT (GER'97. Proceedings of the 13th International Symposium, 26-30 May 1997, Ottawa, Ont. Geomatics Canada, Natural Resources Canada. [CD-ROM].
- Mac Donald, et al. 1996. Remote sensing inventory of active oil seeps and chemosynthetic communities in the northern Gulf of Mexico. In *Hydrocarbon migration and its near-surface expression*. Edited by D. Schumaker and M.A. Abrams. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Okla. AAPG Memoir 66, pp. 27-37
- Miranda F, et al. 2004. Analysis of RADARSAT-1 data for offshore monitoring activities in the Cantarell Complex Gulf of Mexico, using the unsupervised semivariogram textural classifier (USTC). *Can. J. Remote Sensing*, Vol. 30, No. 3, pp. 424-436, 2004
- Miranda, F.P., et al. 1992. Application of the semivariogram textural classifier (STC) for vegetation discrimination using SIR-B data of Borneo. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 13, pp. 2349-2354.
- Miranda, F.P., MacDonald, J.A., and Carr, J.R. 1992. Application of the semivariogram textural classifier (STC) for vegetation discrimination using SIR-B data of Borneo. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 13, pp. 2349-2354



# Sensores Lidar

¿Quiere ver el mundo con otra perspectiva?

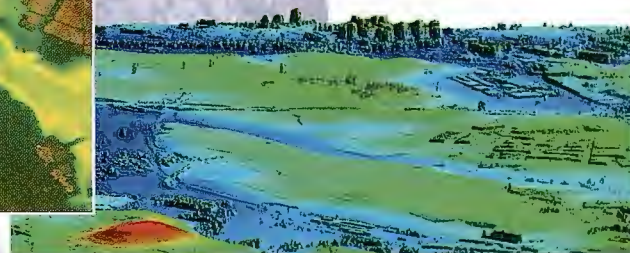
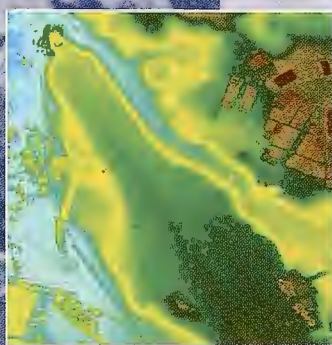
El sistema LIDAR (Light Detection and Ranging) es un sistema láser de medición a distancia, que permite la modelización rápida y precisa del terreno, compuesto por un receptor GPS y un sistema inercial (proporcionan la posición, trayectoria y orientación del láser), un emisor y un barredor (scanner)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



Vuelo digital + LIDAR. 18 cm, Comunidad de Madrid

## Aplicaciones:

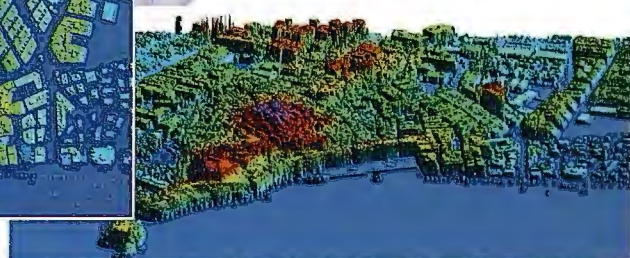
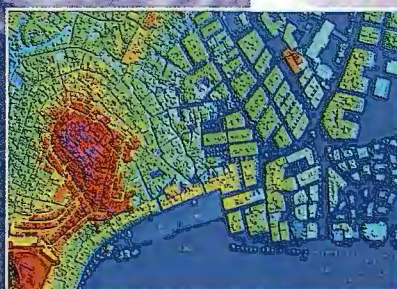
- Aplicaciones cartográficas
- Modelos hidráulicos
- Estudios forestales
- Modelos tridimensionales urbanos
- Seguimientos de costas
- Líneas eléctricas, inventario, puntos críticos



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)





# LA TECNOLOGÍA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS EÓLICOS CON FINES ENERGÉTICOS

Emilio R. Escartín Sauleda. Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría", CUJAE. Ciudad de La Habana  
XII Convencion y Expo. Internacional

## Resumen.

El aprovechamiento de los recursos energéticos renovables se presenta como una necesidad imperiosa para la humanidad en el futuro inmediato. En especial, el uso de la energía del viento para producir electricidad muestra un desarrollo impetuoso en muchos países en los últimos años.

El primer paso para la planificación del desarrollo energético basado en la energía eólica consiste en evaluar los recursos disponibles, pero las propiedades del viento lo hacen un recurso natural de difícil medición y evaluación.

En el presente trabajo se discuten algunos problemas, tanto de índole teórica como práctica, asociados al proceso de evaluación de los recursos eólicos con fines energéticos en Cuba, y se propone la utilización de procedimientos y herramientas propias de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica para contribuir a la solución de dichos problemas.

## Introducción

El aprovechamiento de los recursos energéticos renovables se presenta como una necesidad imperiosa para la humanidad en el futuro inmediato. En especial, el uso de la energía del viento para producir electricidad muestra un desarrollo impetuoso en muchos países en los últimos años. El primer paso para la planificación del desarrollo energético basado en la energía eólica, a cualquier escala, consiste en evaluar los recursos disponibles. Sin embargo, las propiedades del viento lo hacen un recurso natural de difícil medición y evaluación.

Una de las definiciones empleadas para caracterizar a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) los presentan, de un modo muy abarcador, como herramientas informáticas que sirven para cartografiar y analizar objetos que existen y eventos y fenómenos que ocurren en un cierto entorno o marco espacial y temporal. Esta definición, como cualquiera otra escogida al azar<sup>1</sup>, sustenta el empleo de los SIG como una importante herramienta en la evaluación de los recursos naturales, de lo que no escapa la evaluación de los recursos eólicos con fines energéticos.

El empleo de los SIG ha sido tradicionalmente exitoso en su vertiente de creación de mapas. En el marco de la evaluación de los recursos eólicos con fines energéticos, esta herramienta ha demostrado su utilidad en la preparación de mapas que son indispensables para la confección de los Mapas Eólicos<sup>2, 3, 4</sup>, tales como los mapas topo-gráficos, los mapas de tipos de paisajes y los mapas de rugosidad del terreno. Sin embargo, las herramientas propias de la tecnología de los SIG pueden emplearse no sólo en la preparación de los mapas auxiliares de partida ya mencionados, sino que pueden utilizarse también, de forma

creativa y siguiendo derroteros no convencionales, o de una manera más formalizada, usar herramientas espaciales para datos no espaciales, para contribuir a analizar, revelar patrones y graficar el comportamiento de los datos temporales de vientos obtenidos en las diferentes campañas de medición. En los párrafos que siguen a continuación se muestran varios ejemplos del uso de herramientas propias de la tecnología de los SIG para el procesamiento y visualización de datos de mediciones de viento, velocidad y dirección, correspondientes a seis torres de medición ubicadas espacialmente en dos localidades de la provincia oriental cubana de Holguín.

## Los Datos

Los datos de vientos empleados en este trabajo provienen de las localidades holguineras de Gibara (Los Altos, Los Cocos, y Punta Rasa) y de Punta Lucrecia (Amelia, Los Colorados y el Faro). En cada localidad se instaló una torre de observación con anemómetros a las alturas de 50m, 30m y 10m, así como una o dos veletas (según el caso), situadas a la altura de 50m. Las observaciones procesadas corresponden al mes de Abril del año 2006, tomadas de esta forma para asegurar la coincidencia temporal de los datos disponibles en las seis estaciones, así como evitar la ausencia de datos. La distancia entre estaciones fluctúa entre 1 y 2km para las torres en una misma localidad y alrededor de 60km para las torres en diferentes localidades. Las altitudes de las bases de las torres fluctúa entre 0.5m y 5m. En ambas localidades las torres se encuentran ubicadas muy cerca de la costa.

El juego de datos está formado por 16 variables: Velocidad Promedio, Desviación Estándar de la Velocidad, Velocidad Mínima y Velocidad Máxima, para las alturas de 50m (Canal 1), 30m (Canal 2) y 10m (Canal 3), así como el Azimut Promedio, la Desviación Estándar del Azimut, el Azimut Máximo y el Azimut Mínimo de la orientación de la dirección del viento, a la altura de 50m (Canales 7 u 8). El equipo de medición (data logger) realiza una observación cada 1 segundo, y las acumula por intervalos de 10 minutos, siendo en estos intervalos en los que se calculan los valores promedios, desviaciones, máximos y mínimos de las variables antes mencionadas. La calidad de los datos es buena, aunque se detectan problemas con las observaciones de los siguientes canales y localidades: Azimut Máximo y Azimut Mínimo del viento en todas las localidades; Azimut Promedio (Canal 7) en la localidad de Punta Rasa; Azimut Promedio (Canal 8) en la localidad de Amelia. No se estu-



dió la Desviación Estándar del Azimut del viento en ninguna de las localidades.

Con un intervalo de muestreo de 10 minutos, en cada variable se generan diariamente 144 observaciones, lo que equivale a 1008 datos semanales y 4320 datos por cada mes de 30 días en cada variable.

### La Presentación de los Datos

En la tecnología de los SIG se encuentran numerosas herramientas y procedimientos diferentes, capaces de hacer la representación gráfica de los datos. En este trabajo se optó por dos formas esenciales de representación. La primera forma de representación es en mapas (de tonos de grises, de colores, superficies 3D, etc.), en los que el eje X corresponde al número de la observación en el día (entre 1 y 144) y el eje Y representa el día del mes (entre 1 y 30, para el mes de abril). La segunda forma de representación es en perfiles, donde el eje X continúa siendo el número de la medición, pero en este caso hay sólo una coordenada Y, equivalente a un período más prolongado de tiempo, tal como una quincena o un mes.

### El Pre-procesamiento de los Datos

Los datos son enviados por los data loggers por vía telefónica a los servidores centrales, donde se conforman archivos en formato texto. El pre-procesamiento comienza por el cambio de formato, al importar los archivos de texto en una planilla electrónica, como es Excel, en este caso. Antes de someter los datos a cualquier tipo de procesamiento, se les sometió a un proceso de revisión para verificar su consistencia; es decir, si se cumple

1. En cada canal:  $X_{min} \leq X_{med} \leq X_{max}$
2. Entre canales:  $X_{10m} \leq X_{30m} \leq X_{50m}$  para  $X_{med} >$   
 $X_{10m} \leq X_{30m} \leq X_{50m}$  para  $X_{max}$  y  
 $X_{10m} \leq X_{30m} \leq X_{50m}$  para  $X_{min}$

Para validar esta verificación no basta con disponer de una herramienta automatizada, tal como la planilla electrónica Excel, ya que el volumen de datos es grande, y la localización de las condiciones de error es tediosa. En este trabajo se hace la propuesta de construir mapas de cada variable, y mediante el recurso del álgebra entre mapas, replantear las condiciones lógicas anteriores. P. ej.,  $X_{min} \leq X_{med} \leq X_{max}$  TRUE equivale a plantear  $((X_{max} - X_{med} > 0) \text{ AND } (X_{max} - X_{med} > 0)) > 0$ , se cumple la condición, mientras que donde  $(X_{max} - X_{med} > 0) * (X_{max} - X_{med} > 0) < 0$  la condición no se cumple. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de los resultados del álgebra entre mapas con los datos de la torre Los Altos (Gibara). En ella se aprecia que la comparación de los datos de los niveles 50 y 30 arroja una gran cantidad de puntos en los que la velocidad a 30m es mayor que a 50m.

Para la evaluación de la calidad general de los datos, se hizo la representación de los datos en forma imágenes en tonos de grises (Figura 2), en las que se aprecia un cambio de coloración alrededor de la abscisa 60, resultante del aumento de las velocidades al final de la mañana y durante las tardes, y de superficies tridimensionales, tal como se muestra en la Figura 3.

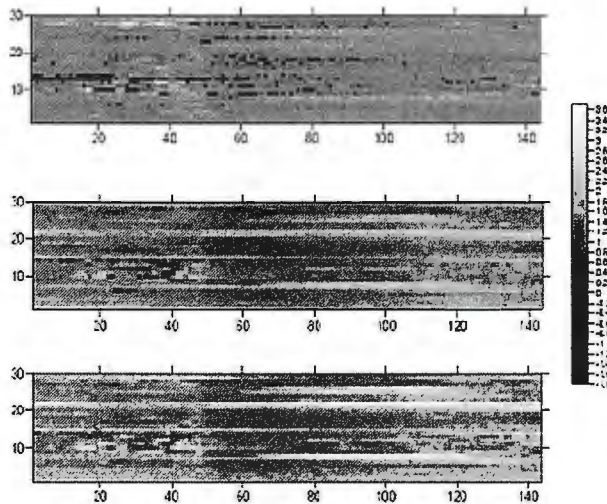


Figura 1. Ejemplos de mapas de consistencia de los datos de Velocidades Promedios de los Vientos a diferentes niveles. Torre Los Altos. Arriba: 50m - 30m; al Centro: 30m - 10m; Abajo: 50m - 10m. Los píxeles negros corresponden a observaciones que no cumplen las relaciones lógicas para las Velocidades Promedios de los Vientos en los diferentes niveles de medición.

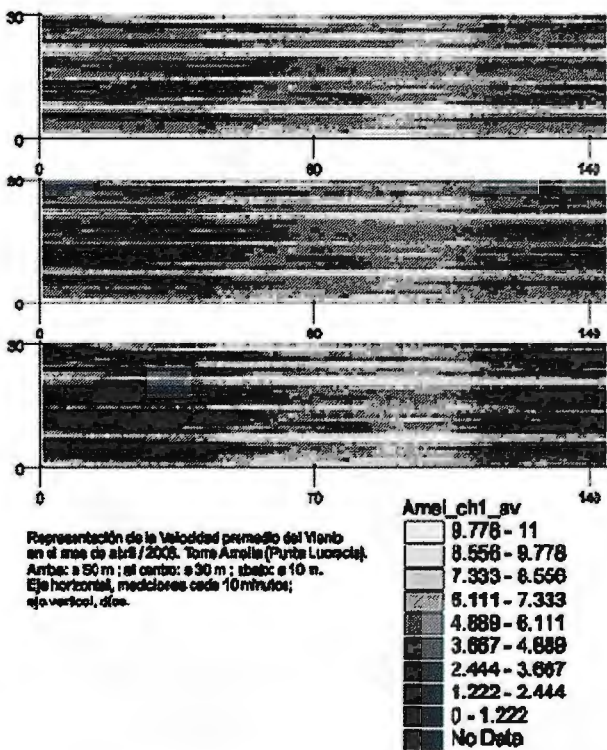


Figura 2. Representación de la Velocidad Promedio del Viento en la torre Amelia, Punta Lucrecia en forma de imágenes en tonos de grises.

En la Figura 3 se aprecia el carácter periódico de los datos de Velocidades del Viento en el tiempo (tanto a lo largo del día, como de un día a otro); se aprecia también un gran parecido en la apariencia de los datos, tanto para torres de una misma localidad (de arriba a abajo), como para mediciones a diferentes niveles (de izquierda a derecha). Se destaca también el fallo del anemómetro del nivel 10m en la torre de Los Cocos (región plana).

Por otro lado, en la Figura 4 se aprecian varias características de los datos de Direcciones (Azimutes) Promedios de los vientos en la localidad de Gibara. En primer lugar se distinguen los fallos de las veletas del canal 7 en Punta Rasa y del canal 8 en Los Altos. En segundo lugar se aprecia que las estructuras de las Direcciones de los Vientos son similares en todas las torres de Gibara. En tercer lugar se nota un cambio en el carácter de la variable a partir



de la medición 60 de cada día (aprox. 10 am), distinguiéndose una alta variabilidad tarde en la noche, en la madrugada y la mañana, y una menor variabilidad en la tarde y principio de la noche.

### El Procesamiento de los Datos

El procesamiento típico de los datos de viento con fines energéticos consiste en la consolidación de los datos en un período dado (p. ej. en un mes), y la edición de reportes de los siguientes documentos:

- Reporte Resumen;
- Tabla de Promedios Horarios;
- Distribución de Frecuencias de los Vientos (Histograma);
- Rosa de los Vientos.

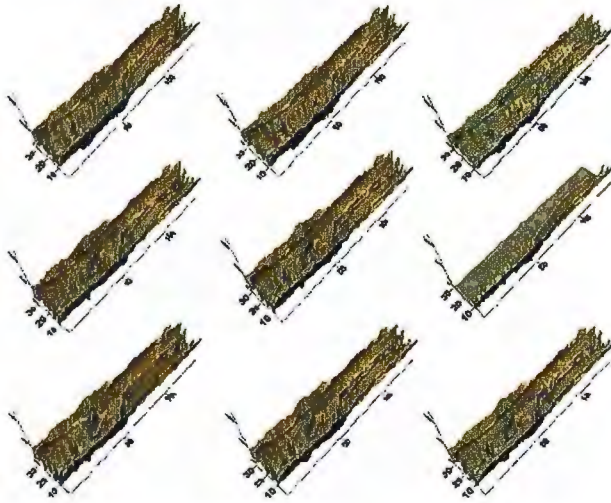


Figura 3. Representación de los datos de Velocidades Promedios de los Vientos en las torres de la localidad de Gibara en forma de superficie 3D. De arriba a abajo: Los Altos, Los Cocos y Punta Rasa. De izquierda a derecha: 50m, 30m y 10m.

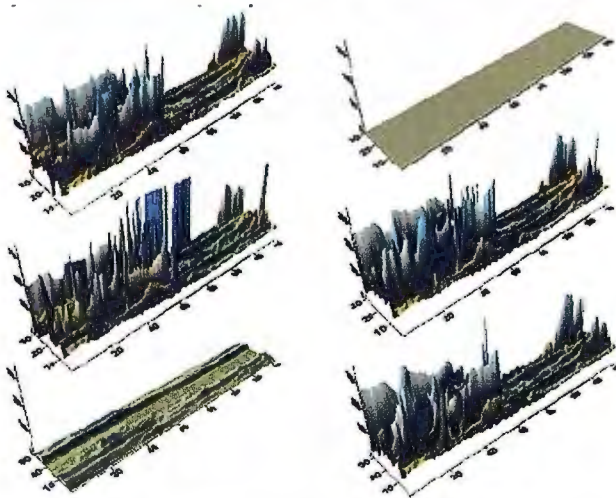


Figura 4. Representación de los datos de Azimutes Promedios de los Vientos en las torres de la localidad de Gibara en forma de superficies 3D. De arriba a abajo: Los Altos, Los Cocos y Punta Rasa. De izquierda a derecha: Canal 7 y Canal 8. Nivel 50m.

Sin embargo, para caracterizar el régimen de los vientos en una localidad, los especialistas reconocen que es necesario hacer un análisis de una serie temporal de datos con la mayor extensión posible, lo que conduce al empleo de técnicas conocidas genéricamente como MCP (Medición, Correlación y Predicción <sup>5,6</sup>), así como el empleo de herramientas que van más allá de la Estadística Descriptiva, tal como ocurre con el Análisis Exploratorio de Datos (AED) <sup>7,8</sup>, el Análisis de Fourier <sup>9</sup>, etc.

En la Figura 5 se muestran algunos resultados de la comparación de los datos de Direcciones (Azimutes) de los Vientos según una técnica del AED. Se observa una gran concordancia entre las direcciones en las torres de Colorados y Amelia (arriba a la izquierda); una no muy buena concordancia entre los datos de los canales 7 y 8 en la torre de Los Cocos (arriba a la derecha), un patrón disperso al comparar las torres Colorados y Faro (abajo a la izquierda) y un patrón que refleja vientos medianamente sesgados por alguna razón (abajo a la derecha), al comparar los datos de los sitios Los Altos y Punta Rasa.

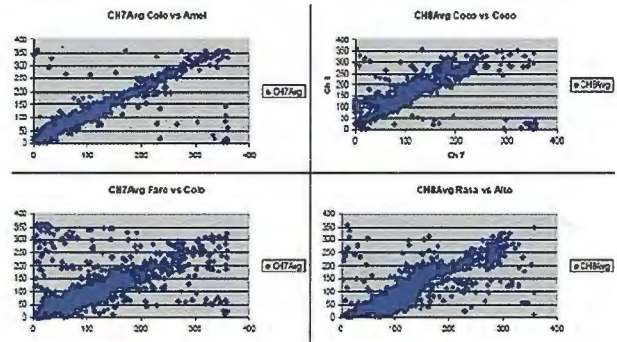


Figura 5. Comparación de los datos de Direcciones (Azimutes) de los Vientos. Columna Izquierda: Datos de Punta Lucrecia. Columna Derecha: Datos de Gibara.

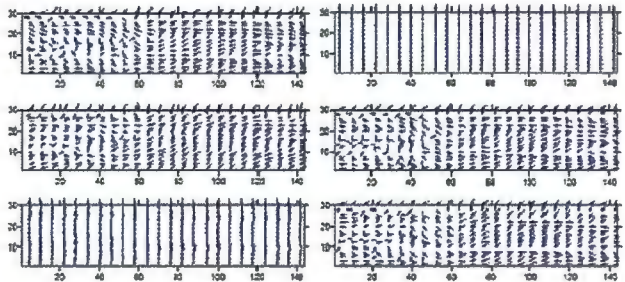


Figura 6. Mapas Vectoriales de la Dirección (Azimut) y Velocidad Promedio de los Vientos. Localidad Gibara: Arriba: Los Altos; al centro: Los Cocos; abajo: Punta Rasa. A la Izquierda: Canal 7; a la derecha: Canal 8.

### Mapas y Gráficos Vectoriales

Los mapas y gráficos vectoriales permiten representar dos variables simultáneamente, por lo que se pueden emplear para representar y comparar los regímenes de Velocidades y Direcciones de los vientos. Las longitudes de las saetas son proporcionales a las velocidades, mientras que sus orientaciones corresponden a las direcciones de los vientos. La Figura 6 muestra los mapas vectoriales de la dirección del viento y su intensidad en la localidad de Gibara. Se destacan los canales averiados en Punta Rasa y Los Altos. Se aprecian los regímenes de viento en las madrugadas y mañanas, diferentes de los de las tardes. Denuovo, resaltan las fallas de los sensores en Punta Rasa y Los Altos. La figura 7 permite seguir el comportamiento del viento continuamente en el tiempo. Se aprecia en el último tercio de los gráficos un cambio en el comportamiento de la dirección.

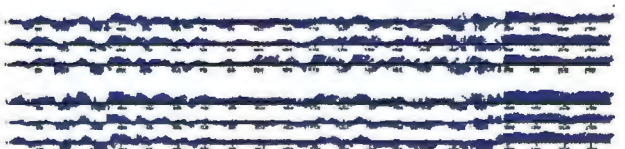


Figura 7. Gráficos Vectoriales de la Dirección y Velocidad de los vientos. 2ª quincena de Abril / 2006. De arriba abajo: Los Altos, Los Cocos, Punta Rasa, Amelia, Los Colorados y Faro. Se aprecia el parecido de los regímenes de vientos en todas las localidades.



Tabla 1. Estadística Univariada, Matrices de Covarianza y de Correlación

|             | Min | Max | Mean    | StDv    |
|-------------|-----|-----|---------|---------|
| Amel_ch3_av | 0   | 10  | 4.45926 | 1.98774 |
| Amel_ch2_av | 0   | 11  | 5.24537 | 2.03726 |
| Amel_ch1_av | 0   | 11  | 5.74954 | 2.07905 |
| Rasa_ch3_av | 0   | 12  | 5.77731 | 2.48615 |
| Rasa_ch2_av | 0   | 13  | 6.17093 | 2.85187 |
| Rasa_ch1_av | 0   | 14  | 6.28032 | 2.7562  |
| Coco_ch3_av | 0   | 11  | 1.78912 | 2.95094 |
| Coco_ch2_av | 0   | 13  | 6.17824 | 2.60327 |
| Coco_ch1_av | 0   | 14  | 6.40833 | 2.67134 |
| Alto_ch3_av | 0   | 11  | 4.92523 | 2.28354 |
| Alto_ch2_av | 0   | 13  | 6.04861 | 2.70133 |
| Alto_ch1_av | 0   | 14  | 6.43079 | 2.78801 |
| Rasa_ch8_av | 0   | 358 | 83.7968 | 49.1368 |
| Rasa_ch7_av | 0   | 39  | 6.1412  | 7.56187 |
| Coco_ch8_av | 1   | 359 | 95.9755 | 53.7711 |
| Coco_ch7_av | 0   | 359 | 70.4502 | 51.3226 |
| Alto_ch8_av | 0   | 0   | 0       | 0       |
| Alto_ch7_av | 2   | 358 | 98.3322 | 48.8699 |

Matriz de Covarianza

|             | Amel_ch3_av | Amel_ch2_av | Amel_ch1_av |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Amel_ch3_av | 3.95112     | 3.86416     | 3.79836     |
| Amel_ch2_av | 3.86416     | 4.15044     | 4.09942     |
| Amel_ch1_av | 3.79836     | 4.09942     | 4.32245     |

Matriz de Correlación

|             | Amel_ch3_av | Amel_ch2_av | Amel_ch1_av |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Amel_ch3_av | 1           | 0.95422     | 0.919118    |
| Amel_ch2_av | 0.95422     | 1           | 0.967854    |
| Amel_ch1_av | 0.919118    | 0.967854    | 1           |

Matriz de Covarianza

|             | Rasa_ch3_av | Rasa_ch2_av | Rasa_ch1_av | Coco_ch3_av | Coco_ch2_av | Coco_ch1_av | Alto_ch3_av | Alto_ch2_av | Alto_ch1_av |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Rasa_ch3_av | 6.08189     | 6.41813     | 6.33511     | 2.67098     | 6.22025     | 6.37102     | 5.18057     | 6.2687      | 6.48528     |
| Rasa_ch2_av | 6.41813     | 7.03239     | 6.84424     | 2.79505     | 6.72325     | 6.90084     | 5.58268     | 6.77179     | 7.01576     |
| Rasa_ch1_av | 6.33511     | 6.84424     | 7.59965     | 2.9962      | 6.62596     | 6.82026     | 5.5705      | 6.71322     | 6.95725     |
| Coco_ch3_av | 2.67098     | 2.79505     | 2.9962      | 8.70808     | 2.71143     | 2.82916     | 2.23423     | 2.87692     | 2.94084     |
| Coco_ch2_av | 6.22025     | 6.72325     | 6.62596     | 2.71143     | 6.77703     | 6.85569     | 5.43323     | 6.57467     | 6.81535     |
| Coco_ch1_av | 6.37102     | 6.90084     | 6.82026     | 2.82916     | 6.85569     | 7.13604     | 5.55206     | 6.74219     | 7.01252     |
| Alto_ch3_av | 5.18057     | 5.58268     | 5.5705      | 2.23423     | 5.43323     | 5.55206     | 5.21455     | 5.98002     | 6.12064     |
| Alto_ch2_av | 6.2687      | 6.77179     | 6.71322     | 2.87692     | 6.57467     | 6.74219     | 5.98002     | 7.29717     | 7.40036     |
| Alto_ch1_av | 6.48528     | 7.01576     | 6.95725     | 2.94084     | 6.81535     | 7.01252     | 6.12064     | 7.40036     | 7.77299     |

Matriz de Correlación

|             | Rasa_ch3_av | Rasa_ch2_av | Rasa_ch1_av | Coco_ch3_av | Coco_ch2_av | Coco_ch1_av | Alto_ch3_av | Alto_ch2_av | Alto_ch1_av |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Rasa_ch3_av | 1           | 0.981382    | 0.932017    | 0.367004    | 0.968877    | 0.967077    | 0.91992     | 0.94098     | 0.943225    |
| Rasa_ch2_av | 0.981382    | 1           | 0.936403    | 0.357172    | 0.973887    | 0.974142    | 0.921898    | 0.945311    | 0.948919    |
| Rasa_ch1_av | 0.932017    | 0.936403    | 1           | 0.367152    | 0.92346     | 0.92632     | 0.885064    | 0.90166     | 0.905383    |
| Coco_ch3_av | 0.367004    | 0.357172    | 0.367152    | 1           | 0.352954    | 0.358899    | 0.331558    | 0.360902    | 0.357451    |
| Coco_ch2_av | 0.968877    | 0.973887    | 0.92346     | 0.352954    | 1           | 0.985832    | 0.913967    | 0.934925    | 0.939019    |
| Coco_ch1_av | 0.967077    | 0.974142    | 0.92632     | 0.358899    | 0.985832    | 1           | 0.910158    | 0.934318    | 0.941568    |
| Alto_ch3_av | 0.91992     | 0.921898    | 0.885064    | 0.331558    | 0.913967    | 0.910158    | 1           | 0.969432    | 0.961378    |
| Alto_ch2_av | 0.94098     | 0.945311    | 0.90166     | 0.360902    | 0.934925    | 0.934318    | 0.969432    | 1           | 0.98261     |
| Alto_ch1_av | 0.943225    | 0.948919    | 0.905383    | 0.357451    | 0.939019    | 0.941568    | 0.961378    | 0.98261     | 1           |

Matriz de Covarianza

|             | Rasa_ch8_av | Rasa_ch7_av | Coco_ch8_av | Coco_ch7_av | Alto_ch8_av | Alto_ch7_av |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Rasa_ch8_av | 2414.43     | 145.532     | 2256.2      | 1416.06     | 0           | 1933.85     |
| Rasa_ch7_av | 145.532     | 57.1819     | 163.755     | 79.8274     | 0           | 149.42      |
| Coco_ch8_av | 2256.2      | 163.755     | 2891.33     | 1736.51     | 0           | 2197.94     |
| Coco_ch7_av | 1416.06     | 79.8274     | 1736.51     | 2634.01     | 0           | 1500.21     |
| Alto_ch8_av | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| Alto_ch7_av | 1933.85     | 149.42      | 2197.94     | 1500.21     | 0           | 2388.27     |

Matriz de Correlación

|             | Rasa_ch8_av | Rasa_ch7_av | Coco_ch8_av | Coco_ch7_av | Alto_ch8_av | Alto_ch7_av |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Rasa_ch8_av | 1           | 0.391672    | 0.853929    | 0.561523    | Number Null | 0.805329    |
| Rasa_ch7_av | 0.391672    | 1           | 0.402732    | 0.205691    | Number Null | 0.404332    |
| Coco_ch8_av | 0.853929    | 0.402732    | 1           | 0.629247    | Number Null | 0.836422    |
| Coco_ch7_av | 0.561523    | 0.205691    | 0.629247    | 1           | Number Null | 0.59814     |
| Alto_ch8_av | Number Null | Number Null | Number Null | Number Null | Number Null | Number Null |
| Alto_ch7_av | 0.805329    | 0.404332    | 0.836422    | 0.59814     | Number Null | 1           |



## Funciones (Matrices) de Covarianza y Correlación

Las matrices de Covarianza y Correlación juegan un importante papel en el estudio de las funciones fluctuantes, así como en el estudio y diseño de los sistemas lineales óptimos, pues tienen un importante vínculo con el Análisis Espectral. Las funciones de Covarianza dan una medida de la similitud o interdependencia entre dos funciones  $f_1$  y  $f_2$  en dependencia del desplazamiento de una de ellas respecto a la otra función. Las funciones de Correlación son las versiones normalizadas de las funciones de Covarianza. Por eso se pueden utilizar ambas funciones, especialmente la de Correlación, por su carácter normalizado, entre cero y uno, para estudiar el parecido entre dos funciones. Aplicadas a los datos de vientos, en las siguientes tablas se muestran varios ejemplos.

En la Tabla 1 se muestran las matrices de Covarianza y Correlación correspondientes a los ejemplos mostrados en las figuras 2, 3 y 4. El análisis de las matrices de correlación (covarianza normalizada) explica el comportamiento de las variables y por lo tanto, de sus gráficos, antes señalados. Se destacan los valores altos derivados de las concordancias en las funciones comparadas y los valores bajos derivados de la falta de concordancia, en especial, los canales que no trabajaron debidamente (filas y columnas resaltadas).

### Análisis de Fourier

El Análisis de Fourier permite la descomposición de las funciones en sus diversas componentes armónicas en el dominio de la frecuencia. El Análisis de Fourier revela y explica los patrones de periodicidad en las funciones analizadas. La Figura 8 muestra gráficamente los resultados. En el periodograma se destacan en especial los picos espectrales correspondientes a los siguientes períodos: 91 horas (=3,8 días); 34,13 horas (=1,4 días); 23,0 horas; 17,06 horas y 4,8 horas.

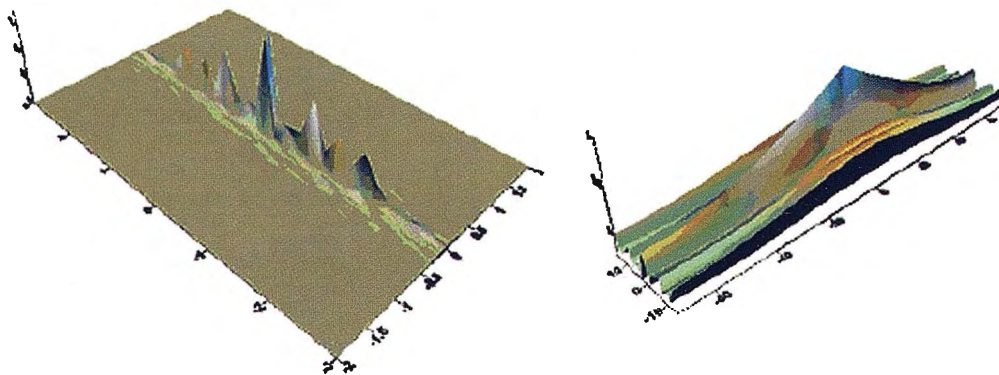


Figura 8. Resultados del Análisis de Fourier. Localidad Los Altos. Velocidades Promedios del viento a 50m. Abril / 2006. Periodograma (izquierda) y Correlograma (derecha). Se destaca el carácter periódico de los fenómenos temporales tratados.

## Conclusiones

Las propiedades del viento lo hacen un recurso de difícil evaluación. Para tal evaluación con fines energéticos, no basta con los simples análisis de la Estadística Descriptiva univariada. Los ejemplos presentados demuestran que las herramientas propias de la tecnología de los SIG constituyen un valioso arsenal para el análisis, y en especial, la visualización de los datos de vientos medidos en las campañas para la evaluación del recurso eólico de una locali-

dad y la comparación con otras localidades y otros intervalos temporales. Sus principales fortalezas están en la revelación de patrones espaciales y temporales.

### Recomendaciones

Se recomienda que sean utilizadas las técnicas y herramientas mostradas en este trabajo, así como otras muchas disponibles en el arsenal de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, para el procesamiento y la visualización de los datos de vientos medidos en las diferentes campañas efectuadas en Cuba con fines energéticos.

Especialmente se les recomienda para la aplicación exitosa de los métodos de Medición-Correlación-Predicción (MCP)

### Agradecimientos

El autor desea patentizar su agradecimiento al Ing. Jorge Luís Isaac Pino, de la Unión Eléctrica del MINBAS y restantes compañeros del Grupo Eólico de dicho Ministerio por su gentileza al proporcionarnos los datos empleados en este trabajo y satisfacer innumerables consultas.

### Referencias

1. Burrough, P. A. and R. A. McDonnell. Principles of Geographic Information Systems. Oxford University Press. 1998.
2. Soltura, R. et al. Mapa del Potencial Eólico de Cuba. Aplicación del Modelo de Microescala WAsP. Informe Final. Instituto de Meteorología, CITMA. 2006.
3. Feitosa, E., Pereira, A. and Veleda, D. Brazilian Wind Atlas Project. CBEE. 2000.
4. Leite de Sá, A. Wind Energy Atlas of Brazil. CEPTEL. DEWI Magazin. Nr. 19. August, 2004.
5. Rogers, A. L. Rogers, J. W. and Manwell, J. F. Comparison of the Performance of Four Measure-Correlate-Predict Algorithms. Renewable Energy Research Laboratory. University of Massachusetts. 2002.
6. Rogers, A. L. Rogers, J. W. and Manwell, J. F. Uncertainties in Results of Measure-Correlate-Predict Analyses. Renewable Energy Research Laboratory. University of Massachusetts. 2003.

7. Behrens, J. T. Principles and procedures of exploratory data analysis. Psychological Methods, 2. 1997.
8. Tukey, J. W. Exploratory Data Analysis. Reading, MA. Addison-Wesley Publishing Company. 1997.
9. Oppenheim, A. V. and Schaffer, R. W. Discrete-Time Signal Processing. Prentice Hall. New Jersey, 1989.
9. Alfonso, J. R. Matemáticas Aplicadas a la Geofísica. ENPSES. La Habana. 1983.



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD EN ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL TERRITORIO DE SAGUA DE TÁNAMO, PROVINCIA DE HOLGUÍN, CUBA.

M.Sc. Sulma Castañeda Herrer, Centro de Investigación y Consultoría de GEOCUBA, CUBA.

Dr. Rafael Guardado Lacaba, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, CUBA.

XII Convención y Expo. Internacional

## Resumen

Esta investigación estuvo encaminada a realizar un estudio de la vulnerabilidad en áreas expuestas al peligro por inundación fluvial en el territorio de Sagua de Tánamo, en la provincia de Holguín, Cuba, mediante el análisis e interpretación de las principales condiciones y causas condicionantes del medio físico que propician el desarrollo del fenómeno de las inundaciones, con el empleo de las técnicas de Cartografía Digital y Sistema de Información Geográfica (SIG) en áreas aledañas al río Sagua. La aplicación del SIG en la estimación de personas y estado constructivo de los inmuebles expuestos a este fenómeno, parte de la utilización de la información georreferenciada de los elementos en riesgo. Se proponen tres zonas vulnerables: Zona de alta, media y baja vulnerabilidad.

## Palabras claves

Inundación, Vulnerabilidad, Sagua de Tánamo, Peligrosidad, Riesgo, Zonación.

## Introducción

La vulnerabilidad ha sido definida por numerosos autores como el factor interno de una comunidad expuesta a una amenaza que puede ser afectada y depende de varios factores: El grado de exposición (zona de ribera de los ríos, terrenos con fallas geológicas, etc.). El grado de incorporación en la cultura y los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas. La calidad del diseño de la construcción de las viviendas y las áreas libres de evacuación. El grado de organización de la sociedad y la orientación de las instituciones de la comunidad del estado y de las organizaciones no gubernamentales.

Capacidad de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias (25). Otros la definen como Es una medida de la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza a sufrir un daño o una pérdida. Estos elementos pueden ser las estructuras, los elementos no estructurales, las personas, las instituciones y sus actividades colectivas. (10).

El impacto de los eventos naturales aumenta en la medida que aumenta el área construida.

No considerar a los inmuebles en estado técnico regular y mal, las instalaciones críticas en las actividades cotidianas de la planificación física y protegerlos de los peligros naturales, eventualmente resultará en la pérdida de vidas, daños personales, daños a la propiedad, lenta recuperación, defectuosa restauración de estos y de otros servicios, y alteración de las actividades económicas vitales. Según el lugar, la capacidad y el área de servicio de estos inmuebles, su destrucción o su perturbación pueden ser catastróficas.

La vulnerabilidad se hace evidente cuando comparamos

como inundaciones con similares intensidades provocan diferentes consecuencias en igual o diversas zonas.

El 70 % del territorio estudiado está expuesto potencialmente a los peligros por inundación, como consecuencia de los factores destructivos de los fenómenos meteorológicos (vientos, precipitaciones), así como por la ubicación de los asentamientos humanos y sus características constructivas, se consideran vulnerables: Por derrumbe, por inundación. (7), (9).

Existen 5 asentamientos en el área de estudio y en elevaciones mínimas con respecto al nivel del río Sagua se encuentra en su totalidad el poblado rural de Marieta.

El mapa de vulnerabilidad presentado, se ajusta sólo al área de los asentamientos urbanos a escala 1: 2 000 para lograr la mayor representación de los resultados obtenidos, en otra escala no se cumple el objetivo propuesto.

Se proponen tres zonas vulnerables al peligro: Zona de alta vulnerabilidad, zona de vulnerabilidad media, zona de baja vulnerabilidad.

## Objetivos

### Materiales y métodos

Se realizaron trabajos teniendo en cuenta las áreas que se encontraban mapificadas a escala 1: 2 000 para los asentamientos urbanos Sagua Norte y Sagua Sur y 1: 25 000 para los asentamientos rurales Marieta, El Jobo y La Plazuela, como Sistema de coordenadas: Cuba – Sur y Alturas: Siboney.

Se utilizó como material base las imágenes ampliadas del vuelo realizado entre los años 1999-2001, las que se rectificaron y ampliaron a escala 1: 2 000 para darle solución a las zonas abiertas y que no poseían mapificación a escala 1: 2 000.

En la determinación de los niveles de piso (NP) de los inmuebles afectados se utilizaron dos taquímetros autoreductores, una plancheta y en algunos casos directamente con el nivel, apoyando la nivelación en los puntos de nivelación técnica ubicados a menos de 200 metros de las construcciones, además se utilizaron las planillas diseñadas para creación de un SIG para la vivienda confeccionadas por GEOCUBA a la cual se le agregaron dos atributos que fueron, el grado de inundación (total o parcial) y la altura del nivel de piso. (17), (23).

### Digitalización:

Los planos topográficos a escala 1: 2 000 existentes del año 1987 una vez actualizados se digitalizaron, editaron e imprimieron a escala 1:2000.



Se procedió a la digitalización de los mapas catastrales escala 1:10 000 y algunos elementos de los mapas topográficos a escala 1: 25 000 y 1: 50 000 del territorio, este último (1: 50 000) tomado del año 1955 con el objetivo de evaluar la dinámica del río. (18)

Se procedió a la digitalización del mapa de las inundaciones súbitas o severas a escala 1:25 000, tomado de Instituto de Planificación Física (IPF) del municipio Sagua de Tánamo y otros mapas como los de la Red Pluviométrica, Hidrométrica, Red Hidrológica, definiendo por cada uno de estos las capas de trabajo.

Concluida la operación de digitalización, georreferenciación, eliminación de los errores y la asignación de la información no espacial a cada objeto geográfico digitalizado y correctamente identificado fue necesario del uso del lenguaje de realización de consultas para derivar nuevas informaciones en el SIG utilizado.

La cartografía de las inundaciones históricas y de todos los mapas geomorfológicos y su captura en el SIG nos posibilitó la validación de este. (17).

### **Desarrollo**

Se emplearon operaciones de extracción de la información para buscar objetos o inmuebles espaciales de la base de datos que cumplan una condición establecida por el investigador.

A partir del empleo de los mapas primarios, se derivan las diferentes causas y condiciones que permiten estudiar las variables que rigen la zonación, aplicando el modelo de la realidad.

Las evaluaciones del peligro de inundaciones, basadas en mediciones directas, muchas veces no es posibles por existir una base para determinar los niveles específicos de inundación y los intervalos de recurrencia para determinados eventos. Se pueden realizar evaluaciones del peligro en base a datos de fotos, informes de daños y observaciones de campo cuando los datos cuantitativos son escasos. Tales evaluaciones presentan información graficada que define las áreas inundables que probablemente serán afectadas por una inundación de un intervalo específico.

Como las llanuras de inundación pueden ser cartografiadas, según el IPF del municipio de Sagua de Tánamo se señala la llanuras de 10 años de probabilidad de ocurrencia para el evento de noviembre de 1994, 50 años para el evento de octubre de 1963 y 100 años para el evento de noviembre de 1993.

Consideraciones tenidas en cuenta para realizar el análisis de la vulnerabilidad del territorio de Sagua de Tánamo:

1. Conocimiento de los procedimientos, reglamentos e instrucciones por parte de inspectores del IPF, de la vivienda y de ejecutores de los trabajos, así como la fiscalización integral por parte de los responsables del gobierno.
2. El apoyo sostenido por parte de la máxima dirección del partido y del gobierno, con los inspectores del IPF, de la vivienda y de los ejecutores de los trabajos.
3. Actualización de la información y los mapas existente, por investigadores e ingenieros involucrados en el estudio.
4. Actualización de la información y mapas de áreas en desarrollo por IPF.
5. Investigaciones preliminares del área por geólogos, especialistas en geotecnia e hidrólogos calificados.

6. Evaluaciones del estado técnico según las categorías de: bien, regular y mal de los inmuebles a cargo de arquitectos, ingenieros y especialistas del IPF.

7. Una buena defensa de las técnicas utilizadas en caso de ser cuestionada por algún personal, por lo que se debe contar con personal con capacidad a fin de defenderlas.

8. Preocupación por parte de los involucrados en el municipio (dirección municipal y provincial de la vivienda, dirección municipal y provincial de planificación física, inversionistas, personal de la salud, empresa de seguro, la familia y la comunidad en su conjunto).

9. Previa evaluación y análisis sobre la protección de aquellos inmuebles en estado técnico desfavorables e instalaciones necesarias para el desarrollo de nuevos asentamientos poblacionales.

Hemos considerado las siguientes causas y condiciones que propician las inundaciones en el territorio:

#### Causas:

- Aumento del tiempo de descarga.
- La explotación de una arenera (Arenera Miguel).
- Colmatación del cauce.
- Disminuye el área y la capacidad de evacuación.
- Formación de islotes.
- Ocurrencia de lluvias intensas y prolongadas.
- Cambios en el canal principal.
- Aumento brusco de los niveles de inundación.
- Mayor escurrimiento superficial en las montañas, debido al desarrollo.
- Mayor área de inundación.
- Mayores Caudales.
- Cambios en los parámetros físicos del río (profundidad, ancho, pendiente, cauce).

#### Condiciones:

- Desarrollo Urbanístico sobre la llanura de Inundación.
- Desarrollo Urbanístico en las montañas.
- Desarrollo intensificado de la Agricultura sobre la llanura de Inundación.
- Convergencia de los afluentes al río principal en una corta distancia.
- Cuenca montañosa con pendientes elevadas.
- Sinuosidad del cauce.
- Deforestación de la llanura de inundación.
- Deforestación y pérdida del potencial vegetativo en zona de montaña.
- Proceso de sedimentación.
- Fuertes procesos de erosión.
- Cambios en las propiedades físico mecánica de suelos y rocas.
- Cambios climáticos.

Teniendo en cuenta todos los análisis realizados se proponen tres zonas vulnerables, estas han sido representadas a escala 1: 2 000 para obtener mayor representatividad del área, por lo que se restringió solo a los dos asentamiento urbanos. (Ver figura 1).

**Zona de alta vulnerabilidad:** Ubicada donde existe desarrollo urbanístico, haber sido inundada en el evento de mayor lámina el de noviembre de 1993, (9). Inmuebles cuyo estado técnico (cubierta, instalaciones eléctricas, piso, red hidráulica, sanitaria, paredes) sea malo, posean cimiento en mal estado o que no tengan, cantidad de habitantes mayor de 2.



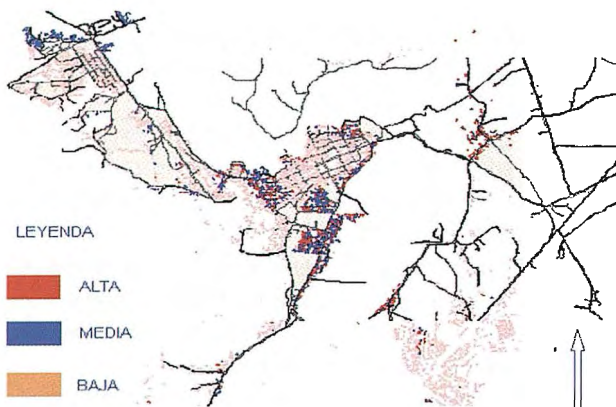


Figura 1. Mapa de vulnerabilidad en áreas de inundación en Sagua de Tánamo

**Zona de vulnerabilidad media:** Ubicada donde existe desarrollo urbanístico, haber sido inundada en el evento de mayor lámina noviembre de 1993, (9). Inmuebles cuyo estado técnico (cubierta, instalaciones eléctricas, piso, red hidráulica, sanitaria, paredes) sea regular, posean cemento en estado regular.

**Zona de baja vulnerabilidad:** Ubicada donde existe desarrollo urbanístico, haber sido inundada en el evento de mayor lámina (noviembre de 1993), (9). Inmuebles cuyas características del estado técnico en general sean buenas.

### Conclusiones

1. Se demuestra que aproximadamente 12 000 personas se encuentran en zonas vulnerables al peligro por inundación.
2. Se pueden establecer zonas vulnerables al fenómeno teniendo en cuenta: la ubicación geográfica de los inmuebles, las láminas de los eventos meteorológicos y el estado técnico desfavorable que presentan las viviendas cuya tipología constructiva constituye un riesgo para su hábitat.
3. Los asentamientos más afectados son el de Sagua Sur y el de Marieta.
4. La inundación de los asentamientos urbanos no se debe solamente a la migración del cauce principal, sino también al avance del desarrollo urbanístico sobre la llanura de inundación.
5. El mapa de vulnerabilidad nos ha permitido definir zonas para ratificar, cambiar o utilizar para determinados usos.

### Referencias Bibliográficas.

- 1 ALBERT et al. Mapa Geológico de la Región Mayarí- Sagua-Moa, 1: 250 000. 1988.
- 2 ALONSO AGUILO, M. et al. Agua. ALONSO AGUILO. et al. Guía para la Elaboración de estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología. 3 ed. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica de Medio Ambiente, 1998: (321-378 pág).
- 3 ALVAREZ SECO ARIANNE. et al. Los SIG en la protección Civil. Serie: Medio Ambiente. Riesgo Geológico. 3. 2002 : (45-60 pág).
- 4 ALVERO, F. F. Diccionario Manual de Lengua Española. Cervantes. Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana. 1988.
- 5 BUJAN RUBIO, C. M. Cla Cuenca del río Sagua de Tánamo. Región Oriental de Cuba. File://A:/friend-amigo.htm. 2000.
- 6 CARRILLO D, J. Aplicaciones de algunos conceptos teóricos de los SIG para la delimitación morfométrica a partir de un Modelo Digital del Terreno: Un caso de estudio en Alora, región al sur de España. III Congreso Cubano de Geología y Minería. Resúmenes. 1998: 329 pág.
- 7 CASTAÑEDA HERRIS, S. et al. Mapa Informe Sagua de

- Tánamo. Informe Final. GEOCUBA, Moa, 2002: 15 pág.
- 8 CASTAÑEDA HERRIS, S. et al. Mapa Informe Sagua de Tánamo. Proyecto Técnico Ejecutivo. GEOCUBA, Moa, 2002: 20 pág.
- 9 CASTAÑEDA HERRIS, S. Zonación ingeniero geológica de peligrosidad y riesgos por inundación en el territorio de Sagua de Tánamo. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Moa, 2003: 131 pág.
- 10 COLECTIVO DE AUTORES. Defensa Civil. 1997.
- 11 COLECTIVO DE AUTORES. <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/ch04.htm>. Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. 1993.
- 12 EIPH, VICEDIRECCIÓN DE PROYECTOS, 1993. Alternativas para la protección contra inundaciones de la ciudad de Sagua de Tánamo. Holguín: 12 pág.
- 13 EIPH, VICEDIRECCIÓN DE PROYECTOS, 1994. Apuntes de interés sobre inundaciones notables del río Sagua durante el año 1993. Holguín: 12 pág.
- 14 ESTRADA, S. V. et al. Prevención Hidrológica-1 Protección contra Inundaciones Sagua de Tánamo. Informe Final. INRH, Holguín, 2002: 32 pág.
- 15 ESTRADA, V. Calibración del modelo matemático TCG en la cuenca del río Sagua. Tesis de maestría. CIH. ISPJAE. Habana. 2002.
- 16 FABREGAS REINOSA, S. et al. A. Los SIG: una herramienta para la gestión de situaciones de emergencia a nivel municipal. Serie: Medio Ambiente. Riesgo Geológico. 3.2002: (233-241 pág).
- 17 GEOCUBA, 1999. Procedimiento Normalizativo Operacional HOP-09-11 "Diseño e implementación del SIG de la vivienda: 8 pág.
- 18 GEOCUBA, 2002. Procedimiento Normalizativo Operacional GMP-004 "Digitalización de mapas topográficos y catastrales con el empleo del Autocad: 13 pág.
- 19 GUARDADO LACABA, R. et al. Zonificación de los Fenómenos Geológicos que generan Peligros y Riesgos en la Ciudad de Moa. Revista Geología y Minería, 1999, 16(2): (21-23 pág).
- 20 GUARDADO LACABA, R. Evaluación de Peligros y Riesgos Geológicos. Universidad Nacional de San Juan. Colombia, 1999.
- 21 GUARDADO LACABA, R. Evaluación Ingeniero Geológica de las áreas con peligro y riesgos geambientales de la ciudad de Moa. Revista Geología y Minería, 1997, 13(3).
- 22 HERRERO DIEZ, A. Aplicaciones de los SIG al análisis del riesgo de inundaciones fluviales. Serie: Medio Ambiente. Riesgo Geológico. 3. 2002: (87-109 pág).
- 23 ICGC, 1980. Instrucción Técnica para levantamiento a escala 1: 2 000, 1: 1 000 y 1: 5 00: 10 pág.
- 24 Instituto de Planificación Física (IPF) municipio Sagua de Tánamo. 1993.
- 25 Organización de Estados Americanos, Departamento de Desarrollo Regional y del Medio Ambiente (OEA/DDRMA) 1993.
- 26 QUINTAS CABALLERO, F.J. Análisis Estratigráfico y Paleogeográfico del Cretácico Superior y del Paleógeno de la Provincia de Guantánamo y áreas cercanas. Tesis de Doctorado. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, 1989: 145 pág.
- 27 RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. Estudio hidrológico Presa Sagua. Sagua de Tánamo. EIPH. 1991. Holguín.
- 28 RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. et al. Análisis de la avenida del río Sagua el 24 de noviembre de 1993. EIPH. 1994. Holguín.
- 29 RODRIGUEZ RODRIGUEZ, F. F. et al. Estudio hidrológico para la ETE: Protección contra inundaciones de Sagua de Tánamo. EIPH. 1993. Holguín.
- 30 [www/United.mty.tesm.mx/Estudio de vulnerabilidad y Riesgo Geológico](http://www/United.mty.tesm.mx/Estudio de vulnerabilidad y Riesgo Geológico).



# LA CARTOGRAFÍA DIGITAL COMO AYUDA AL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA EMPRESA DE CULTIVOS VARIOS GÜIRA DE MELENA, LA HABANA.

M.Sc. Clara M. John Louis <sup>1</sup>, Dr. Francisco A. Rivero Reyes <sup>1</sup>,  
Ing. Antonio Vantour Causse <sup>2</sup>, M.Sc. Alicia Alfonso Marrero <sup>3</sup>,  
M.Sc. Sulma Castañeda Herris <sup>1</sup> y Lic. Armando A. Tamayo Sierra <sup>1</sup>.

<sup>1</sup>. Centro de Investigaciones. GEOCUBA, IC,

<sup>2</sup>. Centro de Gerencia de Programas y Proyectos Priorizados (GEPROP)

<sup>3</sup>. CITMA de Ciudad de La Habana.

XII Convencion y Expo. Internacional

## RESUMEN

El municipio Güira de Melena, históricamente dedicado al desarrollo de cultivos varios, es el territorio más rico y extenso, en relación con sus áreas cultivables, de la Provincia de La Habana. Sus tierras son productivas y aptas para cultivos varios, aunque en menor porcentaje sus suelos presentan signos de degradación, que afectan considerablemente la fertilidad de los mismos. Actualmente, se realizan diversos estudios con el fin de recuperar su productividad y fertilidad, empleando tecnologías que faciliten la asimilación de algunos nutrientes que disminuyan los signos de degradación presentes, entre ellos, los materiales orgánicos que favorecen las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, por el contenido de materia orgánica que poseen, además de influir en la porosidad, entre otras propiedades.

Con el objetivo principal de diagnosticar las variables ambientales de esta Empresa y proponer las medidas para mitigar los impactos negativos para contribuir al desarrollo sostenible de la agricultura, se realizó: un estudio de los parámetros climáticos, hidrológicos y edáficos de esta entidad; la evaluación de los impactos ambientales sobre el recurso suelo; y el análisis de las aguas utilizadas para el riego. A partir de aquí, se demostró que los indicadores ambientales que más afectan la producción agrícola son los climáticos y la degradación de los suelos, previo a la aplicación del nuevo producto órgano-mineral (ECOFERT).

Para el procesamiento de toda la información temática (ambiental, edafológica, climática, hidrológica y económica) y su futura comparación tras la aplicación del nuevo producto acompañado de sus respectivos mapas temáticos digitales fue creada una Base de Datos, como sustento de un Sistema de Información Geográfico que permite tener, en forma simultánea, la data físico-geográfica, ambiental y económica, así como las medidas y el accionar de la Empresa de Cultivos Varios para minimizar la degradación de los suelos y los impactos económicos.

## INTRODUCCION

El uso inadecuado de las tierras tiene efectos inmediatos en su degradación, en particular, en los fenómenos de erosión, desertificación y pérdidas de la fertilidad de los suelos, en fin el deterioro del Medio Ambiente, las condiciones de salud y el desarrollo de los pueblos.

Una de las alternativas que se pueden emplear para mitigar los problemas de la degradación de los suelos es el uso de los fertilizantes órgano-minerales, los cuales, por lo general, están constituido por una fuente orgánica en proporciones que varían desde un 50 hasta un 70 %, y el resto por fuentes minerales naturales entre los que se encuentran: la zeolita, la roca fosfórica y otros, capaces de enriquecer

sus propiedades y satisfacer necesidades nutrimentales de los cultivos agrícolas (Paneque, 1998). Son muchos los suelos del país que se beneficiarían con la aplicación de los fertilizantes órgano-minerales, en particular, los Ferralíticos Rojos de la Provincia de La Habana, los cuales presentan signos de degradación, fundamentalmente por su bajo contenido de materia orgánica, compactación y elevación del pH. Sin embargo, para el empleo de los fertilizantes ecológicos no basta con conocer las propiedades de los suelos, es necesario también manejar la demanda de nutrientes requerida por los cultivos con el fin de satisfacerla en función de incrementar los rendimientos y la calidad de las cosechas.

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar un Diagnóstico Ambiental, previo al empleo de fertilizantes órgano-minerales en el manejo de los suelos y los cultivos de la Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena con el fin de incrementar los rendimientos y proteger el Medio Ambiente, así como aplicar nuevas técnicas de avanzada, principalmente los Sistemas de Información Geográfica, los Modelos Digitales del Territorio, la Cartografía Digital y otras.

## MATERIALES Y METODOS

El municipio Güira de Melena se ubica al Suroeste de la provincia La Habana, localizándose entre las coordenadas: X 337000 356000, Y 316000 337000, con una extensión de 399 Km<sup>2</sup> y una superficie agrícola de 10 259 ha, equivalente a 764 caballerías. Sus límites territoriales están representados por: al Norte el municipio San Antonio de los Baños; al Sur el Golfo de Batabanó; al Este el Municipio Quivicán; y al Oeste por el Municipio Alquizar. Dentro de este municipio se encuentra ubicada La Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena, la cual tiene una extensión de 178 Km<sup>2</sup>.

El Diagnóstico Ambiental de los suelos de las diferentes formas de producción de la Empresa de Cultivos varios Güira de Melena, lugar donde se ejecutaron los experimentos con los fertilizantes órgano-minerales en cultivos de importancia económica, se realizó, según la Metodología CICA-CITMA (2001). Entre los Indicadores Evaluados tenemos: los parámetros meteorológicos (considerando la temperatura, las precipitaciones, la humedad y la evaporación), obtenidos de la Estación 320/Güira de Melena (de



1987 al 2004), que se encuentra ubicada en los 22° 47' de latitud Norte y los 82° 31' de longitud Oeste, a una altura de 9.98 m sobre el nivel del mar, aplicando el método estadístico de Microsoft Excel.

Los Suelos fueron caracterizados a partir del Manual Metodológico para la Cartografía detallada del Instituto de Suelos (1994).

El Diagnóstico Ambiental del territorio seleccionado para validar los productos órgano-minerales con propiedades ecológicas sirvió de base para la implementación del Estudio Geográfico Integral, el cual formará parte de la estrategia final de las investigaciones para lo cual fue necesario ejecutar las siguientes tareas:

- Recopilación y preparación de la información de base a partir del análisis de los fotomateriales y otros documentos de esta región.
- Utilización de la base cartográfica para los suelos, a escala 1:25 000, y para el topográfico, a escala 1:100 000, confeccionándose los mapas temáticos relacionados con la geología, relieve, suelo, hidrología y la información de las formas de producción de los tenentes, a partir de la información del catastro del municipio en estudio.
- Creación de memorias descriptivas de los mapas referidos en forma de informes científicos.
- Adición de capas temáticas, mediante la vectorización de las fuentes cartográficas, empleando los programas Surfer8, AutoCAD2000, CorelDraw9.

Los Impactos Ambientales, principalmente los que afectan la actividad agrícola, fueron descritos detectando aquellos negativos existentes en estas localidades, elaborándose una relación de acciones y factores ambientales susceptibles, de acuerdo a las tecnologías empleadas en los sistemas de producción agrícola. Para la identificación de acciones susceptibles de producir impactos se realizó un estudio atendiendo a los aspectos que modifican los suelos, los que contaminan las aguas, afectan el entorno social y contaminan los productos agrícolas, afectando la salud del hombre. Para la evaluación de los impactos se utilizó el método de encuentro de los especialistas participantes en el Proyecto.

Con los resultados obtenidos de cada una de las temáticas se realizó una Base de Datos aplicando las herramientas de trabajo que ofrece Microsoft Excel, con salidas relacionadas con:

- Datos de la Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena, donde aparecen, formas de producción, cultivos, cantidad y área que ocupan.
- Ubicación y formas de producción de la Empresa, donde se muestran las unidades de producción, las fincas, áreas que ocupan y su ubicación geográfica.
- Datos de formas de Producción, donde aparecen los sistemas de riego de cada finca, las fuentes de abasto y principales cultivos.
- Menú Principal que contempla los indicadores Suelo, Clima, Aguas.

Los resultados de la investigación se reflejaron en un sistema gráfico-literal, que incluye una serie de mapas temáticos (geología, relieve, suelos, hidrología, ubicación de algunos tenentes, como son las UBPC y CPA, y otros, a escala 1:100 000 y 1:25 000 indistintamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La superficie agrícola total de Güira de Melena es de 16226,50 ha, la cuales por tenentes quedan distribuidas de las siguientes manera: CPA; 1834,17 ha, 11,30%, UBPC; 967,44 ha, 6,00%, CCS; 339,94 ha, 2,10%, Campesinos Independientes; 3654,00 ha, 22,70%, Otras Formas; 9390,50 ha, 57,87%. En el Anexo 1 se muestra la ubicación de las CPA y UBPC, por ser las más representativas con respecto a las áreas experimentales en general.

### Características ambientales de los suelos

Los suelos constituyen el elemento indispensable donde se aplicaron los fertilizantes ecológicos, ya que ellos son el sostén y el sustento de los cultivos agrícolas, pues las propiedades de los suelos determinan, en última instancia, que el sistema de cultivos se puede desarrollar de manera sostenible en ellos y que demanda de nutrientes requieren las plantas para proporcionar rendimientos adecuados (Muñiz, 2001).

Los suelos predominantes en la Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena (ver Anexo 2 Mapa de Suelos) son los del tipo Ferralíticos Rojos, representado por los subtipos Típico, Hidratado y Compactado. En la distribución areal de los suelos en el territorio de la Empresa los compactados ocupan la mayor superficie, con 4743,26 ha, para un 46,2% del total (Instituto de Suelos 1999). La erosión es uno de los problemas ambientales más acuciantes que afectan a los suelos de Cuba y del mundo. Es también uno de los procesos dañinos que pueden conducir a la desertificación de un territorio, como consecuencia de la pérdida total de la capa arable de los suelos y posterior esterilidad del paisaje. En Cuba, según Alfonso et al. (2001), alrededor de un 39-40 % de los suelos están en mayor o menor grado afectados por erosión actual. La erosión hídrica, y particularmente la erosión lineal y laminar (o en sámana) son las variantes más nocivas de este pernicioso proceso, en cuanto a la pérdida de suelo se refiere, ya que la erosión eólica (producida por el viento) afecta sólo a pequeñas áreas de suelos poco productivos. Las Tablas 1 y 2. se muestran las categorías de degradación de las diferentes áreas de la Empresa de Cultivos Varios Güira de melena.

Tabla 1. Categorización de las Unidades Básicas de Producción Cooperativas de la Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena según el nivel de degradación de los Suelos.

| Unidad             | Finca        | Ha    | pH  | MO % | Comp. kg/cm <sup>2</sup> | Agreg. % | Categ. P | Categ. K | Categoría de degradación |
|--------------------|--------------|-------|-----|------|--------------------------|----------|----------|----------|--------------------------|
| Héroes de Bolivia  | Mamey        | 48,31 | 6.9 | 2.75 | 3.75                     | 28       | 3        | 3        | II                       |
|                    | Morenita I   | 26,84 | 6.6 | 2.64 | 4.00                     | 35       | 3        | 3        | II                       |
|                    | Mornita IV   | 42,94 | 6.9 | 2.80 | 3.25                     | 29       | 3        | 3        | I y II                   |
|                    | Pacio        | 34,89 | 6.9 | 3.21 | < 3.00                   | 12       | 3        | 3        | I                        |
|                    | I. Brito II  | 29,52 | 6.9 | 3.00 | < 3.00                   | 10       | 3        | 3        | I                        |
| Héroes de Yaguajay | Girón        | 34,89 | 6.3 | 3.00 | < 3.00                   | 8        | 3        | 3        | I                        |
|                    | Esperanza I  | 26,84 | 6.6 | 2.93 | 3.25                     | 32       | 3        | 3        | II                       |
| Julio A. Mella     | Esperanza II | 10,73 | 6.8 | 2.53 | 3.50                     | 29       | 3        | 3        | II                       |
|                    | Etiopía III  | 53,68 | 6.9 | 1.98 | 3.75                     | 41       | 3        | 3        | II                       |
| Mella              | Triunfo      | 64,41 | 6.5 | 3.30 | < 3.00                   | 16       | 3        | 3        | I                        |

### Geología

Las principales formaciones geológicas presentes en el territorio son: Form. Jaruco (jr), que se encuentra en la parte más occidental solo distribuida en un pequeño sector (5%). Formación Colón. (cln): Se localiza aproximadamente en el 15% del área; y la Form. Güines (gn), que es la más distribuida, apareciendo por casi todo el territorio



aproximadamente en el 60 %, excepto en la franja sur y en los sectores ocupados por las formaciones Jaruco, Colón y Cojimar (ver Anexo 3 Mapa Geológico) y los depósitos Palustres cuaternarios de la franja pantanosa correspondiente al sector paralelo a la línea de costa, representadas por calizas y arcillas rojas (Díaz, 2004).

Tabla 2. Categorización de las Cooperativas de Producción Agropecuaria de la Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena según el nivel de degradación de los suelos.

| Unidad          | Superficie (ha) | pH    | Alcalinidad (meq/100g) | Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g) | Organismo | Clasificación de degradación |    |
|-----------------|-----------------|-------|------------------------|---|-----------|------------------------------|----|
| Niceto Pérez    | Fregat 7        | 13,42 | 6.6                    | 1.91  | 4.25      | 32 3 3                       | II |
|                 | P. Jerez        | 13,42 | 6.7                    | 1.94  | 4.25      | 35 3 2                       | II |
|                 | M. Vejez        | 26,84 | 6.7                    | 2.12  | 4.00      | 29 3 2                       | II |
|                 | Villegas        | 32,21 | 7.4                    | 1.91  | 3.75      | 26 3 3                       | II |
|                 | Fregat III      | 32,21 | 6.9                    | 1.90  | 3.50      | 25 3 2                       | II |
| Paises Nórdicos | Fregat I        | 48,31 | 6.9                    | 1.72  | 4.50      | 43 3 3                       | II |
|                 | Monona          | 53,68 | 7.1                    | 1.92  | 4.00      | 45 3 3                       | II |
|                 | Fregat II       | 24,15 | 6.2                    | 3.05  | < 3.00    | 5 3 3                        | I  |
|                 | Fregat IV       | 10,73 | 7.0                    | 4.00  | < 3.00    | 3 3 2                        | I  |
| U. Díaz         | Fregat VI       | 13,42 | 7.0                    | 4.30  | < 3.00    | 5 3 2                        | I  |
|                 | Granma I        | 21,47 | 6.9                    | 3.00  | < 3.00    | 6 3 3                        | I  |

### Relieve

El Sur de la provincia de La Habana se caracteriza por ser un área de una extensa llanura conocida en la literatura geomorfología de Cuba por la Llanura cársica del Sur de La Habana. Las alturas oscilan en el área entre 0-6 m sobre el nivel del mar; según datos, obtenidos del Modelo Digital del Terreno para este sector (Díaz, 2004), las pendientes adquieren valores entre 0,5-1.0 %, donde el elemento físico-geográfico fundamental es el área de pantano y las oquedades asociadas a cárcavas, cacimbas, cuevas verticales y otras manifestaciones de un Carso de superficie de determinado grado de desarrollo (ver Anexo 4 Mapa de Relieve)

### Parámetros meteorológicos

**Precipitaciones.** Una representación gráfica del comportamiento de los niveles de precipitaciones en dieciocho años, se aprecia en la Figura 1, comprobándose que el año de menor precipitación fue 1987 con 72,88 mm de lluvias, seguido del 2003.

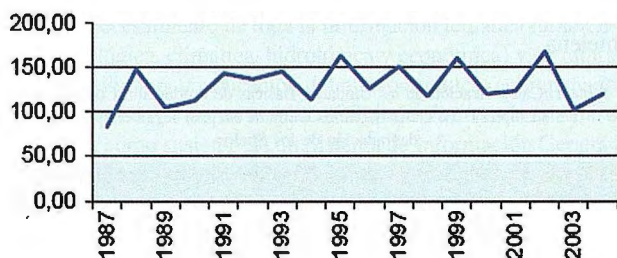


Figura 1. Precipitaciones, 1987-2004 (mm)

**Temperatura.** La Figura 2 muestra las variaciones de temperaturas máximas anuales para el periodo de 1987 al 2004, se puede observar un aumento brusco de los valores en el año 2000 y como se mantiene con pocas fluctuaciones en los años 2001; 2002; 2003 y 2004.

La temperatura máxima en el periodo de 1987 a 2004, tiene una tendencia creciente, con un nivel de significación elevado ( $R^2=0,7438$ ). A partir del año 2000 hay un brusco ascenso de los valores de la temperatura máxima, que marcan un cambio en el comportamiento de esta variable tan importante para lograr buenos resultados en la producción agrícola, por lo que la Empresa debe tener en cuenta

estos resultados para los planes de cultivo, basado en las variedades a plantar y las medidas para contrarrestar las posibles afectaciones, además de mantener un control de las variaciones de este factor en los próximos años.

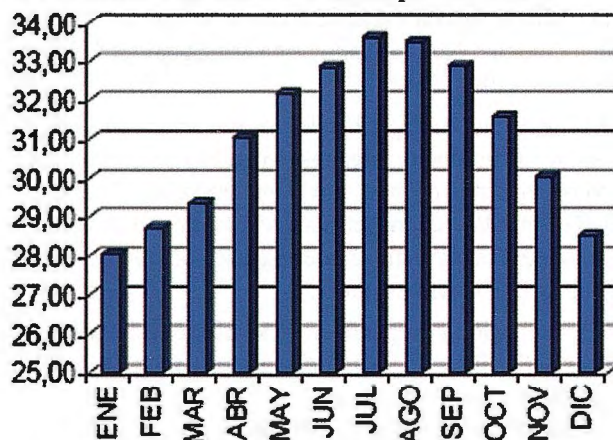


Figura 2. Temperatura Máxima promedio mensual, 1987-2004 (C)

El comportamiento de la temperatura máxima y las precipitaciones en el periodo de 1987 al 2004 (Figura 3), permite apreciar que las temperaturas máximas a partir del año 2000, aumentan considerablemente pero no sucede igual con el régimen de precipitaciones, que se mantiene prácticamente sin variación, incluso en los años de mayor incremento, como son el 2000 y el 2002.

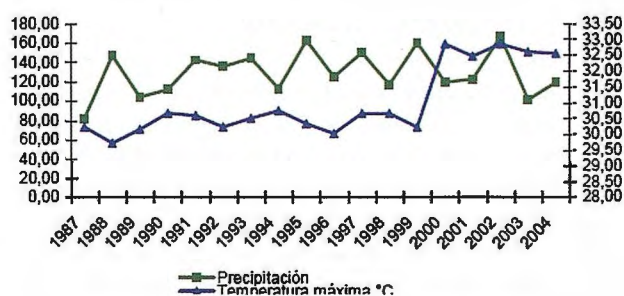


Figura 3. Temperatura Máxima y Precipitaciones 1987-2004

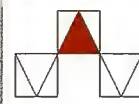
Lo anteriormente expuesto es muy importante que se tenga en cuenta en la Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena, con vistas a lograr una producción sostenible, ya que el déficit de precipitaciones y el aumento de la temperatura, obliga a establecer estrategias de cultivo y manejo de las posibles plagas y enfermedades, así como para mantener en condiciones apropiadas el recurso suelo.

Estudios realizados en Cuba, han demostrado la existencia de variaciones importantes del clima en el país. Tendencias significativas al aumento de la temperatura media anual del aire en el orden de 0,5°C, e incremento en las frecuencias de afectación de eventos climáticos extremos, como las lluvias intensas y las tormentas severas, entre otros, frecuencia de los eventos de sequía también se ha incrementado significativamente (Pichs, 2004).

**Humedad.** En general no se presentan mucha variación en los valores de humedad en los años estudiados, solo se observa un valor menor de la humedad en el año 2004 (76.67%).

Las mayores variaciones de los valores de humedad en los meses, corresponden a los años 1999 y 2004, seguidos por los de 1987; 1992; 2001; 2002, como lo indican los valores de la desviación estándar. Las variaciones que corroboran este fenómeno pueden observarse en la Figura 4.





**GeoTres de**

INGENIERÍA DE MODELIZACIÓN Y EXPLORACIÓN GEOMÉTRICA



**Topografía 3D de Alta Definición**

Trabaja con información detallada y precisa, "as built", gracias al escaneado y modelado tridimensional

Le proporcionamos los datos en cualquier soporte y tecnología: nube de puntos, mallas policasas, modelos de superficie, modelos de sólidos, ortoimágenes, sistemas diédrico, etc.



**Alquiler GPS T-Real 1.100€/mes**  
**Consulte nuestras ofertas**

**GPS TIEMPO REAL CENTIMETRICO**

**IBEREF MADRID**

Red de estaciones de referencia

- *Duplique su productividad*
- *Convierta sus Referencias en móviles*
- *Trabaje a más distancia con más precisión*
- *Olvídese de vigilar sus Referencias*

en Madrid y Toledo



**ESTACION TOTAL**  
SmartStation  
Serie 1200  
Serie 800 700 400

**NIVEL**  
NA2/NAK2  
DNA10/03  
RUGBY 100/200  
RUGBY 300/400

ACCESORIOS Y SERVICIOS. DISTO. SOFTWARE. MATERIAL DE MARCADO. SERVICIO TÉCNICO

902 490 839 / 617 326 454  
informacion@acre-sl.com  
www.acre-sl.com  
www.laserescaner.com

Autovia A-42.  
Km 35-36. Salida Yeles  
Nave 13  
Illescas - Toledo





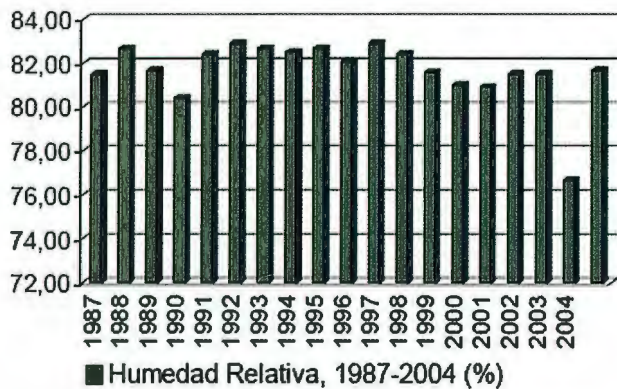


Figura 4. Humedad Relativa, 1987-2004 (%)

**Evaporación.** Una representación grafica del comportamiento de la evaporación y la temperatura máxima en el periodo de 1987 a 2004, se presenta en la Figura 5, donde puede observarse la tendencia al aumento de la evaporación en esta región, con un nivel de significación de  $R^2=0,6111$ . Comparado con la temperatura máxima ambas variables tiene tendencia al aumento en el periodo analizado de 1987 a 2004. Por tanto, son dos variables a considerar por la Empresa, sobre las que se debe establecer monitoreo y control.

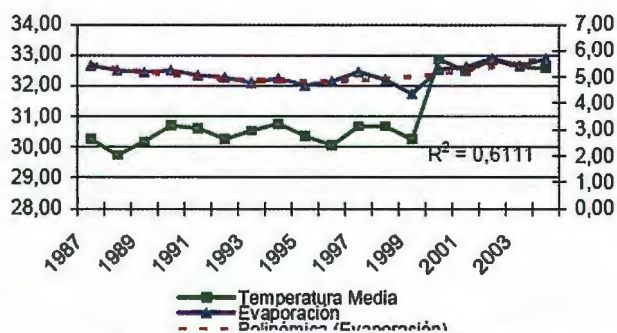


Figura 5. Temperatura Media (C) y Evaporación (mm), 1987-2004



### Hidrología

En el municipio Güira de Melena se argumentó la construcción de obras hidráulicas importantes, conjuntamente con el canal magistral Pedroso - Mampostón - Güira, para el trasvase de agua entre las cuencas, los embalses reguladores Pedro Díaz, Güira de Melena y la Corea, así como canales secundarios que garantizan el riego en la Empresa de Cultivos Varios. Otras obras hidráulicas, que aunque pequeñas no son menos importantes son los pluviómetros, pozos de monitoreo de niveles y de control de la salinidad vertical en el acuífero. Una muestra representativa de estas obras se presenta en el esquema de obras hidráulicas (Ver Anexo 5 Mapa Representación de Obras Hidráulicas del Municipio Güira de Melena).

Además se realizó la evaluación de la calidad del agua de pozos destinados a la actividad agrícola en la Empresa, monitoreándose, los parámetros de pH,  $\text{NO}_3^-$  (ión Nitrato) y la Conductividad eléctrica (CE),

La Figura 6 muestra como los valores medios de pH y sus medianas coinciden en casi todos los muestreos, encontrándose los valores entre 6.8 y 7.6; por lo tanto los mismos se encuentran en el rango permisible según la Norma Cubana 93-11/ 1986 y las normas de Calidad de agua para la agricultura, citadas por Avers y Wescott (1985)

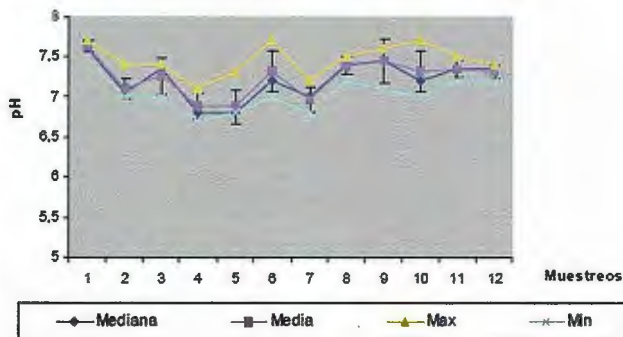


Figura 6. Mediana, valor medio, máximo y mínimo del pH del agua

En la Figura 7 se muestra las variaciones de ión Nitrato, para los diferentes muestreos, comparados con las variaciones de las medias y las medianas de los valores máximos y mínimos correspondientes.

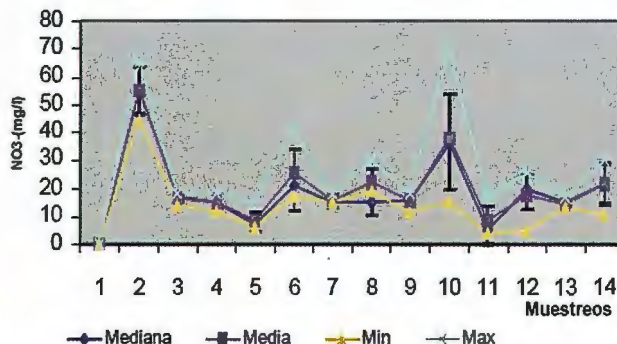


Figura 7. Mediana, valor medio, máximo y mínimo de la concentración de  $\text{NO}_3^-$  en agua

Los valores medios de los muestreo, no indican variaciones significativas para este parámetro, solamente en el mes de Septiembre y Noviembre del 2001, donde su concentración supero los valores permisibles para este elemento, pero coincide esta variabilidad con la encontrada en las precipitaciones en el periodo evaluado y que conjuntamente con el nitrógeno no aprovechado por los cultivos, trajo como resultado la lixiviación del nitrato hasta el manto freático, esto sucede fundamentalmente para los pozos Esperanza, Yero y Junco.

### Evaluación de la Conductividad Eléctrica.(CE)

Se observa que los valores medios de la conductividad eléctrica en los 10 pozos monitoreados a través de los años evaluados oscilaron entre 0.75-1.71 encontrándose en la categoría de ligero a moderado según las normas de calidad de agua para la agricultura (Ayers y Wescott.1985). La CE menor correspondió al pozo "La Esperanza" y las más elevadas a los pozos Yero y Junco con 1.71 y 1.60 respectivamente y asociados con los valores mayores valores máximos y mínimos reportados (Figura 8)



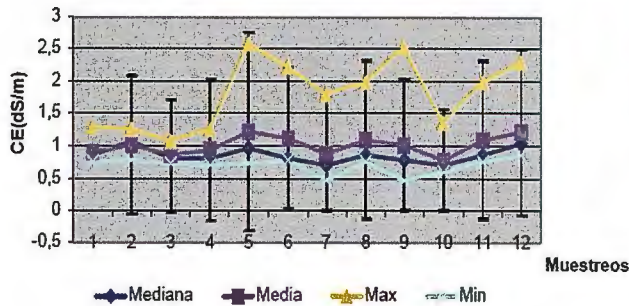


Figura 8. Mediana, valor medio, máximo y mínimo de la Conductividad Eléctrica del agua

En general el monitoreo de los pozos arrojó que el pH, no constituye un parámetro limitante para la calidad del agua de riego. Los tenores de nitratos son variables con excepción de los pozos yero, junco y la Esperanza. Los mayores valores de Conductividad Eléctrica se localizan en los pozos Junco y Yero.

El Diagnóstico Ambiental en la Empresa buscó identificar los aspectos ambientales y sus impactos, principalmente debido a la explotación intensiva de sus áreas agrícolas incidiendo sobre los suelos, por medio de su degradación, destacándose por las características siguientes:

- √ Bajo contenido de materia Orgánica, con valores entre 2.0 y 3.0 %; alores de pH, se encuentran entre ligeramente neutro y medianamente alcalino fundamentalmente(6.5-7.5)
- √ Los valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O son entre medio y elevados, con tendencia a la elevación de los mismos hacia la categoría de altamente abastecidos.
- √ La Capacidad de Intercambio Catiónico es media, menor de 25 Cmol(+)/Kg. <sup>-1</sup>
- √ Capacidad de Cambio de Bases, fundamentalmente saturada por la presencia de calcio.

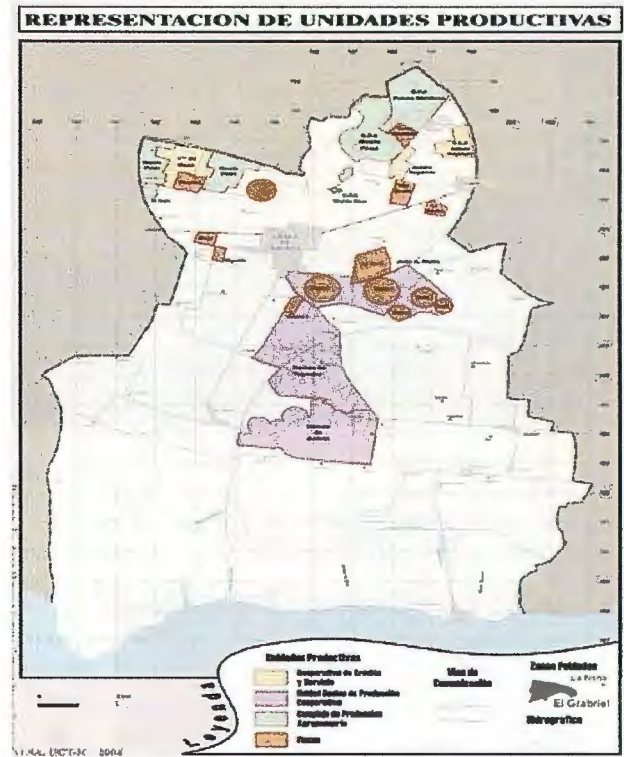
Los impactos ambientales más importantes que se presentan en la Empresa están relacionados con: la erosión; la compactación; la disminución del contenido de materia orgánica, y la pérdida de la fertilidad.

Para lograr la mitigación de los impactos se deben cumplir las siguientes actividades:

- ✚ Ejecutar trabajos de cartografía de suelos, a escala detallada, como base para dirigir las acciones de mitigación que se deben realizar en sus diferentes áreas.
- ✚ Sustituir del sistema tradicional de preparación de suelos por métodos conservacionistas que implican disminuir el pase de implementos agrícolas, así como la introducción de la rotación de cultivos.
- ✚ Incrementar la utilización de la tracción animal para la preparación de tierras como fuente de energía no contaminante en las labores agrícolas, donde sea posible su introducción.
- ✚ Introducir los implementos de labranza con técnicas conservacionistas más productivas y económicamente factibles de ser adquiridos en el país.
- ✚ Disminuir el empleo de fertilizantes minerales, que actualmente es de un 75%, de formula completa y portador simple en forma de urea; aumentar la aplicación de abonos orgánicos en forma de humus de lombriz, compost, estiércol, introducir el empleo de biofertilizantes.
- ✚ Aumentar la utilización de productos biológicos para el control de plagas, ya que en estos momentos se emplean plaguicidas Clorofosforados de residualidad toxica

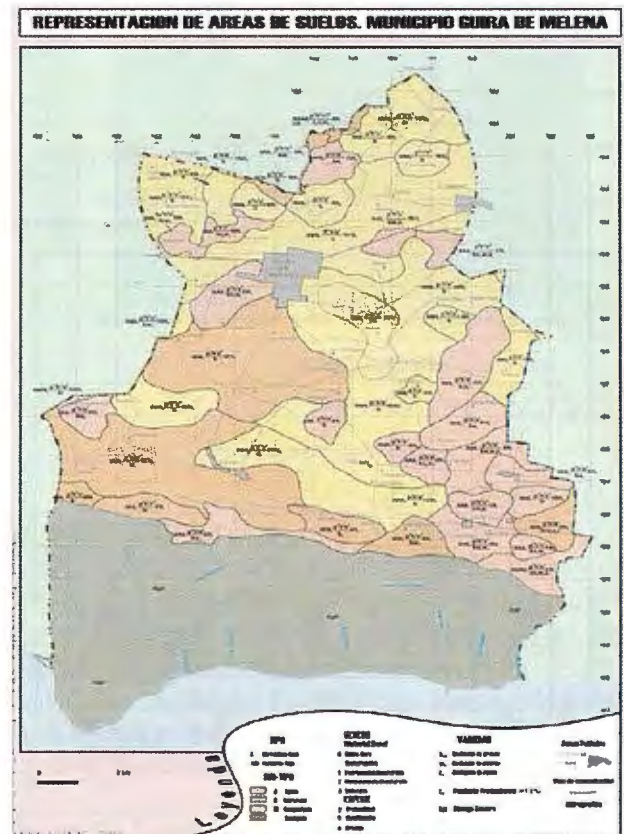
y en menor grado son utilizados biopreparados, dirigidos fundamentalmente al control del Tetuán y nematodos.

- ✚ Realizar un manejo de los suelos que permita mejorar los parámetros de sus propiedades físicas y químicas tales como: mala agregación, baja CIC, compactación y bajos contenidos de materia orgánica, con el empleo de los fertilizantes ecológicos



Representación de Tenentes.Municipio Guira de Melena

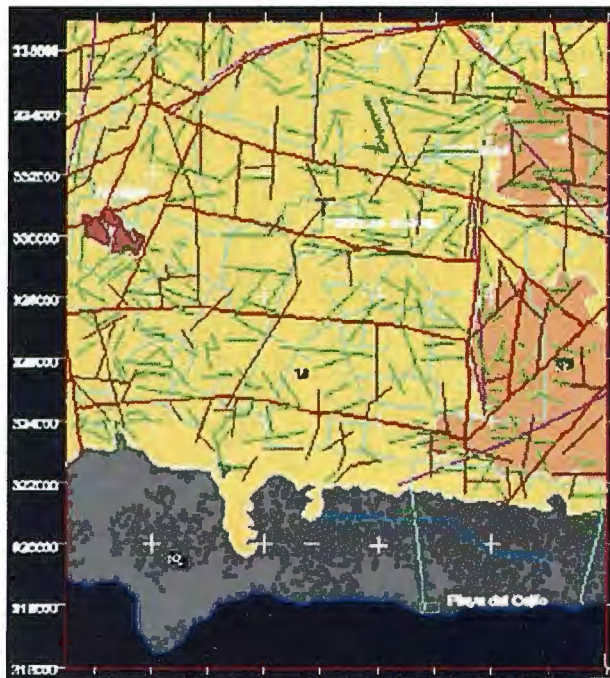
Anexo No1: Mapa de ubicación de las UBPC y CPA.



Representación de Suelos.Municipio Guira de Melena

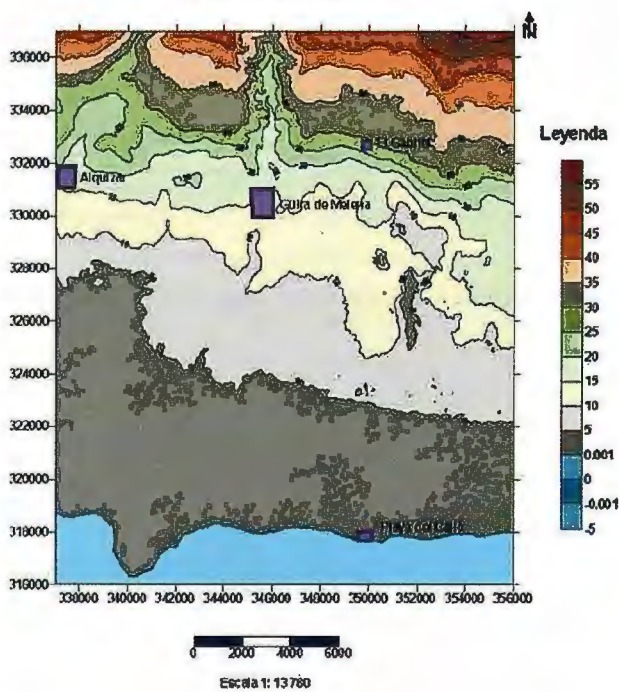
Anexo No2: Mapa de suelos





Anexo No3: Mapa geológico

Proyecto Fertilizantes ecológicos  
**Mapa Hipsométrico**



Anexo No4: Mapa de relieve

**CONCLUSIONES**

1. Los suelos de la Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena que se caracterizan por ser de naturaleza ferralítica y se agrupan en la Categoría agroproductiva I y II, son los que presentan los factores limitantes más significativos como la compactación, tendencia a la alcalinización, bajos contenidos de materia orgánicas y pérdida de la fertilidad.
2. Desde el punto de vista ambiental, fueron identificados todos los factores y procesos que inciden en la Empresa de Cultivos Varios Güira de Melena.
3. Los pozos de abasto para riego Junco, Yero, La Esperanza tiene altos contenidos de nitratos; la conductividad eléctrica es alta para los pozos Yero y Junco.



Representación de Obras Hidráulicas. Municipio Güira de Melena

Anexo No5: Mapa de las obras hidráulicas

4. En el trabajo fueron utilizadas las técnicas de Avanzada como apoyo a todo el procesamiento de los datos temáticos ambientales y su representación cartográfica, principalmente la Cartografía Digital, las Base de Datos automatizadas, los MDT y otros para sustentar la utilización de los SIG

**RECOMENDACIONES**

1. Utilizar los resultados del Diagnostico Ambiental de la Empresa para implementar un Sistema de Gestión Ambiental con las acciones necesarias para minimizar la degradación de los suelos y otros impactos negativos.
2. Capacitar a los actores y dirigentes de la Empresa en el manejo los resultados de este Diagnóstico Ambiental.

**Bibliografía citada y consultada:**

1. Alfonso, C, A; Monedero, M; Calero, B Gonzalez, B. Recuperación de los Suelos degradados dedicados a cultivos varios del agroecosistema del Sur de la Habana. Informe final proyecto 020021 del PCT. Producción de Alimentos por métodos Sostenibles. 42p, 2001.
2. Ayers, R. S y D. W. Wescott. "Water Quality for Agriculture". FAO. Irrigation and Drainage Paper 29. Rev.1. Roma .Italia.174p, 1985.
3. Díaz, I. R. (2004) Estudio Geológico para la aplicación de nuevos fertilizantes en la Empresa de cultivos Varios Güira de Melena 15 pp., 2004. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba AGRINFOR, MINAGRI, Ciudad de La Habana, 64 p., 1999.
4. Instituto de Suelos; Manual Metodológico para la para la Cartografía detallada de los suelos MINAG, 1994.
5. Muñiz, O. Los Sistemas Integrados de Nutrición Vegetal. Memorias del II Taller de Suelos. Proyecto Biopreparados. San Antonio de los Baños 5 – 6 de Diciembre, 2001.
6. Paneque, V. Abonos orgánicos: Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación, INCA, 31 pp., 1998.
7. Pisch R. Desertificación y Cambio Climático. Retos para el Tercer Mundo. Revista Temas de Economía Mundial, No 5. 2004.
8. Reglamento para la solicitud de Licencias Ambientales y Evaluación de Impactos Ambientales CICA. Centro de Inspección y Control Ambiental CICA – CITMA (2001): 32 pp., 2001
9. Suárez, Carmen Luisa. Calidad del agua para el riego. Pág.69 –73. En: Uso y manejo agrícola del agua de riego. VII Curso Internacional de Riego Localizado. Canarias. España. 103 Pág, 1995.

**RELACIÓN DE ANEXOS GRÁFICOS**

- Anexo No1: Mapa de ubicación de las UBPC y CPA.
- Anexo No2: Mapa de suelos
- Anexo No3: Mapa geológico
- Anexo No4: Mapa de relieve.
- Anexo No5: Mapa de las obras hidráulicas





# POCKET & TABLET CARTOMAP 5.6

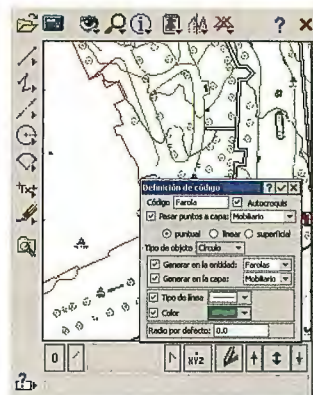
*Pocket y Tablet CARTOMAP* facilitan el trabajo en obra con diversos aparatos GPS, estaciones totales manuales, motorizadas y robotizadas en modo remoto, distanciómetros... de diferentes fabricantes (Leica, Topcon, Trimble...) y con diferentes equipos Pocket PC (Itronix, Topcon FC100, Trimble Recon y ACU Leica Allegro...) y Tablet PC (UMPC, Toughbook...).

La rapidez, calidad y funcionalidad de *Pocket y Tablet CARTOMAP 5.6* establecen un nuevo hito en la operativa diaria del trabajo en obra y proporciona una plataforma de trabajo homogénea para todo su parque de instrumentos.

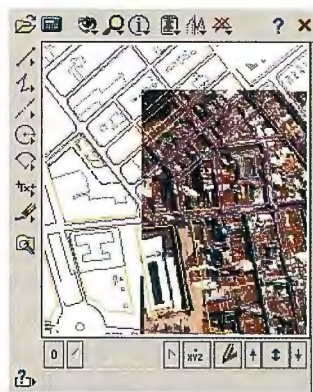
*Tablet CARTOMAP* facilita la comunicación entre campo y oficina técnica para la mayor eficacia en la elaboración de proyectos y ejecución de Obras de Ingeniería Civil, Urbanismo, Minería, Hidrología, Aeropuertos, Catastro, Agrimensura...

**Puede solicitarnos una demostración adecuada a su problemática, sin ningún compromiso.**

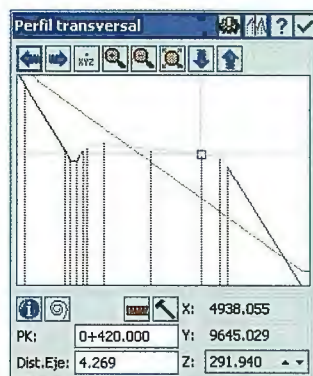
- Captura de datos • Topografía analítica de campo • Modelos Digitales del Terreno • Curvado • CAD 2D/3D • Croquis automático asociativo • Perfiles longitudinales • Perfiles transversales • Rasantes • Replanteo • Control de calidad • Secciones tipo • Ficheros Shapefile y mucho más...



El autocroquis realiza el dibujo en tiempo real, según la codificación.



Se pueden incorporar ortofotos junto con cartografía en formato DXF.



Se puede replantear cualquier punto y en cualquier PK, con funciones específicas y control de calidad.



## POCKET & TABLET CARTOMAP ¡Desde 625€!

licencia adicional de CARTOMAP Básico "Topografía y Curvado"

ANEBA Geoinformática, S.L.  
BARCELONA • MADRID • HAMBURGO  
info@aneba.com • Tel. 933.633.820



# DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE RIESGOS EN EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD Y LA VALORACIÓN DE SU USO COMO INFORMACION EN LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES. CONCEPTOS Y DEFINICIONES

MsC José Carlos Núñez Mora  
GEOCUBA Investigación y Consultoría  
XII Convencion y Expo. Internacional

---

*Indicador.* Es un término común y propio de todos los tipos de actividad humana. Se definen como una “variable cuantitativa o cualitativa que se puede medir o describir y que demuestra tendencias cuando se observa periódicamente”.

*Criterios.* Agrupan una serie de indicadores afines que “representan una categoría de condiciones mediante las cuales se puede evaluar, en el caso que nos ocupa, el manejo forestal”.

*Semántica.* Relativo a la significación de las palabras. Estudio del significado de los signos lingüísticos y de sus combinaciones, desde un punto de vista combinado o cronológico.

## INTRODUCCION

La opción de los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible, implican una redefinición de los enfoques tradicionales para abordar los problemas ambientales. Su reciente formulación demanda un esfuerzo definitorio, como categorías interpretativas y operativas idóneas. Las ciudades, por ejemplo, pueden favorecer o impedir procesos de sostenibilidad a partir de sus relaciones con el medio y dependiendo de su forma y estructuras, ya que a su vez son ordenadoras del territorio, generan procesos de producción, son consumidoras y productoras de desechos.

La aplicación del concepto de “sostenibilidad” debe necesariamente referirse a formas de ocupar, producir y consumir el espacio, para garantizar la permanente regeneración de sus sistemas sociales y económicos lo cual sólo se logra mediante la adopción de patrones de ordenamiento y ocupación del suelo que garanticen dicha regeneración (Otero y Martí 1995). Estos patrones de ordenamiento se materializan en diversos “atributos” que distinguen una región sostenible de una que no lo es, independiente de su tamaño, localización o papel regional.

La gestión de riesgos es el conjunto de elementos, medidas y herramientas dirigidas a la intervención de la amenaza o la vulnerabilidad, con el fin de disminuirlos a través de esquemas de intervención que puedan reducir el riesgo. En este sentido la recuperación (rehabilitación y reconstrucción) se ha visto imbuida de la idea de la prevención y mitigación de futuros desastres y mitigar los riesgos exis-

tentes. Este concepto de prevención ha jugado un papel delimitador respecto a otro conjunto de elementos, medidas y herramientas cuyo objetivo es intervenir principalmente ante la ocurrencia misma de un desastre, es decir que conforman el campo de los preparativos para la atención de emergencias, la respuesta y la reconstrucción una vez ocurrido un suceso.

La gestión de riesgos, tiene como objetivo articular los tipos de intervención sobre el desastre, las cuales se vinculan al desarrollo de las políticas preventivas que en largo plazo conduzcan a disminuir de manera significativa las necesidades de intervenir sobre los desastres ocurridos, por lo que desempeña un papel decisivo en cualquier análisis de sostenibilidad., la misma no sólo debe identificarse con lo que significa sino que debe estimular una convocatoria dirigida tanto a las fuerzas gubernamentales como no gubernamentales, con el propósito de enfrentar los desastres con en forma preventiva.

En este sentido, una política de gestión no sólo se refiere a la identidad territorial, sino por su propósito, a la articulación, de las diversas fuerzas existentes: sociales, políticas, institucionales, públicas y privadas de todos los niveles territoriales. Esto permite planteamientos de participación democráticos, suma de esfuerzos y responsabilidades, de acuerdo con el ámbito de competencia de cada cual.

Las conceptos desarrolladas en las secciones anteriores sobre el riesgo, los desastres y la intervención por vía de la gestión de riesgos ayudan perfilar una serie de áreas de intervención o acción de riesgos, a saber:

a) Conocimientos sobre la dinámica. La incidencia, la causalidad y la naturaleza de los factores de riesgo, amenazas y vulnerabilidades, y la capacidad de construir escenarios y mapas dinámicos de riesgo para el país y sus distintos territorios.

b) El estímulo y promoción de diversos mecanismos y acciones adecuadas para la reducción de las condiciones de riesgo existentes incluyendo mecanismos de reordenamiento humano, recuperación y control ambiental, reforzamiento de estructuras, construcción de infraestructura de protección ambiental, diversificación de



estructuras productivas, fortalecimiento de los niveles organizacionales, etc.

c) Capacidades para predecir, pronosticar, medir y difundir información fidedigna sobre cambios continuos en el ambiente físico y social y sobre la inminencia de eventos dañinos, destructivos o desastrosos.

d) Mecanismos de preparación de la población, de instituciones y organizaciones para enfrentar casos inminentes de desastres y para responder eficazmente después del impacto de un determinado suceso físico. Esto en el marco de la promoción de esquemas que fortalecen y aprovechan las habilidades de la población fortaleciendo las opciones de desarrollo a través de la intervención humanitaria.

e) Mecanismos que garanticen la instrumentación, organización y control eficaz de esquemas de rehabilitación y reconstrucción que consideren, entre otras cosas, la reducción del riesgo en las zonas afectadas.

f) La reducción en prospectiva del riesgo en futuros proyectos de desarrollo, a través del fomento de la incorporación del análisis de riesgo en los procesos de toma de decisiones y de inversiones y la utilización de mecanismos de ordenamiento del territorio, de control sobre construcciones, de gestión ambiental, etc.

g) El fomento de procesos educativos a todo nivel que garanticen un más adecuado entendimiento del problema de riesgo y de las opciones para su control, reducción o modificación.

## ANTECEDENTES

Los sistemas de información geográficos (SIG) se han convertido en una herramienta poderosa de gran alcance dentro de la infraestructura informática de hoy, proporcionando un marco alrededor del cual podemos analizar y entender mejor nuestro mundo. Los SIG proveen un marco intuitivo alrededor del cual podemos analizar nuestro ambiente natural y artificial. Aunque organizar alrededor de lugar o localización pueda considerarse instintivo, es solamente mediante un SIG que podemos hacerlo de una manera estructurada que también puede ser duplicada y accesible para el público en general.

Los SIG han introducido nuevos conceptos relacionados al análisis y modelaje de datos complejos, mapas interactivos y la integración de gran variedad de datos con información geo-espacial. Además, ha introducido nuevos formatos de visualización y de procesamiento de datos geo-referenciados, cuyos conceptos están avanzando, no solamente la geografía sino a todas las ciencias. Dentro del espectro de los SIG y sus aplicaciones, esta plataforma también ha sido efectivamente utilizada para estudiar y resolver problemas relativos a desastres NATURALES

Los Peligros naturales incluyen acontecimientos geológicos y meteorológicos tales como terremotos, inundaciones, huracanes, sequías, tornados, deslizamientos, fuegos forestales y tsunamis. Estos son fenómenos geo-espaciales complejos que varían grandemente en magnitud y frecuencia, y que pueden resultar en muerte o lesión para los seres humanos, daños a la infraestructura, a las actividades socioeconómicas, y en ocasiones incluso a los ecosistemas.

Para atenuar las consecuencias devastadoras, algunas

organizaciones científicas y agencias estatales han incorporado las tecnologías de información existentes como los SIG y la percepción remota en la mitigación de los desastres naturales.

Muchos investigadores han evaluado estudios de desastres naturales y han sugerido que la tecnología de SIG puede desempeñar un papel importante e integral, en disminuir los impactos adversos de PELIGROS NATURALES en la sociedad. El uso de los SIG para entender la complejidad de los peligros naturales en el contexto geo-espacial y temporal se considera vital.

El riesgo de los eventos naturales resulta de la interacción entre un agente de peligro que es el fenómeno natural frecuentemente impredecible y una comunidad vulnerable. La relación cualitativa de "Riesgo = Peligro Natural x Vulnerabilidad" se puede utilizar para elaborar una relación entre estos tres aspectos. Este entendimiento abraza una relación fundamental e importante entre el ambiente natural y los seres humanos y ofrece una perspectiva de evaluación de riesgo del peligro natural. La evaluación de riesgo se puede definir dependiendo del contexto. Sin embargo, se refiere sobretudo al grado al cual la población, la infraestructura, y las actividades socioeconómicas son susceptibles al daño provocado por un evento natural con variedad de aspectos físicos (Ej.: localización, magnitud, frecuencia, duración, proceso, etc.). Los peligros naturales y la vulnerabilidad de la comunidad se distribuyen en el espacio, y por ello, el riesgo es intrínsecamente un fenómeno geo-espacial y su evaluación debe tratar no solamente su magnitud, pero también sus variaciones geo-espaciales. La evaluación de riesgo es compleja y requiere una amplia gama del conocimiento de las ciencias físicas y socioeconómicas, y por lo tanto, es multidisciplinaria en su naturaleza.

Una gran cantidad de aplicaciones de los SIG se han desarrollado, particularmente durante la última década para el análisis de riesgo y la gerencia de los desastres naturales. Los SIG pueden beneficiar grandemente en la mitigación de desastres naturales porque las metodologías espaciales pueden ser exploradas completamente en el proceso de evaluación de riesgo, desde la integración de los datos hasta las tareas de evaluación y la toma de decisiones.

En primer lugar, los datos espacialmente referenciados confiables y actualizados, son importantes en la evaluación de riesgo de los peligros naturales. Las tareas de evaluación y toma de decisiones son limitadas, en última instancia, por la disponibilidad y la calidad de los datos. En segundo lugar, el análisis espacial de los SIG con sus variados métodos y técnicas, tienen la habilidad de integrar los datos ambientales y socioeconómicos en el análisis de vulnerabilidad. Finalmente, el propósito del proceso de evaluación de riesgo es apoyar la toma de decisiones racionales, y tomar medidas prácticas relevantes en la gerencia de los peligros. El formato de toma de decisiones debe ser capaz de proporcionar los procedimientos definidos y sistemáticos para medir la aceptabilidad de los riesgos. Una de las ventajas dominantes de usar las herramientas de los SIG en la toma de decisiones es el uso eficiente de hacer múltiples análisis variando parámetros generando panoramas alternos en un contexto geo-espacial. La generación y la consideración de soluciones alter-



nas permite la investigación de resultados con variedad de impactos entre los factores multivariados y/o que están en conflicto, resultando en la identificación de características potencialmente indeseables de las soluciones a los panoramas alternos de la decisión.

Un peligro natural es descrito generalmente por datos físicos ambientales. Las capas de datos típicamente usados en los SIG incluyen: tipos de suelos, usos del terreno, la vegetación, la topografía, la meteorología, la geología, etc.; y se adquieren o se derivan de observaciones in situ y de imágenes de fotografías aéreas o de satélites. Muchos de las aplicaciones de los SIG son basados en la manipulación de estas capas de datos y su interacción. Los datos socioeconómicos también se incorporan para determinar vulnerabilidad de la comunidad e incluyen datos de censo de la población y datos sobre la infraestructura de utilidades y acceso. Estos datos socioeconómicos son esenciales en el análisis de vulnerabilidad. La información detallada sobre tipo de hogar, forma de sustento, seguridad, sistemas de transportación, etc., son requeridos. Por ejemplo, los datos sobre vivienda incluyen los materiales y tipo de construcción y las edades de edificios. Los datos sobre las utilidades (ej: agua, electricidad, telecomunicación, líneas de gas, y alcantarillado), los datos sobre instalaciones de seguridad (ej., los hospitales, unidades de policías, centros de manejo de emergencia, etc.), y los datos sobre el acceso a los lugares (ej: carreteras, puentes, túneles, etc.) también se requieren, donde sea posible. Toda esta gama de información se almacena en el SIG mediante una base de datos geo-referenciados conocidos como geo-bases de datos ("geodatabase").

Los geo-bases de datos son depósitos donde se almacena la información física y socioeconómica. Estas bases de datos contienen la información geográfica, numérica y alfanumérica en varios formatos digitales, incluyendo mapas vector y "raster", las mensuras terrestres, imágenes aéreas y de satélites, los textos, los documentos y los datos tabulados. La información almacenada en geo-bases de datos se compila en diversas escalas geográficas y temporales, usando una variedad de métodos y de tecnologías. Estos geo-bases de datos son utilizados por los administradores de la política pública, los ingenieros, científicos, y las agencias del estado. Para muchos científicos, los geo-bases de datos representan fuentes importantes de información para validar los modelos físicos, estadísticos o conceptuales. En las últimas dos décadas, las organizaciones regionales, nacionales e internacionales han hecho esfuerzos considerables en diseñar, poner en práctica y mantener inventarios digitales con información ambiental y temática sobre los peligros naturales e información socioeconómica.

Consecuentemente, los geo-bases de datos se han establecido como una herramienta esencial para cualquier investigación cuyo objetivo es determinar el riesgo planteado por fenómenos naturales peligrosos. Las bases de datos temáticos, los inventarios digitales y los archivos cartográficos se han convertido en una parte importante de estrategias integradas para evaluar el riesgo de los peligros naturales o aquellos generados por el hombre. Los sistemas de aviso han sido diseñados para alertar a la población y tienen como objetivo proteger la misma, sus es-

tructuras y la infraestructura, de acontecimientos naturales dañosos confiando en los geo-bases de datos para proporcionar pronósticos exactos, confiables y oportunos. El personal civil de manejo de emergencias de las agencias municipales, regionales y nacionales, y los encargados de riesgo que trabajan para las compañías de seguros, utilizan geo-bases de datos para estimar la frecuencia y las características perjudiciales de acontecimientos naturales dañosos. Además, los usuarios profesionales y los consultores pueden utilizar geo-bases de datos para solucionar problemas locales de peligro. Hasta donde sea posible, los ciudadanos concernidos y el público en general debe tener acceso a los geo-bases de datos para obtener información de gran utilidad sobre una variedad de peligros naturales de forma tal que puedan indagar sobre las consecuencias de un sitio específico.

**En el país se ha venido trabajando en la implementación de los Sistemas de Información Geográfica Territoriales a nivel municipal en todo el país desde 1998 hasta la fecha en Manicaragua, Yaguajay, Placetas, Santa Clara, Camajuaní y Florida, entre otros. Los mismos tienen como alcance principal la implementación de la infraestructura administrativa y las principales temáticas de interés del Gobierno como, formaciones del suelo y geología, yacimientos minerales, modelo digital del terreno, uso del suelo, educación, cultura y recreación, salud, transporte, entre otros. Estos sistemas informativos constituyen herramientas de apoyo a la toma de decisiones por los diferentes órganos de la administración territorial, así como a otras entidades municipales respecto al municipio, por lo que la gestión de riesgos ha estado implícitamente incluida en los mismos.**

## **DESARROLLO**

Nuestro país 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 impresos, primero y posteriormente de los SIG, se han hecho imprescindible para el manejo de dichos fenómenos.

Los SIG se emplean con estos fines en el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC) desde el año 1998 con el enfrentamiento a los huracanes Georges y Mitch, no obstante ya se habían realizado algunos trabajos previos con estos sistemas por otras instituciones ante penetraciones del mar, como fue el caso de la llamada Tormenta del Siglo en marzo de 1993.

Durante el enfrentamiento de estos fenómenos, el Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil (EMNDC) 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 previendo su posible movimiento y lugares de afectación.
- Establecimiento de las distintas fases para la protección



# SOKKIA

## DITAC



GSR2700 ISX

# TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN



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

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 el fenómeno.

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 mediados del año 1998 en 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, el primer paso necesario fue la introducción de las bases cartográficas digitales básicas del territorio nacional y su entorno. Estas fueron:

- 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 pueblos y ciudades propensos a inundaciones.

Estas bases de datos cartográficos digitales están diseñadas en la estructura de datos vectoriales para SIG, en este caso sobre el sistema MapInfo. Las mismas 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.

Desde el año 2003 de conjunto con el MINFAR, 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.

Además se monitorean otros fenómenos adversos como incendios forestales desde y epidemias, que conciben el empleo de imágenes satelitarias y salidas Web.

• Los sistemas de gestión son interdisciplinarios y por lo tanto son difíciles de diseñar, construir y mantener. Los componentes técnicos requieren conocimiento avanzado y habilidades en ingeniería e informática. Los componentes sociales requieren un entendimiento del diseño organizacional de la política pública, de sociología y comunicaciones. Los mismos requieren un enfoque de equipo para operaciones efectivas, puesto que una persona no puede tener todo el conocimiento y las habilidades requeridas para manejar tareas complejas, un grupo de especialistas experimentados y capaces, cada uno con un conocimiento profundo y con habilidades específicas y con suficiente entendimiento de los campos complementarios, es más efectivo para orientar y mantener un sistema de gestión. Puesto que estos sistemas son interdependientes y funcionan con la base en entendimiento mutuo, la comunicación efectiva es requisito para que cada miembro participe en la adecuada toma de decisiones.

Desarrollar sistemas integrados de informaciones es uno de los aspectos más complejos pero que a criterio del autor es fundamental para mejorar la efectividad en la concepción y puesta en marcha de un sistema integrado de información que sea descentralizado, interinstitucional y coherente. La información es la base de la planificación y de la adecuada respuesta en casos de situaciones de crisis y facilita la sinergia que debe procurarse entre las entidades y los individuos.

Esta última recomendación es de especial importancia, dado que la capacidad técnica para ordenar, almacenar, recuperar y diseminar información entre múltiples usuarios en forma simultánea, la posibilidad de representar el conocimiento visualmente y la posibilidad de monitorear las diferentes instituciones en diferentes niveles de ejecución esta creado un potencial de nuevos enfoques para enfrentar los problemas del riesgo. Sin lugar a duda, el encadenamiento de información tecnológica a la capacidad organizacional para enmarcar y revisar políticas que afectan la comunidad como un todo, puede facilitar la creación de un “ambiente rico en información” que le dé soporte a la acción voluntaria e informada, al aprendizaje colectivo y a la autoorganización interinstitucional para reducir el riesgo. Este encadenamiento fortalece la gestión de riesgos, en la cual la habilidad e intercambio oportuno de información precisa entre múltiples participantes le daría lugar a un enfoque más amplio, creativo y responsable para resolver problemas compartidos.

Por otra parte, teniendo en cuenta los nuevos paradigmas que se plantean en relación con la manera de llevar a cabo la estimación de la vulnerabilidad y el riesgo, para mejorar la efectividad y eficacia de la gestión es necesario tener en cuenta que:

- a) El conocimiento de las amenazas naturales, su monitoreo y análisis es condición necesaria pero no es suficiente para disminuir el impacto de los fenómenos peligrosos.
- b) Las condiciones de vulnerabilidad de la población se disminuye con el mejoramiento de sus condiciones de



vida. Es decir, como condición esencial para disminuir la ocurrencia de desastres, debe ser superado el estado de subdesarrollo de los países, y en especial, las condiciones de pobreza.

c) La reducción de riesgos, al entenderse como parte del desarrollo de los países no puede darse bajo condiciones de deterioro del entorno que o bien acentúan o bien crean nuevos riesgos. Por lo tanto, no existe más alternativa que buscar el equilibrio entre el modelo de desarrollo que se adopte y la conservación del medio ambiente.

d) Especial énfasis debe hacerse sobre el riesgo en las zonas urbanas, en especial en aquellos países donde las ciudades siguen creciendo a ritmo acelerado y la planificación y los controles de ese crecimiento son superados por la realidad, acentuándose y aumentando el riesgo de un cada vez mayor número de personas.

e) La comunidad enfrentada a una amenaza natural cualquiera debe ser consistente de esa amenaza y debe tener el conocimiento suficiente para convivir con ella.

f) El modelo de descentralización sobre análisis y toma de decisiones es condición necesaria para la real participación de la comunidad y de las autoridades locales. La responsabilidad de disminuir el impacto de los fenómenos naturales y tecnológicos es multisectorial e interinstitucional. La tarea debe comprometer a los gobiernos, a la comunidad, al sector privado, al sector político, a los organismos no gubernamentales y a la comunidad internacional. La autonomía de las comunidades y de sus propias autoridades debe ser una estrategia explícita para lograr resultados efectivos de intervención.

g) La comunidad internacional y las agencias y organismos bilaterales y multilaterales deben apoyar las iniciativas nacionales y facilitar el intercambio de información así como promover la cooperación técnica horizontal entre los países que deben desarrollar estrategias similares en el análisis de sus amenazas y riesgos, la intervención de las vulnerabilidades y en la gestión del riesgo en general.

Normalmente se distingue entre indicadores simples e indicadores complejos, sintéticos o índices. Los primeros hacen referencia a estadísticas no muy elaboradas, obtenidas directamente de la realidad, normalmente presentadas en forma relativa a la superficie o la población. La información que se infiere de estos indicadores es muy limitada. Los indicadores sintéticos o índices son medidas adimensionales resultado de combinar varios indicadores simples, mediante un sistema de ponderación que jerarquiza los componentes.

La información que se obtiene de estos indicadores es mayor, si bien la interpretación de la misma es en muchos casos más dificultosa y con ciertas restricciones.

Este último concepto es el resultado del compromiso entre el conocimiento científico disponible y la necesidad de información ambiental en la toma de decisiones

- La necesidad de índices de sostenibilidad surge de la incapacidad de los indicadores convencionales de representar los problemas o procesos en sus múltiples dimensiones

Estos índices deben contener los siguientes criterios operativos

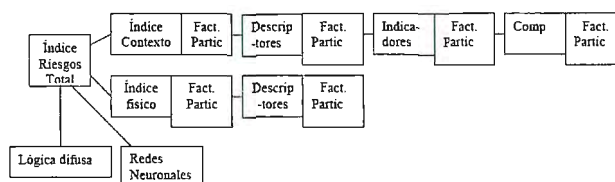
1. Estar obtenidos a partir de un procedimiento de cálculo objetivo y científico
2. Estar relacionados con objetivos claros y específicos
3. Tener una interpretación clara y entendible para los no científicos
4. Han de estar basados en unos parámetros cuyos valores sean estables en un periodo de tiempo suficientemente bajo
5. Han de estar contruidos en una escala espacial y temporal relevante para los fenómenos naturales y socioeconómicos
6. Han de especificar valores umbrales o límites que permitan la evaluación de la desviación entre el actual estado y la evolución determinada por la norma u objetivo deseado

Como una componente importante de la sostenibilidad, están los elementos más representativos de los sistemas de gestión de riesgos.

### LA EVALUACIÓN HOLÍSTICA:

La evaluación holística del riesgo se realiza a partir de componentes o variables de entrada, de los cuales se van obteniendo indicadores, descriptores hasta llegar a los índices, de los que pueden tener representación especial la mayoría de los componentes y todos los índices.

La aplicación de las IDE para su aplicación en los SGR, están asociadas al diseño de indicadores específicos de Riesgos, lo que de forma general se puede expresar como:



### EVALUACIÓN DE LOS ÍNDICES DE RIESGOS FÍSICO:

Se realiza una evaluación sistematizada de los oficina de catastro y de tipología de edificaciones, se hicieron valoraciones de daño a partir de la confección de matrices de daño por consejo de expertos. Se dedujeron posibles costes de reparación a partir de los componentes de un sistema de información de daños. Para la determinación del Índice de riesgo Físico se definan los siguientes descriptores:

- Área destruida
  - Número de heridos
  - Rotura de redes de agua
  - Rotura de líneas eléctricas
  - Rotura de líneas telefónicas
  - Número de vías afectadas
- } tienen representación espacial

### EVALUACIÓN DE LOS INDICES DE RIESGOS DEL CONTEXTO

Para la determinación del Índice de Riesgo del Contexto se definió el resultado del producto escalado del Peligro y la vulnerabilidad.

Se consideraron como descriptores, el Peligro y la vulnerabilidad del contexto

A continuación se refiere los siguientes indicadores y componentes de los peligros, todos con representación espacial

**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 !!**

| <u>Indicadores</u>                                   | <u>Componentes</u>  |
|--|---|
| - Licuefacción de suelos (represent. espacial)       | { *Índice Plasticidad<br>*Humedad   |
| -Inundación (represent espacial)                     | { *Conf. Escorrentia  |
| - Asentamientos de suelos (represent. espacial)      | { *Mod. Deform. Suelos<br>*Resist. Compresión                                     |
| - Expansión de suelos (represent. espacial)          | { *Hinchamiento libre   |
| -Prop. Dinam de suelos y rocas (represent. espacial) | { *Factor amplificación<br>*Resistencia al esfuerzo cortante<br>*Frec. resonancia |
| - Corrosión de suelos (represent. espacial)          | { *Resistividad eléctrica   |
| - Erosión de suelos (represent. espacial)            | { *Factor K   |
| - Estabilidad talud                                  | { *Ángulo de Reposo   |
| - Frecuencia de huracanes                            |   |
| - Vulnerabilidad de acuíferos                        |   |

La vulnerabilidad del contexto es la suma de valores que expresan aspectos de exposición poblacional, económica y estratégica, ausencia de desarrollo, debilidades para absorber el impacto y falta de capacidad en la respuesta. Todos sus componentes y los indicadores tienen representación espacial

| <u>Indicador</u>     | <u>Componentes</u>   |
|----------------------|--|
| Exposición           | { *Población<br>*Dens. Población<br>*Área construida<br>*Área Industrial<br>*Área Institucional                    |
| Fragilidad Social    | { *Área Barrios Insalubres   |
| Falta de resiliencia | { *Camas hospitalarias<br>*Recursos Humanos en salud<br>*Espacio público (albergue)<br>*Operatividad en emergencia |

### CONCLUSIONES

En conclusión, los resultados de índices relativos aquí propuestos permiten caracterizar la amenaza, la vulnerabilidad y los riesgos en diferentes áreas de una ciudad, región o país. Esta técnica permite actualizar fácilmente el valor de las variables, lo que favorece la realización de análisis de sensibilidad y calibración y de la misma manera puede llevarse a cabo el seguimiento del escenario de riesgo y de la efectividad y eficacia de las medidas de prevención y mitigación.

Una vez representado espacialmente los resultados para cada una de las localidades, es sencillo identificar los aspectos más relevante del riesgo, siendo esto una de las mejores potencialidades que presentan la infraestructura de datos espaciales en el manejo de desastres.

La principal ventaja de la técnica descrita, es la posibilidad de desagregar los índices en descriptores, y esto a su vez en indicadores para identificar de esta manera, la razón por la cual una localidad presenta mayor riesgo que otra, priorizando las acciones de prevención y planificación, parámetros que en su gran mayoría tiene una representación espacial y presentan la posibilidad de compartir este tipo de información geográfica, ofreciendo la posibilidad de un servicio, con amplia conectividad, mejorando la calidad de la información geoespacial.



# TCP-MDT



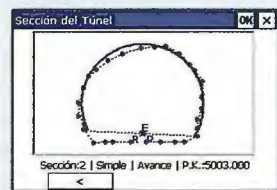
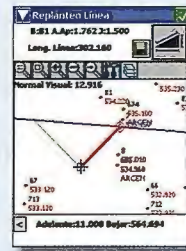
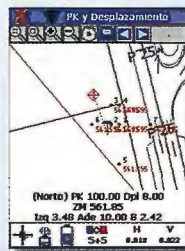
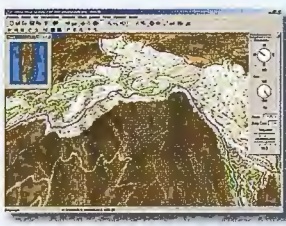
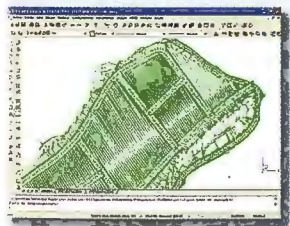
Modelo Digital del Terreno

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  
en 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)



# ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA EN CONDICIONES DE MONTAÑA MEDIANTE MÉTODOS DE ANÁLISIS ESPACIAL

Eduardo Garea Llano<sup>1</sup>, Francisco Soto Carreño<sup>2</sup>, Antonio Vantour Causse<sup>3</sup>

1. Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada, MINBAS Cuba

2. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, INCA. San José de Las Lajas, La Habana

3. Centro de Gerencia de Programas y Proyectos Priorizados, CITMA. Ciudad de La Habana, Cuba

XII Convencion y Expo. Internacional

## Resumen

En el trabajo se presenta una metodología para la obtención de zonificaciones agroecológicas de diferentes cultivos en las condiciones de montaña de Cuba, la metodología propuesta se basa 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. Como resultado se obtuvieron una serie de mapas que constituyen una herramienta de gran valor para el desarrollo de nuevos planes productivos de alimentos y la redistribución de los ya existentes de una forma más racional y en armonía con la naturaleza.

## I. Introducción

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta para la ayuda a la toma de decisiones en la agricultura ha tenido una amplia utilización en Cuba e Internacionalmente, muchas veces en forma de aplicaciones para el inventario de recursos agrícolas y otras como herramientas de análisis para la generación de nueva información. En esta última vertiente se inserta el trabajo que presentamos.

La combinación de métodos de análisis raster y vectorial ha constituido una herramienta eficaz para la generación de nueva información a partir de información espacial y alfanumérica integrada a un SIG (Van Westen, CJ.1993, 1996, 1997a, 1997b; Díez A., 2002; Romero J.A, 1989; Alafont LS, 2002; Castellanos E, 2002; García J, 2002).

Tomando en cuenta esta premisa y la introducción de nuevos métodos de análisis como el desarrollado por el autor para la determinación espacial de zonas de combinación de factores (Garea E, 2003 y 2004) y ante la necesidad de

conocer las potencialidades productivas de las regiones montañosas del país para la producción de diferentes renglones agrícolas en consonancia con los nuevos planes de desarrollo sustentable de estas regiones se llevo a cabo la presente investigación.

En la sección 2 de este trabajo se hace una breve descripción de los métodos de análisis empleados y las metodologías que los combinan a partir de los criterios aportados por los expertos para la zonificación agroecológica de los cultivos en estudio. En la sección 3 se presentan los principales resultados de la aplicación de los métodos propuestos y finalmente se realizan las conclusiones del trabajo desarrollado.

## 2. Métodos de análisis SIG empleados en la zonificación agroecológica

Berry,.(1987), ofrece una clasificación de las operaciones de análisis en los SIG de carácter operativo y que nos parece adecuada para el objetivo de esta investigación en la que se diferencian cuatro tipo de acciones:

- Reclasificación de los valores temáticos de un mapa
- Superposición de mapas
- Cálculo de distancias y de conectividad o camino más corto entre puntos.
- Filtrado de mapas.

De estas operaciones las que se ajustan al objetivo que se persigue nuestra investigación son las de reclasificación superposición y filtrado de mapas ya que la restante es una operación inherente fundamentalmente a análisis de distancias proximidad y mejoramiento de las características geométricas de los mapas.

### 2.1. Reclasificación de mapas.

Bosque, J (1992), ofrece una clasificación y descripción de las operaciones de análisis local con un solo mapa o reclasificación de mapas mediante análisis local

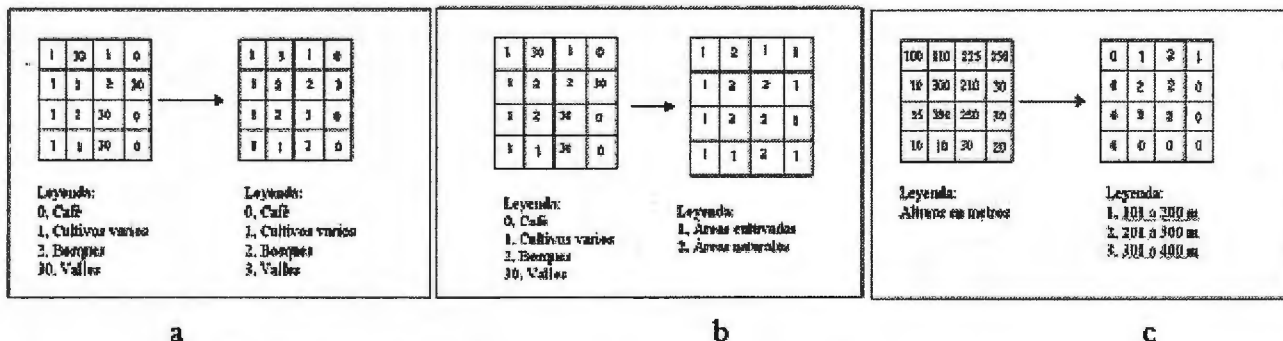


Figura 1 Operaciones de reclasificación de mapas, a) Reetiquetado de categorías (variables nominales), b) Agregación de categorías, c) División en intervalos de una variable continua.



- Reetiquetado de las categorías iniciales. (Fig 1.a)
- Agregación de las categorías iniciales en un menor número de valores. (Fig 11.b)
- Creación de intervalos en una variable continua. (Fig 1.c)
- Operaciones con una constante. Obtener las nuevas categorías en función de: 1) las categorías anteriores, 2) una constante y 3) una función matemática o lógica (Ejemplo: Sumar una cantidad a todos los píxeles de un mapa raster).
- Operaciones trigonométricas: Se genera un nuevo mapa en el cual el valor de cada píxel se obtiene aplicando una operación trigonométrica (seno, coseno, tangente, etc.) al valor temático de ese mismo elemento base en el mapa fuente.

A estas operaciones pueden ser agregadas las de clasificación multivariada píxel a píxel que son aplicadas para la clasificación supervisada y no supervisada de imágenes y en la práctica están relacionadas con la obtención de un mapa temático a partir de la conversión de los tonos continuos de una imagen, mediante un proceso que categoriza los píxeles en tipos de cobertura o temas, a través de técnicas estadísticas como las de Máxima Verosimilitud, Paralelepípedo, Mínima Distancia a la Media, regla del Vecino más Cercano, McQueen, ISODATA, K medias, etc; o de la utilización de redes neuronales artificiales con modelos como los de, Propagación hacia Atrás (Backpropagation) y LVQ (Learning Vector Quantization) para la variante supervisada y el Mapa Auto Organizativo de Kohonen y el ART2 para la no supervisada (García, E.1997; Gil, J.L. 2000).

## 2.2. Superposición de mapas píxel a píxel:

Burrough, P.A, Ráchael A y Mc. Donnell, 1998, al referirse a los métodos de superposición de mapas píxel a píxel expresan que en este caso se considera el mismo píxel que se encuentra en la misma posición (tienen la misma fila y la misma columna).

Esto genera un conjunto de valores temáticos sobre los

cuales se puede realizar una serie de operaciones cada una de las cuales genera el valor característico en ese píxel, en esa posición del mapa de salida.

Igualmente, se pueden llevar a cabo operaciones lógicas a partir de variables booleanas. Se usan los operadores lógico AND, OR, NOT, XOR, para en función de los valores de las variables iniciales, calcular el valor que le corresponde a la nueva variable temática.

Por otra parte es posible la denominada “álgebra de mapas” (Berry, 1987), en la cual se define una ecuación algebraica que relaciona una nueva variable temática (definida en el recién creado mapa de salida) en función de las variables temáticas de los mapas fuente.

Los métodos de reclasificación y superposición de mapas son ampliamente utilizados en la actualidad en diferentes aplicaciones SIG, estos son combinados entre si para llegar al objetivo propuesto en los análisis

## 2.3. Método Suma combinación y descomposición de identificadores (SCDD)

El método (Garea, 2003) se basa en la asignación de un valor numérico a cada factor. Por la expresión:

$$K_n = 2^{n-1} \quad (1)$$

donde n- número de orden de la categoría,  $K_n$ - valor del identificador de la categoría con número de orden n.

El resultado de la aplicación del método será un nuevo mapa, producto de la superposición de todos los mapas de factores (reclasificados por un identificador único).

Este mapa resultante representará espacialmente zonas de combinación de factores a través del valor de los píxeles de salida, que como resultado de la operación efectuada, tendrán el valor de la suma de los identificadores en cada mapa de factor.

En la figura 2 se muestra el esquema metodológico básico en el que se basa el método presentado por Garea, 2003.

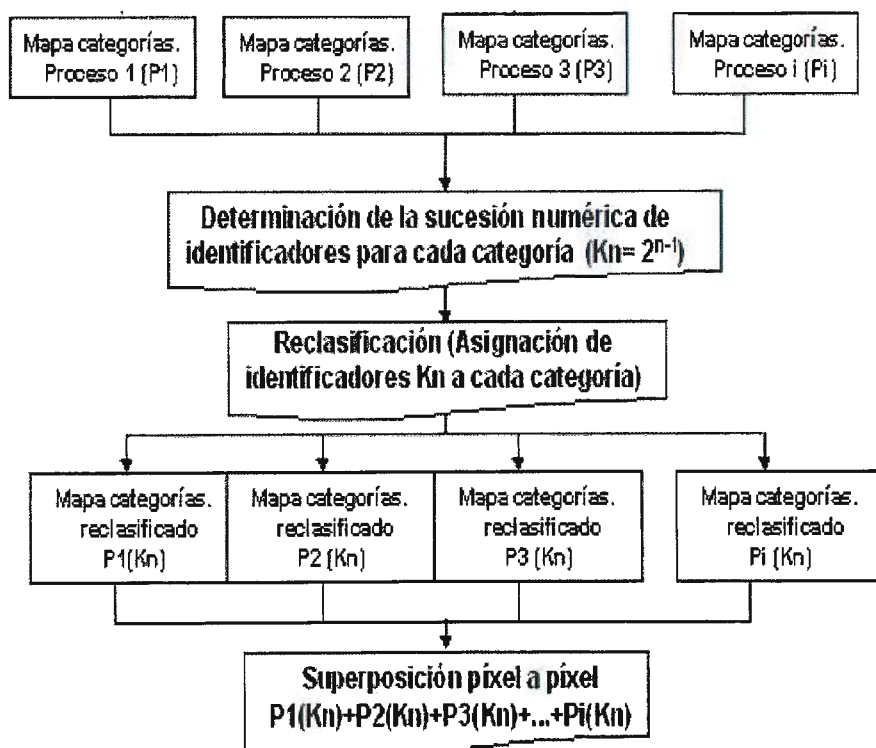


Figura 2. Esquema básico del método Suma combinación y descomposición de identificadores

Tabla 1. Criterios para la zonificación agroecológica de cultivos en condiciones de montaña

| Criterio  |   |                        |                                |   | Clasificación agroecológica |
|---|---|------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------|
| Agrupamientos de suelos   | Profundidad efectiva  | Altura del terreno (m) | Precipitación media anual (mm) | Temperatura media anual (C <sup>0</sup> ) |                             |
| <b>Cultivo del Cafeto</b>   |   |                        |                                |   |                             |
| Alítico, Ferralítico, fluvisol, Pardo   | Profundo y Muy profundo                                       | >400                   | >1600                          | < 16                                      | Optima                      |
|   |   | 200-400                | 1400-1600                      | 16-24                                     | Medianamente optima         |
|   |   |                        | 1200-1400                      | >24                                       | Aceptable                   |
| <b>Frutales</b>   |   |                        |                                |   |                             |
| Alítico, Ferralítico, Fersialítico, Pardo, Fluvisol   | Profundo y Muy profundo                                       | <200                   | >1200                          | >24                                       | Optima                      |
|   |   | 200-400                | >1200                          | >16                                       | Medianamente optima         |
|   | Profundo, Muy profundo y medianamente profundo                | < 1200                 | >16                            | Aceptable                                 |                             |
| <b>Forestales</b>   |   |                        |                                |   |                             |
| Alítico, Ferrítico, Ferralítico, Ferrálico, Fersialítico Pardo, Fluvisol, Poco Evolucionado | Profundo, Muy profundo y medianamente profundo                | 200-600                | >1200                          | 16-24                                     | Optima                      |
|   | Profundo, muy profundo, medianamente profundo y poco profundo |                        |                                |   | Medianamente optima         |
| <b>Cultivos varios</b>  |   |                        |                                |   |                             |
| Alítico, Ferrítico, Ferralítico, Ferrálico, Fersialítico Pardo, Fluvisol,                   | Profundo, Muy profundo  | < 400                  | 1000- 1200                     | 24-26                                     | Optima                      |
|   | Profundo, Muy profundo y medianamente profundo                |                        |                                |   | Medianamente optima         |

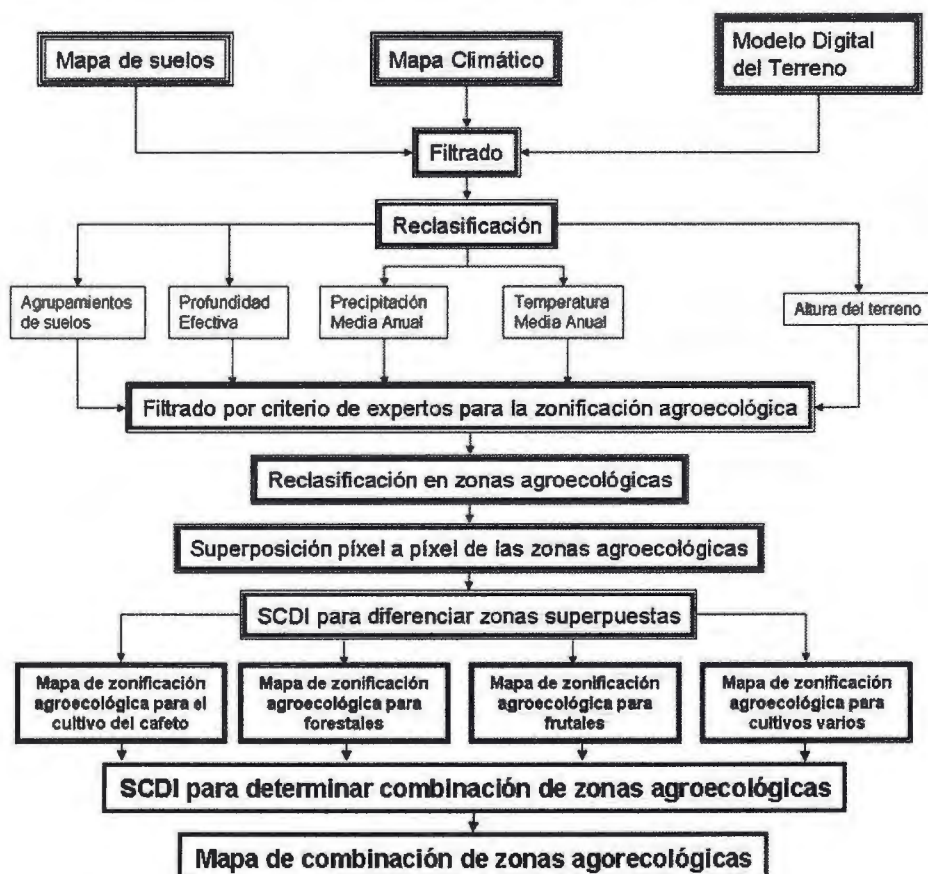


Figura 3. Esquema metodológico general para la zonificación agroecológica de cultivos en condiciones de montaña utilizando combinación de técnicas de análisis espacial en un SIG analítico



## 2.4. Metodología de análisis para la zonificación agroecológica

La zonificación agroecológica se realizó sobre la base de los criterios aportados por los especialistas agrícolas y tomando en cuenta las condiciones naturales de las regiones montañosas así como las condiciones de los cultivos analizados, la zonificación se realizó para cuatro tipos de cultivos: café, frutales, forestales y cultivos varios, una descripción más detallada sobre los fundamentos de estos criterios puede ser vista en, INCA, 2001.

Los criterios y las clasificaciones de las zonas agroecológicas se ofrecen a continuación:

Para la obtención de la zonificación agroecológica se diseñó una metodología general de análisis que combina la información de las temáticas involucradas integradas en un SIG analítico y la ejecución de las operaciones de análisis espacial descritas, el esquema metodológico general se presenta en la figura 3

## 3. Resultados de la aplicación de los métodos propuestos

La aplicación de la metodología propuesta se realizó en varios macizos montañosos del país entre los que se encuentran Nipe-Sagua Baracoa en el extremo oriental y Guaniguanico en la región occidental (figura 4). La información espacial y alfanumérica primaria fue integrada en el SIG ArcView v 3.2 que integra potentes herramientas de análisis espacial y que permite la realización de las combinaciones propuestas y la programación del método SCDI.

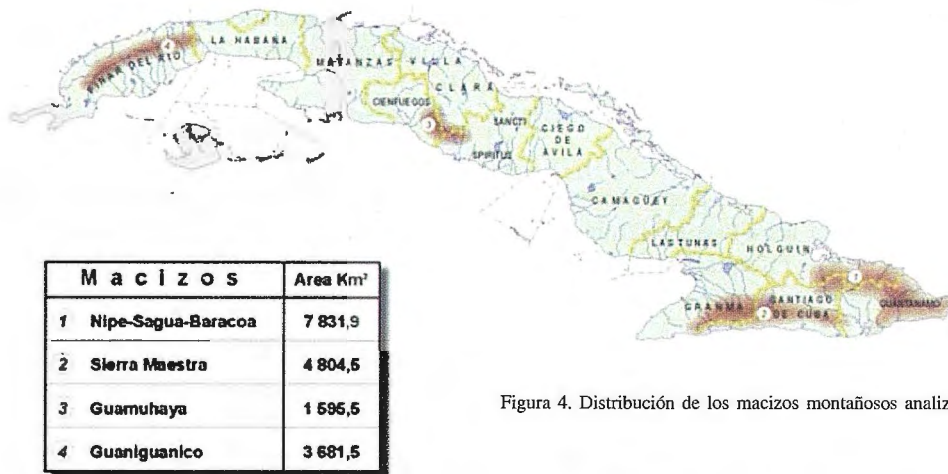


Figura 4. Distribución de los macizos montañosos analizados.

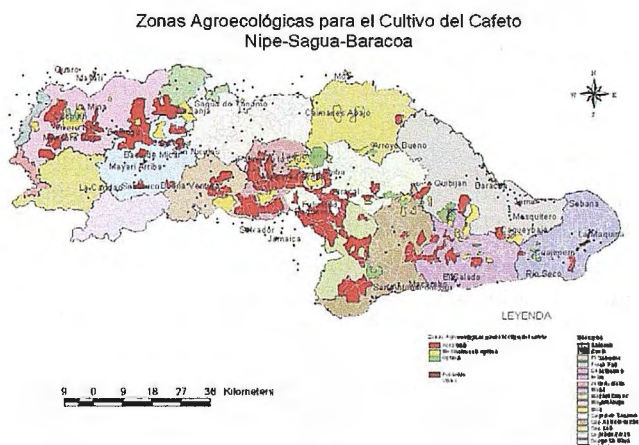


Figura 5. Resultado de la aplicación de la combinación de métodos de análisis en la zonificación agroecológica para el cultivo del café

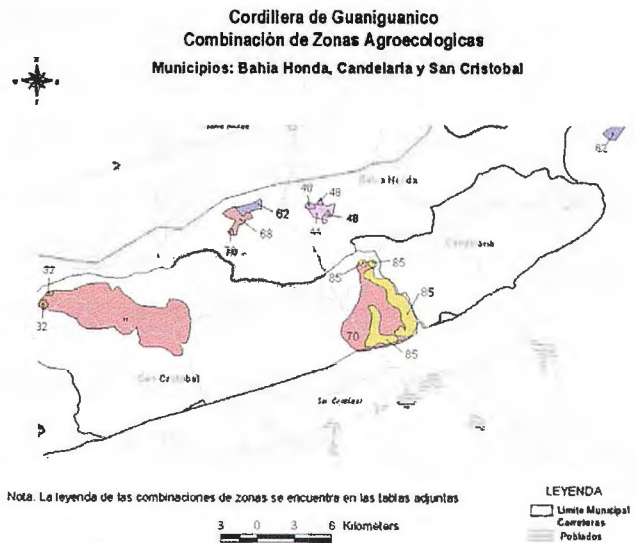


Figura 6. Resultado de la aplicación de la combinación de métodos de análisis en la zonificación agroecológica para la producción de forestales

En el caso de los macizos montañosos Nipe Sagua- Baracoa, Guamuhaia y Sierra Maestra solo se realizó la zonificación agroecológica del cultivo del café. Para el macizo Guaniguanico se realizaron las zonificaciones del café, forestales, frutales y cultivos varios.

Como resultado se obtuvieron los mapas de zonificación agroecológica para los cultivos analizados en los macizos montañosos mencionados y la cuantificación del total de áreas potenciales por cultivo.

En las figuras 5 y 6 se presentan algunos ejemplos de los mapas de zonificación obtenidos como resultado de los análisis espaciales realizados.

Como resultado final para el macizo montañoso Guaniguanico se obtuvo el mapa de combinación de zonas agroecológicas que ofrece la información de la categoría agroecológica para cada cultivo evaluado en las zonas agroecológicas determinadas, un ejemplo se muestra en la figura 7.y la tabla 2.

## 4. Conclusiones y Trabajos Futuros

Se continuará perfeccionando la metodología propuesta para la integración de nuevos elementos a tener en cuenta en la determinación de las zonas agroecológicas.

Se trabajara en la obtención de los mapas de zonificación agroecológica para las producciones de forestales, frutales y cultivos varios en las restantes regiones montañosas del país

| No | Color | Café   |            |           | Frutales |            |           | Cultivos varios |            |           | Forestales |            |           |
|----|-------|--------|------------|-----------|----------|------------|-----------|-----------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|
|    |       | Optima | Med optima | Aceptable | Optima   | Med optima | Aceptable | Optima          | Med optima | Aceptable | Optima     | Med optima | Aceptable |
| 1  |       | X      |            |           |          |            |           |                 |            |           |            |            |           |
| 2  |       |        | X          |           |          |            |           |                 |            |           |            |            |           |
| 3  |       |        |            | X         |          |            |           |                 |            |           |            |            |           |
| 4  |       |        |            |           | X        |            |           |                 |            |           |            |            |           |
| 5  |       | X      |            |           | X        |            |           |                 |            |           |            |            |           |
| 6  |       |        | X          |           | X        |            |           |                 |            |           |            |            |           |
| 7  |       |        | X          |           |          | X          |           |                 |            |           |            |            |           |
| 8  |       |        |            | X         |          | X          |           |                 |            |           |            |            |           |
| 9  |       |        |            | X         |          |            |           |                 |            |           |            |            |           |
| 10 |       |        | X          |           |          |            | X         |                 |            |           |            |            |           |
| 11 |       |        |            | X         |          |            | X         |                 |            |           |            |            |           |
| 12 |       |        |            |           |          |            |           | X               |            |           |            |            |           |
| 13 |       |        |            | X         |          |            |           | X               |            |           |            |            |           |

Tabla 2. Ejemplo de la tabla leyenda del mapa de combinación de zonas agroecológicas

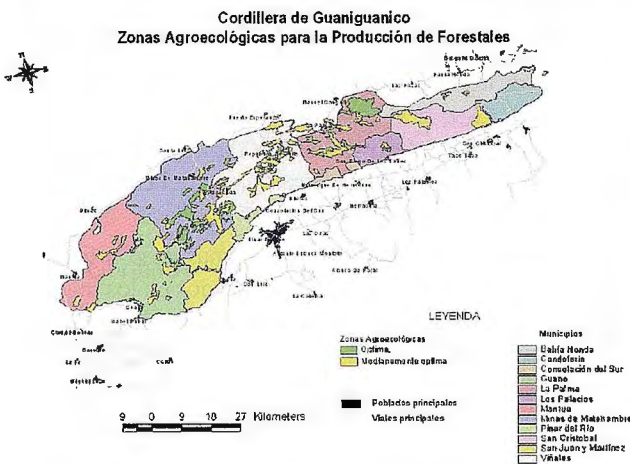


Figura 7. Resultado de la aplicación de la metodología propuesta para la determinación de la combinación de zonas agroecológicas

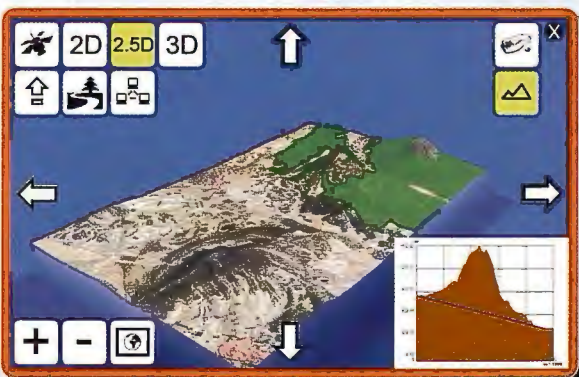
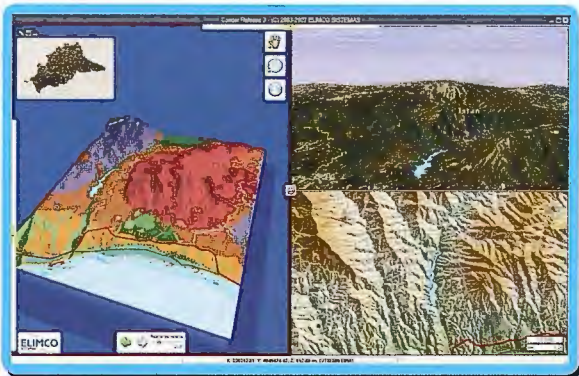
## Referencias

- Alafont, L.S. (2002): "Elaboración de una mapa de riesgo medioambiental combinado para las aguas subterráneas mediante SIG" en "Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión de los riesgos geológicos y el medio ambiente", Madrid 2002, 288pp.
- Berry, J.K. (1987): "A mathematical structure for analysing maps", Environmental management, vol 11, núm 3, pág 23-29.
- Bosque, J. (1992): "Sistemas de Información Geográfica". Ediciones Rialp sa, Madrid, 1992
- Burrugh, P.A. y Rachael McDonnell (1998): "Principles of Geographic Information Systems". Oxford, University Press
- Castellanos, E. (2002). "GIS for Natural Disaster Management", Publicación Electrónica, GEOMATICA' 2002. Ciudad de La Habana, 2002.
- Diez, A. (2002): "Aplicaciones de los SIG al análisis del riesgo de inundaciones fluviales", en "Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión de los riesgos geológicos y el medio ambiente". Madrid 2002, 288pp.
- García, E. (1997): "Aplicación de las redes neuronales artificiales en la clasificación de imágenes multiespectrales de teledetección". Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Ciudad de La Habana. Pág 13-15.
- García, J. (2002): "Sistema de Información Geográfica para el manejo y evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Santiago de Cuba", Publicación Electrónica, GEOMATICA' 2002. Ciudad de La Habana, 2002.
- Garea, E. (2003). "Métodos para el Manejo de la Información de Suelos en las Regiones Montañosas de Cuba mediante Técnicas Digitales". Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Técnico Militar, 2003
- Garea, E. (2004). "Un Nuevo método para la determinación espacial de procesos degradativos en los suelos". Proceedings of International Workshop. IV Congreso Internacional de Geomática 2004. CD, ISBN 959-237-117-2. (2004).
- Gil, J. L., M.B. Vega, E. García, R. Sánchez, L. Jiménez, et. al. (2000): "Software Tn Estudio V2.0: Integration of digital image processing tools with pattern recognition to support the remote sensing studies". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXIII, Part B2, pp. 213-219, Amsterdam 2000.
- INCA, 2001. "Zonificación agroecológica del cafeto en los macizos montañosos Sagua-Nipe-Baracoa, Sierra Maestra y Guamuhaya". Informe de Proyecto.
- Romero, J.A., Florez, A. y Sanchez, H.A. (1989): "Inventario inicial de riesgos Naturales en Colombia". Análisis Geográficos No. 16. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia.
- Van Westen, C.J. (1993): "Remote sensing and geographic information systems for geologic hazard mitigation". ITC Journal 1993-4.
- Van Westen, C.J. (1996): "Cartographic modelling of erosion in pyroclastic flow deposits of Mount Pinatubo, Philippines". ITC Journal 1996-2: 110-124
- Van Westen, C.J. (1997a): "Hazard, vulnerability and risk analysis. ILWIS for Windows, Applications Guide", ILWIS Department, ITC, Holanda, 1997.
- Van Westen, C.J. (1997b): "Tools for map analysis applied to the selection of a waste disposal site". ILWIS for Windows, Applications Guide, ILWIS Department, ITC, Holanda, 1997.



# CONDOR

**La suite cartográfica que  
añade valor a su negocio**



**Análisis del territorio  
Medio Ambiente  
Divulgación turística  
Servidores de cartografía  
Geoportales  
Gestión de efectivos de emergencia  
Entornos virtuales  
Geomárketing**

**CARTOGRAFÍA - SIG - ADMINISTRACIÓN - SISTEMAS DE CONTROL - AERONÁUTICA - SIMULACIÓN**

# AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN LA CAÑA DE AZÚCAR

Esquivel <sup>1/</sup>, M., B. Hernández <sup>1/</sup>, F. Fernández <sup>1/</sup>, S. Marrero <sup>1/</sup>, E. Ponce <sup>1/</sup>, L. Quintana <sup>1/</sup>, L. González <sup>2/</sup>, A. Mayet <sup>3/</sup>, R. Muñoz <sup>3/</sup> y J. García <sup>3/</sup>.

<sup>1/</sup> CENPALAB, La Habana, Cuba.

<sup>2/</sup> CIME, CUJAE, Ciudad Habana, Cuba

<sup>3/</sup> GEOCUBA, Ciudad Habana, Cuba

XII Convencion y Expo. Internacional

## Resumen

La Agricultura de Precisión (AP) abarca un grupo de tecnologías que permiten el manejo automatizado del sitio específico. Entre ellas se encuentran los sistemas de posicionamiento por satélite (GPS), la percepción remota y los sistemas de información geográfica (SIG), entre otros. Esto posibilita que se pueda optimizar el manejo agrotécnico del cultivo, en dependencia del potencial productivo de cada área, que en la práctica puede variar en un entorno reducido de varios metros. La caña de azúcar es un cultivo donde la AP tiene grandes oportunidades, pues para lograr producciones significativas, es necesario incurrir en elevados costos de insumos agroquímicos y mecanización. Entre los principales productos de la AP se encuentran la gestión de equipos agrícolas, el monitoreo de rendimiento y la aplicación variable de insumos agrícolas. El CENPALAB, en colaboración con la CUJAE y GEOCUBA, ha venido desarrollando tecnologías de AP para la caña de azúcar, las cuales se han comercializado a través de su empresa Tech-Agro en el exterior. El presente trabajo describe resultados recientes de la evaluación de tecnologías de AP en la caña de azúcar en Cuba, Brasil y Australia, así como otros nuevos proyectos en desarrollo.

## La Agricultura de Precisión (AP)

Son muchas las definiciones que existen en la actualidad de Agricultura de Precisión (AP). McBratney et al. (2005) han hecho una revisión de las tendencias actuales de la AP, en la cual cita como uno de los conceptos más generales "aquel tipo de agricultura que incrementa el número de decisiones correctas por unidad de área de suelo y de tiempo con beneficios netos asociados". Esta definición va más allá de la simple resolución espacial, refinando las decisiones tanto en espacio como en tiempo. Los beneficios netos asociados se refieren a incrementos en la cantidad o calidad de las producciones y/o el ambiente con igual o menor cantidad de insumos. A pesar de que esta definición ofrece un amplio margen, los autores consideran que la verdadera aplicación práctica de la AP realmente permanece vinculada con la agricultura de alta tecnología. La AP abarca un grupo de tecnologías que permiten, entre otras posibilidades, el manejo automatizado del sitio específico. Entre ellas se encuentran los sistemas de posicionamiento por satélite (GPS), la percepción remota y los sistemas de información geográfica (SIG), entre otros. Esto posibilita que se pueda optimizar el manejo agrotécnico del cultivo, en dependencia del potencial productivo de cada área, que en la práctica puede variar en un entorno reducido de varios metros.

La AP fue inicialmente desarrollada para el cultivo de los granos, teniendo su mayor grado de adopción en el cinturón maicero de los Estados Unidos, Europa, entre otros

países desarrollados. Entre los principales productos de la AP se encuentran la gestión de equipos agrícolas, el monitoreo de rendimiento y la aplicación variable de insumos agrícolas.

## La AP en la Caña de Azúcar

La caña de azúcar es un cultivo donde la AP tiene grandes oportunidades, pues para lograr producciones significativas, es necesario incurrir en elevados costos de insumos agroquímicos y mecanización.

Como se ha mencionado con anterioridad, la mayor cantidad de productos para la AP han sido desarrollados para cultivos de granos, no siendo posible para la mayoría de ellos adaptarse al cultivo de la caña de azúcar.

Australia ha sido el país pionero en el desarrollo de productos de la AP para este cultivo. Desde mediados de la década de los años 90 se evaluó las posibilidades que podía ofrecer la AP para la industria azucarera australiana (Bramley et al., 1997; Cox, 1997; Quabba, 1997; Roth y Bramley, 1997). Entre los aspectos analizados estuvo el manejo más preciso de insumos agrícolas (Wood et al., 1997); el mapeo de rendimiento como factor limitante para la introducción de la AP en la industria azucarera (Harris y Cox, 1997); el uso y requerimientos de la tecnología GPS en la AP (Kiernan y Nolan, 1997); el control de dosis variable en la industria azucarera (Williams, 1997); entre otras.

A pesar de estos esfuerzos, la mayoría de estos estudios han quedado a nivel de prototipos, como ha ocurrido por ejemplo con el monitor de rendimiento (Cox et al., 1999), impidiendo que el nivel de adopción se extienda como en el cultivo de los granos. No obstante, a partir de la edición y adopción de buenas prácticas tanto para la producción de caña (Pace et al., 2005), como para su cosecha (Sandell y Agnew, 2002), la AP ofrece las tecnologías necesarias para asegurar el cumplimiento de las mismas.

Recientemente en otros países como Colombia (Erickson, 2006) y Brasil (Menegatti et al., 2006), se comienza a valorar la importancia de la aplicación de las tecnologías de la agricultura de precisión para la producción cañera.

Cuba ha tenido una larga tradición en la adopción de tecnologías de avanzada para el cultivo de la caña de azúcar. Baste decir que desde 1929 se introdujo en Cuba la primera cosechadora troceadora mecánica de caña producida de forma masiva en el mundo. Fue una cosechadora Falkiner, desarrollada por el australiano R.S Falkiner, quien desde 1927 comenzó sus actividades en Cuba con la empresa norteamericana Punta Alegre Sugar Co. (Kerr y Blyth, 1993).



Desde 1999 se iniciaron en Cuba los estudios de AP en la caña de azúcar. Los mismos surgieron en el marco del Proyecto Reloj, en el CAI Fernando de Dios en la provincia de Holguín (Esquivel et al., 2003a). A partir de este proyecto se comenzó el desarrollo de sistemas de agricultura de precisión para la caña de azúcar (Fernández et al., 2005) y los frutales (Esquivel et al., 2005).

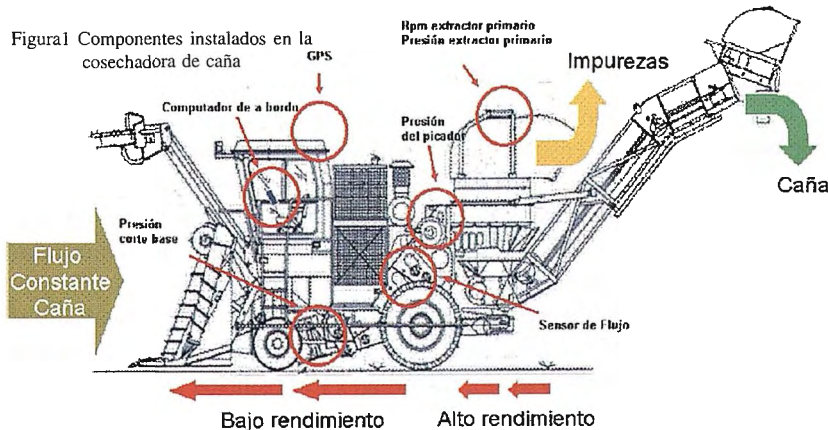
Los primeros resultados estuvieron relacionados con la automatización de la altura de corte base y la velocidad de traslación en la cosechadora de caña (Hernández et al., 2000). Posteriormente se desarrolló el monitor de rendimiento y se produjo el primer mapa de rendimiento de manera automática en Cuba (Hernández et al., 2003 a,b). También se adaptaron las fertilizadoras existentes para la aplicación de dosis variable (Ponce et al., 2003), realizándose estudios para el censado automático de las propiedades agroquímicas del suelo (Esquivel et al., 2003b) y las afectaciones por plagas y enfermedades (Esquivel et al., 2003c). Se trabajó también en el diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica para el soporte de las aplicaciones de la agricultura de precisión (Álvarez, 2003). A partir de año 2001 se creó la empresa Tech-Agro, con vistas a exportar estos resultados al exterior, comenzando en Brasil. En colaboración con la CUJAE y GEOCUBA, se continuó el desarrollo de nuevas tecnologías de AP para la caña de azúcar, entre las que se han encontrado un computador de a bordo y su software para la gestión de equipamiento agrícola (Fernández et al., 2005).

Luego de validar y generalizar los resultados anteriormente descritos en Brasil, se desarrollaron posteriormente actividades en Australia.

Resultados de la Evaluación de Productos de la AP en la Caña de Azúcar en Cuba, Brasil y Australia

El desarrollo de las tecnologías de la AP para la caña de azúcar en Cuba ha partido de varios principios, entre ellos:

1. Considerar la cosecha de la caña de azúcar integralmente, desde la cosechadora, trasbordos, hasta el central
2. Valorar la cosechadora de caña como un sistema integrado, en el cual se identifican los principales puntos críticos del proceso de corte, troceado y limpieza de caña. Esta valoración integral tiene implicaciones económicas y de optimización del proceso de automatización
3. Automatizar en la mayor medida todos los procesos asociados con la cosecha integral de la caña, de forma tal que se minimicen aquellos aspectos de decidir por el operador



La Figura 1 muestra los diferentes componentes instalados en una cosechadora de caña, los cuáles todos se encuentran conectados con el computador de a bordo central, el cual analiza simultáneamente el desempeño de la cosechadora y toma las decisiones respecto al control de los diferentes procesos.

A continuación mostramos los principales resultados de la evaluación de los productos desarrollados en Cuba para la AP de la caña de azúcar, en Cuba, Brasil y Australia.

• Gestión de Equipos Agrícolas

La utilización de maquinaria e implementos para las diferentes labores agrícolas se convierte en uno de los principales componentes del costo de producción. En esto no solo influye la elevada inversión inicial, sino también los crecientes costos de combustibles y mantenimiento.

El control y gestión de la maquinaria agrícola no solo se justifica por los elevados costos de inversión y operación, sino que es necesario garantizar una adecuada explotación de la misma, para minimizar los aspectos negativos asociados a la compactación, entre otras. Esto último cada vez toma más relevancia y se comienza a conocer como "tráfico controlado".

Con vistas a facilitar una mejor gestión y control de la maquinaria agrícola se desarrolló un computador de a bordo y su software a la medida.

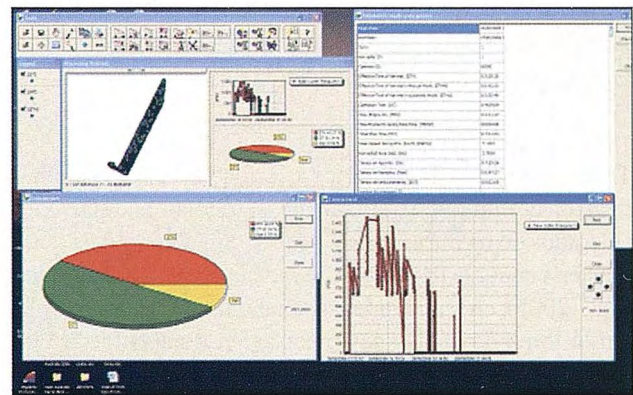


Figura 2 Pantalla del software de gestión de equipos agrícolas

El mismo permite conocer las operaciones de equipos e implementos agrícolas y posibilita censar el funcionamiento de partes y agregados de los equipos agrícolas. Está integrado por una unidad de procesamiento central con microprocesador PIC. Incluye un sistema de posicionamiento por satélites GPS de 12 canales. Posee un módulo de lectura/escritura en tarjeta Compact Flash. Opcionalmente puede acoplarse a un sistema de comunicación inalámbrico.

La Figura 2 nos muestra una pantalla del software de gestión de equipos agrícolas, en este caso para una cosechadora de caña. Los reportes pueden ser configurados por fecha, operador o área. Las salidas del software pueden obtenerse en forma de mapas, diferentes tipos de gráficos o tablas de datos.

Este producto ha sido evaluado en Brasil y en Australia en diferentes áreas del estado de Queensland. La empresa

CSR en el distrito de Burdekin, Mackay Sugar en el distrito del mismo nombre y Tully al Norte de Queensland, han mostrado su interés en poder utilizar el computador de a bordo para el control de las cosechadoras de caña, en sustitución o complemento de sistemas actualmente en uso.

Particularmente en la cosecha de caña, la utilización de este producto posibilita lograr una mejor organización y eficiencia, pues en algunas regiones como el distrito de Burdekin en Queensland, los costos asociados a la cosecha pueden llegar hasta el 33% de los costos totales de producción de caña (Haigh, com. per.).

Powell et al. (2001) demostraron la importancia de analizar los datos del comportamiento de la cosecha y tiro de caña, con vista a adoptar buenas prácticas de cosecha, que permitan incrementar la eficiencia y reducir los costos. En el trabajo desarrollado en la zona de Tully, se encontró que prácticamente cada bloque y campo tenían características únicas que influenciaban la eficiencia de la cosechadora.

Crossley y Dines (2004) demostraron la factibilidad de utilizar los sistemas de seguimiento de cosechadoras por GPS para registrar de manera automatizada datos espaciales de la cosecha de caña, lo cual posteriormente se ha evaluado con mayor profundidad en los distritos de Burdekin (McDonald et al., 2006) y Mackay (Fleming et al., 2006).

En la actualidad el CENPALAB y el CIME de la CUJAE desarrollan un nuevo computador de a bordo que incluye pantalla sensible al tacto y kit de comunicaciones inalámbricas, entre otras ventajas adicionales.

- Automatización de la cosechadora de caña

Tradicionalmente los aspectos relacionados con la automatización de equipos e implementos agrícolas, han sido considerados de forma separada a la AP. Sin embargo, si tenemos en cuenta la definición de AP citada por MacBratney et al. (2005), en realidad los sistemas automatizados permiten la toma de decisiones precisas en tiempo y espacio, con un alto nivel de repetibilidad y fiabilidad, brindando beneficios netos palpables.

La automatización de la altura de corte base ha sido un tema profundamente investigado, por su impacto en las pérdidas durante la cosecha, así como en la calidad de los retoños en los cultivos subsiguientes. Varios han sido los intentos de desarrollar un sistema automatizado que regule la altura del corte base (Searcy y Coble, 1985; Wright y Simoneaux, 1998; Page y Wood, 2000; Neves et al., 2001; Manechini et al., 2005), pero la dificultad de medir de manera efectiva la altura entre los discos de corte y el microrelieve extremadamente variable de los surcos de caña han hecho que los resultados de estos productos queden a nivel de prototipo o que no funcionen en diferentes condiciones de suelo y cultivos.

Entre los primeros trabajos de automatización de maquinaria agrícola en Cuba se encontraron la automatización de la altura de corte base y la velocidad de traslación de una cosechadora de caña KTP-3S Hernández et al. (2000). Una vez validados estos resultados en Cuba, fueron llevados a Brasil, instalándose inicialmente en una cosechadora CASE III, y posteriormente probados en otros modelos de cosechadoras CASE, CAMECO y posteriormente la SANTAL TANDEM.

Recientemente la automatización de la altura de corte base fue evaluada en una cosechadora CAMECO 2500 de esteras en el distrito de Herbert, CAMECO 3510 de gomas en Burdekin y CAMECO 3510 de esteras en Mackay. Las pruebas se desarrollaron en un amplio rango de condiciones de campo, que incluyeron caña planta y retoños verdes en suelos húmedos con topografía variable en el distrito de Herbert; cañas quemadas en suelos arcillosos pesados bajo riego por aniego en el distrito de Burdekin; y caña verde en suelos arenosos ligeros de secano en el distrito de Mackay (Figura 3).



Figura 3 Campo cosechado con sistema automático de control de altura de corte base

En todos los casos el sistema automatizado de corte base funcionó correctamente copiando la superficie del terreno, lo cual según la apreciación de expertos y evaluadores redujo la afectación en las cepas, incremento la vida útil de las cuchillas de corte y disminuyó las impurezas en la caña cosechada.

- Monitor de Rendimiento

El monitor de rendimiento tiene dos grandes áreas de aplicación, en primer lugar permite medir el flujo de caña que es cosechado en cada instante, factor determinante para la automatización de la cosechadora de caña, y en segundo lugar permite realizar el mapeo del rendimiento.

El mapa de rendimiento es el punto de partida para el resto de las aplicaciones de la AP, pues permite conocer la variabilidad espacial del rendimiento agrícola y en lo adelante manejar el campo de forma diferencial. Además de trabajos generales anteriormente mencionados, han existido numerosos intentos de desarrollar un monitor de rendimiento para la caña de azúcar cosechada mecánicamente (Pierossi y Hassuani, 1997; Benjamín y Mailander, 2000; Pagnano y Magalhaes, 2000, 2001; Wendte, 2001; Benjamín et al., 2001, 2002; Molin y Menegatti, 2001), e incluso en corte manual (Molin et al., 2004).

El monitor de rendimiento está integrado por un conjunto de sensores que miden la productividad agrícola, y un sistema GPS que georeferencia cada medición. A diferencia de los granos, donde prácticamente un sensor de flujo permite estimar con bastante precisión el rendimiento agrícola, en la caña de azúcar han existido varias aproximaciones de medir el rendimiento, que van desde la fuerza en el elevador y el picador (Cox et al., 1996), células de carga en el transportador (Domingos y Magalhaes, 2005) o diferencias de presión en el picador (Markley, com. pers.).





PARQUES Y JARDINES

SIGAT - GESTION

CATASTRAL

SIGURB - GESTION

PATRIMONIO

SISTEBO - GESTION

GESTION DE PORTALES WEB

ENCUESTA DE

URBANISTICA

E-LEARNING

GESTION DE REDES

INFRAESTRUCTURAS

INDICADOR URBANIDAD

COMPARATIVA

# la solución más sencilla



Sadim

grupohunosa

Sadim Sociedad Asturiana de Diversificación Minera S.A.

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

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



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



En el caso del monitor de rendimiento desarrollado por el CENPALAB y comercializado actualmente por TechAgro, la estimación del rendimiento se hace por un algoritmo que tiene en cuenta la presión del corte base, el flujo a través del transportador, la presión del picador y la presión del extractor primario (Hernández et al., 2005). Se realizan varias lecturas por segundo, las cuales se promedian y se registran cada un segundo, conjuntamente con los datos del GPS (Figura 1).

Un aspecto esencial de un monitor de rendimiento es la fiabilidad de la estimación que se hace del mismo. Una vez instalado el monitor de rendimiento, es necesario realizar la calibración de los sensores. Para ello se correlaciona el área exacta del campo con que se llena cada unidad mínima de transporte (trasbordo o bin), con el peso resultante que regresa del central. Posteriormente se integran los resultados de la medición de los sensores con el peso real obtenido, calculándose un factor de corrección que permite convertir el rendimiento estimado por el algoritmo en peso real de caña.

La Figura 4 muestra el gráfico resultante del análisis de regresión entre el rendimiento estimado por nuestro monitor y el peso real de los bins procedente del central. En el mismo se observa un alto coeficiente de regresión (0.91), que demuestra la elevada correspondencia entre los valores estimados y los reales.

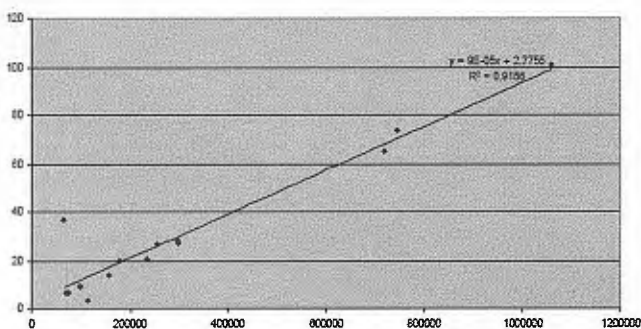


Figura 4 Análisis de regresión entre rendimiento estimado y rendimiento real de varios campos de caña en Australia

Por su parte en la Figura 5 se muestra el gráfico del análisis de correlación realizado entre peso estimado y el real obtenido en un total de 42 bins de 5 t medidos. Los casos en que los valores son superiores al promedio de 5 t se refiere a que fue estimado el peso de 2 bins consecutivos.

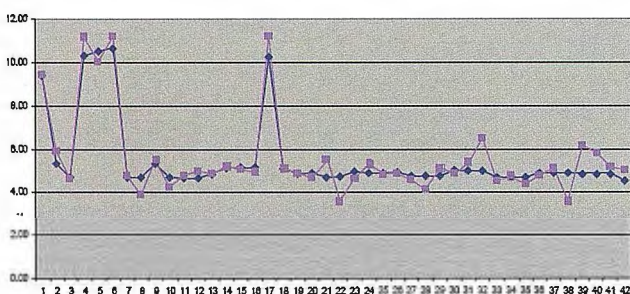


Figura 5 Análisis de correlación entre peso estimado de los bins y el real obtenido del central al pesar los mismos

En la Tabla 1 se muestra la relación entre el peso total de caña estimado y el real obtenido para los bins anteriormente mencionados, existiendo una diferencia de solamente 3.66 t, que representa un error de 1,58 %.

El monitor de rendimiento entrega finalmente un fichero texto con formato x,y,z, donde x = Longitud, y = Latitud y z

= Rendimiento. Con estos datos se realiza la interpolación de los datos análisis geoestadístico y posteriormente se realiza el mapa de rendimiento.

| Real (t) | Estimado (t) | Diferencia | % error |
|----------|--------------|------------|---------|
| 231.05   | 234.71       | -3.66      | -1.58   |

La Figura 6 muestra el primer mapa de rendimiento georeferenciado realizado de forma automatizada, en campos de una UBPC del CAI Fernando de Dios en Holguín. El mismo fue hecho con un monitor de rendimiento instalado en una cosechadora KTP-2M. Se utilizó como soporte cartográfico un fotomapa elaborado a partir de fotos aéreas, lo cual permitió comprobar la precisión de monitor de rendimiento (Interián y Álvarez, 2004, 2005).

Este mapa permitió corroborar los resultados alcanzados por Cabrera et al. (2000), al realizar una mapa de rendimiento de forma manual, observándose grandes variaciones de rendimiento en los campos, que en este caso oscilaron en áreas desde menos de 9 t/ha, hasta más de 85 t/ha. Otro aspecto importante que se pudo apreciar fue el área real cosechada, que de forma general estuvo alrededor del 70-80% del área reportada.

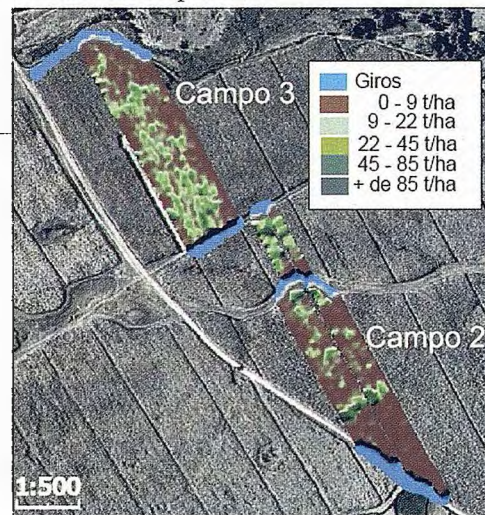


Figura 6 Mapa de rendimiento en campos del central Fernando de Dios, Holguín, Cuba

Esta imagen georeferenciada fue cargada en una PDA con GPS, navegándose hasta las zonas de diferente rendimiento, observándose que las mismas estuvieron altamente relacionadas con la población de los campos, así como con factores topográficos del terreno.

Este monitor de rendimiento fue posteriormente instalado en una cosechadora CASE III del central Nova América en Brasil (Figura 7). El mapa resultante fue ubicado sobre la cartografía del sistema de información geográfica que posee el área agrícola de dicho central, observándose la correspondencia entre las mismas.



Figura 7 Mapa de rendimiento en campos del central Nova América, Sao Paulo, Brasil



En este caso las variaciones de rendimiento oscilaron entre 40 y 97 t/ha, encontrándose igualmente una correlación entre el rendimiento y las condiciones topográficas del terreno.

La Figura 8 nos representa un mapa de rendimiento recientemente elaborado con una cosechadora CAMECO 3510 en la región de Eton, Mackay Australia. El mismo está representado sobre una imagen de satélite tomada del Google Earth. En este campo se aprecian de nuevo claramente los efectos en el rendimiento de las condiciones topográficas del terreno, pudiéndose determinar con claridad zonas de bajo rendimiento donde con anterioridad existían caminos que dividían este campo, o zonas de alto rendimiento en las depresiones donde se acumula mayor humedad en la microcuenca que vierte al arroyo circundante.



Figura 8 Mapa de rendimiento en campos de Eton, Mackay, Australia

El tema de mapeo de rendimiento en la caña de azúcar tiene aún varios puntos en discusión. Uno de ellos es la necesidad de utilizar o no un GPS diferencial para el posicionamiento. Respecto a esto Bramley (com. pers.) ha sugerido que la utilización de un DGPS para el monitoreo de rendimiento en caña es aconsejable, pero no imprescindible. Por su parte Molin y Jiménez (2002), realizaron estudios en granos sobre la factibilidad de utilizar el DGPS en monitoreo de rendimiento, encontrando una correlación de 78% entre los mapas producidos con GPS y DGPS, aspecto que debe ser considerado por el costo de adopción de estas tecnologías. Otro aspecto importante que se discute en la actualidad es la frecuencia de adquisición de datos, la densidad de datos por unidad mínima de interés y los métodos de interpolación que se utilicen, sobre lo cual ya Bishop et al. (1997) han hecho consideraciones importantes.

En la actualidad todavía no existe suficiente claridad entre los agricultores de los beneficios que puede representar contar con un mapa de rendimiento. Una de las posibles vías de utilizar el mapa de rendimiento es como soporte en la toma de decisiones, convirtiéndolo en un mapa del margen de utilidad del mismo, aspecto que ha sido discutido por Cook (1997) y Griffin et al. (2005).

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes del campo anterior con diferentes rangos de rendimiento. Este campo con un total de 3.99 ha, tuvo rendimiento que oscilaron entre menos de 60 t/ha, a más de 200 t/ha, con un rendimiento promedio de alrededor de 100 t/ha.

| Ha   | % T/Ha |         |          |          |      |
|------|--------|---------|----------|----------|------|
|      | < 60   | 60 -110 | 110 -150 | 150 -200 | 200< |
| 3.99 | 25.18  | 30.34   | 18.59    | 16.67    | 9.22 |

Tabla 2 Proporción de áreas con diferente rendimiento en un campo de 3.99 ha en Eton, Mackay, Australia

Se considera que para un campo con un rendimiento promedio de 100 t/ha, los costos de producción y cosecha

están alrededor de los 18.00 AD/t, mientras que el precio que se paga la caña al productor es de 24.00 AD/t. Por lo tanto el costo de 1 ha de caña sería de 1800.00 AD, mientras que el valor de la producción sería de 2400.00 AD. A partir de estas cifras podemos calcular cuál es el rendimiento mínimo rentable, que se obtiene dividiendo el costo de 1 ha entre el precio de 1 t ( $1800.00/24.00=75$ ), por lo que las áreas con rendimiento inferior a 75 t/ha son irrentables. Si tomamos los valores de la Tabla 2 nos percatamos que 37.31 % de las 3.99 ha cosechadas (equivalente aproximadamente a 1.48 ha) tiene un rendimiento inferior a las 70 t/ha, por lo tanto son irrentables.

Como el mapa de rendimiento está georeferenciado podemos identificar cuáles son las áreas irrentables en el campo y navegar hasta ellas para evaluar las posibles causas de bajo rendimiento y tratar de remediarlas. Si esto no es posible, podemos entonces tratar de reducir los gastos en las mismas y disminuir el nivel de pérdidas.

#### • Aplicación de Dosis Variable

La aplicación de dosis variable es la tecnología que permite cumplir finalmente con el objetivo principal de la AP: realizar de forma automatizada el manejo del sitio específico (Williams, 1997).

Existen dos formas fundamentales de realizar el manejo del sitio específico por medio de la aplicación de dosis variable. La primera es la utilización de sensores en tiempo real que diagnostiquen una propiedad determinada del campo, que puede ser estado nutricional del cultivo o afectación de una plaga determinada, y transmitan una prescripción predeterminada que oriente la aplicación de una dosis específica. En este caso se obvia la utilización del GPS, pues la decisión se toma en tiempo real (Tangwongkit et al., 2006).



Figura 9 Relación entre áreas infectadas con *Cyperus sp.* y áreas tratadas con herbicidas

La forma más generalizada es la de realizar un diagnóstico del problema y elaborar un mapa de prescripción, el cual tiene asociado una tabla de prescripciones acorde a las posibles variantes que el diagnóstico. Este mapa con su tabla se incorpora al aplicador de dosis variable, el cual mediante el GPS va identificando en qué área del campo de encuentra y aplica la dosis que esta definida en la prescripción para la misma.

La Figura 9 muestra un mapa de aplicación de herbicida en un suelo en preparación de caña infestado con titirica (*Cyperus spp.*). El área total en cuestión es de 13.89 ha. En la misma fueron georeferenciadas con un GPS las áreas infestadas con la maleza,

dejando una franja de seguridad de 5 m alrededor del área infestada.

Las áreas infestadas con tiririca fueron conformadas como una capa de un SIG, asociándole una sola prescripción de aplicación o no de herbicida. Este mapa de aplicación se introdujo en el computador de a bordo del tractor, que controlaba la válvula de aspersión de la asperjadora.

Como se aprecia en la Figura 9, el área afectada de tiririca fue de 2.15 ha, y la asperjadora solo aplicó el herbicida en 3.27 ha, lo cual representó solamente el 23.58 % del área total del campo.

En el distrito de Burdekin, Queensland, los costos asociados a productos agroquímicos (fertilizantes, pesticidas y herbicidas) constituyen alrededor del 25% del costo total de producción (Haigh, com. per.), existiendo una gran presión para reducir los mismos, no solo por el tema económico, sino por la creciente preocupación ambiental de la cercanía de las zonas de producción cañeras y la Gran Barrera Coralina. En este sentido se han realizado investigaciones que permiten recomendar un manejo diferenciado de los nutrientes a partir de las características de los suelos, potencial de rendimiento de los campos, reemplazo de nutrientes y niveles críticos de nutrientes en el suelo y los cultivos (Wood et al., 2003a,b).

La aplicación de dosis variable también puede contribuir al manejo diferenciado de los cultivos en lo referente a enmiendas del suelo. En el distrito de Burdekin una de las afectaciones más frecuentes es la modicidad del suelo, que limita la capacidad de retención de agua del mismo y por consiguiente el rendimiento agrícola (Hardy, 2004).

La enmienda más común es la aplicación de yeso, lo cual tradicionalmente se ha hecho de manera uniforme según los rendimientos promedio de los bloques. Sin embargo, se reconoce que la distribución de la sodicidad en el suelo también puede tener una variabilidad espacial considerable, por lo tanto la aplicación uniforme no resuelve el problema, pues si bien mejora la capacidad de retención de agua en las zonas de alta modicidad, incrementa la permeabilidad del suelo en las zonas normales, incrementándose las pérdidas del agua del riego en el suelo, lo cual también constituye alrededor de un 25% de los costos totales. Conociendo que en los bloques cosechados durante las pruebas del monitor de rendimiento en Burdekin, la sodicidad es el principal factor limitante, se utilizaron los mapas de rendimiento generados como criterio para elaborar prescripciones diferenciadas de yeso según las zonas de diferente rendimiento, lo cual pudo realizarse de forma automática con aplicadores de dosis variable de yeso (Haigh, com. per.).

Además del efecto económico y ambiental de optimizar la aplicación de insumos agroquímicos, la aplicación automática de dosis variable de insumos gana cada vez más importancia, pues permite brindar la trazabilidad de las aplicaciones realizadas durante el ciclo del cultivo, siendo posible auditar el cumplimiento de las buenas prácticas de producción agrícola.

#### • Nuevos proyectos en desarrollo

Además de los productos anteriores, existen varios proyectos de nuevos productos en desarrollo, como son el control del flujo de caña y limpieza; el autoguiado y velo-

cidad de traslación; la sincronización entre cosechadora y tractor; y la plataforma de intercambio de datos para la AP.

El control del flujo de caña y limpieza parte de observaciones realizadas de la relación existente entre la velocidad del extractor primario y el flujo de caña. Se ha encontrado una relación proporcional inversa entre estos parámetros. Esto quiere decir que cuando el flujo de caña aumenta, la velocidad del extractor primario disminuye, entrando más caña a la cosechadora de lo que el extractor puede limpiar, por lo tanto la limpieza es deficiente y junto a la caña salen una gran cantidad de impurezas. Por lo contrario, cuando disminuye el flujo de caña, se eleva la velocidad del extractor primario, por lo que la capacidad de extracción es mayor que la cantidad de caña que entra, por lo que parte de los trozos de caña son extraídos por el extractor primario, incrementándose el nivel de pérdidas. La solución en progreso en este proyecto busca mantener constante el flujo de caña que entra a la cosechadora, variando la velocidad de traslación, aumentándola en zonas de bajo rendimiento y disminuyendo en zonas de mayor rendimiento.

Otro proyecto en desarrollo es el autoguiado y velocidad de traslación. En cosechadoras de goma los mecanismos de dirección y traslación están separados, pero en las cosechadoras de esteras tanto la dirección como traslación se logra variando la velocidad de una estera con relación a la otra. En el proyecto se busca el control automático de la velocidad de las esteras para variar la dirección y traslación según se desee.

La sincronización entre cosechadora y tractor es una necesidad sobre todo en aquellos lugares en que se cosecha de noche y/o se utilizan más de un trasbordo. Tanto la cosechadora como el tractor tiene instalados un computador de a bordo con su GPS y un módulo de comunicaciones inalámbrica que permite mantener la comunicación entre ambos y enviar la posición relativa de un equipo respecto al otro. Como la cosechadora es quien mantiene el ritmo de la cosecha y va monitoreando el volumen de caña cosechada, indica al operador del tractor cuando realizar los cambios de trasbordo y cómo mantener se en la posición correcta con relación a la cosechadora.

De los productos anteriores se ha evidenciado la necesidad de poder intercambiar datos entre una PC, el computador de a bordo y una PDA. De ahí que se encuentre el desarrollo una plataforma de intercambio de datos programada en.NET, que permite poder tomar datos georeferenciados en campo con una PDA y después pasarlos a una PC para realizar una prescripción, o introducirlos directamente en el computador de a bordo de un equipo agrícola.

#### **Conclusiones**

Como se ha demostrado con anterioridad, las tecnologías de la AP tienen grandes oportunidades en el cultivo de la caña de azúcar. Resulta un reto muy importante poder mantener estas soluciones lo más simple posibles y con una interfaz adecuada para los productores.

#### **Bibliografía**

- Álvarez, R., 2003. Diseño del Sistema de Información Geográfica para la Agricultura de Precisión en un área cañera seleccionada de la provincia de Holguín. Project Final Report CENPALAB. 63 p.
- Benjamin, C.E., and M. P. Mailander, 2000. Sugar Cane Yield Monitoring System. Paper No. 001125. ASAE, St. Joseph MI.



- Benjamin, C.E., R.R. Price and M. P. Mailander, 2001. Sugar Cane Yield Monitoring System. ASAE Paper No. 011189. ASAE, St. Joseph, MI.
- Benjamin, C.E., 2002. Sugar cane yield monitoring system. Thesis Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College Degree of Master of Science in Biological and Agricultural Engineering. The Department of Biological and Agricultural Engineering. 62 p.
- Bishop, T.F.A., B.C. Boydell, T.M. Shatar, B.M. Whelan and A.B. McBratney, 1997. Data handling and spatial prediction techniques and their application to Precision agriculture. Pp. 69-76. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.), 1997. Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia. 101 p.
- Bramley, R.G.V. and R.P. Quabba, 2001. Opportunities for improving the management of sugarcane production through the adoption of precision agriculture - An Australian perspective. Proceedings of the 24th International Society of Sugar Cane Technologists Congress. Pp. 47-50.
- Cabrera, A., F. Rodríguez, C. Balmaseda and P. Ponce de León. 2000. Variabilidad espacial de los rendimientos cañeros y necesidad de fertilizar por sitio específico. CD XV Congreso Latinoamericano y V Congreso Cubano de Ciencias del Suelo. La Habana, Cuba.
- Cook, S.E., 1997. Data interpretation and risk analysis for Precision Agriculture. Pp. 77-86. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Cox, D.R.V., 1997. Precision agriculture in sugarcane production: a view from the Burdekin. Pp. 93-98. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Cox, G. J., H.D. Harris, and D.R. Cox. 1998. Application of Precision Agriculture to Sugar Cane. Proceedings of the Fourth International Conference on Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, St. Paul, MN.
- Cox, G. J., H.D. Harris, D.R. Cox, D.M. Bakker, R.A. Pax, and S.R. Zillman. November 4, 1999. Mass Flow Rate For Sugar Cane Harvesters. Australian Patent No. 744047.
- Cox, G., H.D. Harris, R. Pax and R. Dick, 1996. Yield mapping in the cane industry. Pp. 189-193. In: Wilson, J.R., D.M. Hogarth, J.A. Campbell and A.L. Garside (Eds.), Sugarcane Research Towards Efficient and Sustainable Production CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures, Brisbane.
- Crossley, R and Dines. G. 2004 Integrating harvester GPS tracking data with a spatial harvest recording system. Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technology Abstracts 2004. Pp. 15.
- Domingos, G.P.C. and P.S. Magalhaes, 2005. Sugarcane yield mapping. Paper Number 051154. ASAE Annual Meeting.
- Erickson, B., 2006. Precision agriculture in Colombian sugarcane. Site Specific Management Center Newsletter, Purdue University, September 2006
- Esquivel, M., J.J. Rodríguez, B. Hernández, F. Fernández, E. Ponce y L. Quintana. 2003a. Precisión agriculture in Cuba: precedents and perspectives. Pp. 393-394. In: Werner, A. and A. Jarfe (Eds.), Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF. Wageningen Academic Publishers.
- Esquivel, M., B. Hernández, J.J. Rodríguez, F. Fernández, S. Interián and R. Álvarez, 2003b. Propuesta y desarrollo de un sistema para el censo de las características agroquímicas del suelo. Project Final Report. CENPALAB. 22 p.
- Esquivel, M., B. Hernández, J.J. Rodríguez, F. Fernández, S. Interián and R. Alvarez, 2003c. Propuesta y desarrollo de un sistema para el censo de la presencia de malezas, plagas y enfermedades. Project Final Report. CENPALAB. 16 p.
- Esquivel, M., B. Hernández, J.J. Rodríguez, F. Fernández, E. Ponce, L. Quintana, S. Interián and R. Álvarez, 2005. Precision farming for fruit crops. Pp. 85-86. In: Book of Abstracts 5 ECPA - 2 ECPLF. Uppsala. JTI-SLU.
- Fernández, F., B. Hernández, E. Ponce, L. Quintana, M. Esquivel and J.J. Rodríguez, 2003. Precision agriculture system for sugarcane in Cuba. Pp. 401-402. In: Werner, A. and A. Jarfe (Eds.), Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF. Wageningen Academic Publishers.
- Fleming, G.F., J.A. Markley, A.J. Raines, I. O'Hara and J.A. Crane, 2006. A cooperative system model for the Mackay Regional Sugar Industry. SDRC Final Report Project No. MSA003. 62 p.
- Griffin, T.W., J.P. Brown and J. Lowenberg-DeBoer, 2005. Yield monitor data analysis: data acquisition, management and analysis protocol. Version 1. August 2005. Department of Agricultural Economics. Purdue University. 27 p.
- Hardy, S.M., 2004. Soil sodicity and plant available water capacity maps used to plan sugarcane expansion and potential irrigation requirements in Central Queensland. ISCO 2004 Paper 241.
- Harris, H.D. and G.J. Cox, 1997. Yield mapping - current capabilities in yield mapping for sugarcane. Are these limiting to the introduction of Precision agriculture to the sugar industry? Pp. 35-42. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Hernández, B., F. Fernández, E. Ponce, L. Quintana, M. Esquivel and J.J. Rodríguez, 2003a. Sugarcane yield mapping from the harvester biomass input flux. Pp. 433-434. In: Werner, A. and A. Jarfe (Eds.), Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF. Wageningen Academic Publishers.
- Hernández, B., F. Fernández, E. Ponce, L. Quintana, M. Esquivel, J.J. Rodríguez, R. Alvarez, S. Interián, S. Marrero and G. Díaz, 2003b. Tecnología para la obtención de un mapa de rendimiento georeferenciado en la caña de azúcar. Project Final Report. CENPALAB. 14 p.
- Hernández, B., F. Fernández, E. Ponce, M. Esquivel, J.J. Rodríguez, L. Quintana, S. Interián and R. Alvarez, 2005. Application of precision farming technologies for sugarcane crop. Pp. 119-125. In: Book of Abstracts 5 ECPA - 2 ECPLF. Uppsala, JTI-SLU.
- Hernández, B., E. Ponce, L. Quintana, G. Díaz, S. Marrero, F. Fernández, R. Laguna, A. del Toro, J.C. Vega, O. Rodríguez, G. Rodríguez, J.C. Hernández, 2000. Automatización de la KTP-3S. XIII Forum de Ciencia y Técnica. 28 p.
- Interián, S. and R. Alvarez, 2004. Primeras experiencias en Cuba de aplicación de la Geomática en la agricultura de precisión en la esfera de la caña de azúcar. VII Taller Internacional Informática y Geociencias GEOINFO 2004. 24 p.
- Interián, S. and R. Alvarez, 2005. Algunas consideraciones sobre la geomática y su papel en la agricultura de precisión. Mapping Interactivo. Abril 2005.
- Kerr, B. and K. Blyth, 1993. They're all half crazy. 100 years of mechanical cane harvesting. Canegrowers, Brisbane, Australia. 116 p.
- Kiernan, R., and J. Nolan, 1997. Use and requirements of GPS technology in Precision Agriculture. Pp. 43-50. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Manechini, C., J.L. Mangolini Neves, M.A. Pierossi and S.J. Hassuani, 2005. Corte de base fluante CTC. Diferencial manutenção da produtividade em a qualidade da material prima colhida mecanicamente. CTC INFORMA. Centro de Tecnologia Canavieira. Número 2 - Maio de 2005. Pp. 8-9.
- McBratney, A., B. Whelan and T. Ancev, 2005. Future directions of precision agriculture. Precision Agriculture 6:7-23.
- McDonald, L., J. Coutts and D. Chapple, 2006. Benchmarking sugarcane harvesting performance to improve profitability and efficiency: The importance of social research to improve the probability of project relevance and success. 2006 Practice change for sustainable communities: Exploring footprints, pathways and possibilities. Proceedings of APEN International Conference, 6-8 March 2006 at Beechworth, Victoria, Australia.
- Menegatti, L.A.A., J.P. Molin, S.L. Góes, G.H. Komdorfer, R.A.B. Soares and E.A. Lima, 2006. Benefícios economicos e agronomicos da adoção de agricultura de precisão em usinas de açúcar. 2º Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão São Pedro, SP -ESALQ/USP.
- Molin, J.P., G. Fontana, R.V. Guimaraes, F.R. Cabrera and M.B. Costa, 2004. Elaboração de mapa de produtividades de cana-de-açúcar em corte manual com queima previa. Anais do Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão ConBAP 2004. ESALQ/USP Pp. 1-7.
- Molin, J.P. and L.M. Jimenez, 2002. Use of GPS without differential correction on yield. Proceedings 6th Int. Conf. Precision Agriculture Minneapolis ASA-CSSA-SSSA. Pp. 1073-1079.
- Molin, J.P. and L.A.A. Menegatti, 2004. Field testing of a sugar cane yield monitor in Brazil. Paper Number 041099. 2004 ASAE Annual Meeting.
- Neves, J.L.M., A.S. Marchi, A.A.S. Pizzinato. And L.R. Menegasso, 2001. Comparative Testing of a Floating and a Conventional Fixed Base Cutter. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 24: 257-262.
- Pace, R., A. Pace, A. Wood and R. Kerkwyk, 2005. Best management practices for sugarcane production in the Ingham line area of the Herbert River District. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. 27: 305-311.
- Page, R.L. and G. S. Woods, 2000. Sensing of Ground Level through Sugar Cane using Microwave Techniques School of Engineering, James Cook University, Townsville, Queensland, Australia Pp. 47-52.
- Pagnano, N. and P. S. Magalhães, 2000. Sistema de monitoramento da colhida de cana de açúcar para elaboração de mapas de rendimento. Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp Campinas, Brasil. Circuito Brasil de Agricultura de Precisão.
- Pagnano, N.B., and P.S. Magalhães. 2001. Sugarcane Yield Measurement. Faculdade de Engenharia Agrícola - Unicamp - Campinas - SP, Brasil 13083-970. 3rd European Conference on Precision Agriculture Proceedings, pp. 839-844. Montpellier, France.
- Pierossi, M.A. and S.J. Hassuani, 1997. Caçamba instrumentada para pesagem de cana picada. Em: Seminário Copersucar de Tecnologia Agrônômica. Piracicaba. Brasil.
- Ponce, E., B. Hernández, F. Fernández, L. Quintana, M. Esquivel and J.J. Rodríguez, 2003. Adaptation of the FT350 sugarcane fertilizer to precision agriculture. Pp. 533-534. In: Werner, A. and A. Jarfe (Eds.), Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF. Wageningen Academic Publishers.
- Powell, J.G., G. T. Stanley and G. Dore, 2001. A study of the factors affecting harvesting productivity and best practice in the wet tropics. Ag 49. ASSCT 2001.
- Quabba, R., 1997. Precision agriculture - a Herbert River canegrower point of view. Pp. 89-92. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Roth, C.H. and R.G.V. Bramley, 1997. Issues facing the Australian sugar industry in implementing Precision Agriculture - an overview. Pp. 9-12. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Sandell, G. and J. Agnew (Eds.), 2002. The harvesting best practice manual for chopper-extractor harvesters. BSES. 98 p.
- Searcy, S.W. and C.G. Coble, 1985. Stalk Height Estimation with Ultrasonics. Journal of American Society of Sugarcane Technology.
- Tangwongkit, R., V.M. Salokhe, H.P.W. Jayasuriya. 2006. Development of a Real-time, Variable Rate Herbicide Applicator Using Machine Vision for Between-row Weeding of Sugarcane Fields. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript PM 06 009. Vol. VIII. June, 2006.
- Wendte, K.W., A. Skotnikov, and K.K. Thomas. August 14, 2001. Sugar Cane Yield Monitor. United States Patent No. 6272819.
- Williams, B., 1997. Variable rate control in the sugarcane industry. Pp. 61-68. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Wood, A.W., G. Kingston and B.L. Schroeder, 1997. Opportunities for improved management of sugarcane through more precise targeting of inputs. Pp. 13-24. In: Bramley, R.G.V., S.E. Cook and G.G. McMahon (Eds.). Precision agriculture: what can it offer to the Australian sugar industry? Proceedings of a workshop held at the Mercure Inn, Townsville, 10-12 June 1997. CSIRO Land and Water, Townsville, Australia.
- Wood, A.W., B.L. Schroeder and R.L. Steward, 2003a. The development of site-specific nutrient management guidelines for sustainable sugarcane production. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. Vol. 25. 12 p.
- Wood, A.W., B.L. Schroeder and R.L. Steward. 2003b. Soil specific management guidelines for sugarcane production. CRC Sugar Technical Publication September 2003. CRC for Sustainable Sugar Production, Townsville. 92 p.
- Wright, M.E. and J.J. Simoneaux, 1998. Automatic Height Control of a Sugarcane Harvester Basecutter. Journal of Society of Automotive Engineers. Pp. 7-14.

# PROPUESTA DE UN MODELO TEÓRICO DE PRONÓSTICOS DE CORRIENTES MARINAS.

MSc. Fermín Vega Desdín, Ing. Jorge Luis Viamontes Fernández, Ing. Iván Reyes Cordero, MSc. Alina Gutiérrez Delgado, MSc Jarmila Pérez Canet, Lic. Roberto Rodríguez Santana, MSc. Alejandro Morales, Tec. Miguel Blanco Concepción, Tec. Pedro Moureu Castellano, Tec. Amaury Diéguez Martínez, Tec. Reinaldo Ferro. Ciudad Habana

XII Convencion y Expo. Internacional

## Resumen.

La modelización numérica de los diferentes procesos que controlan la evolución y la dinámica de las manchas de crudo y objetos, ha sido una de las ramas que ha evolucionado en estos últimos años como consecuencia del número elevado de vertidos que se han dado en las cercanías de los países industrializados y en zonas de elevado interés económico y ecológico. La predicción sobre la evolución de vertidos de crudo y de objetos en zonas de gran tránsito de barcos se ha convertido en una prioridad importante entre los países que, con costas y zonas de tránsito, están sometidos a estos peligros. Sin embargo, no existirá tecnología más eficiente que la precaución, y el interés por contraponer la medida y el deseo de conservar lo que aún nos queda de este planeta. Los primeros pronósticos realizados en nuestra institución se basaron en simples cálculos de navegación correspondiente a un solo objeto el cual seguía una sola dirección donde la velocidad de la corriente se determinaba interpolando el vector (velocidad y dirección) más cercano que se haya medido en el área en cuestión. Por tanto, no existe en nuestro país un Modelo Teórico de pronóstico de las corrientes marinas que permita determinar en tiempo real y de forma continua el seguimiento de objetos y manchas de hidrocarburos en el mar y no de forma aislada como se venía realizando.

Las corrientes marinas que se tomaran para el presente estudio son corrientes de gradientes y específicamente las corrientes de densidad, las cuales en su estudio se pueden despreciar las fuerzas de fricción.

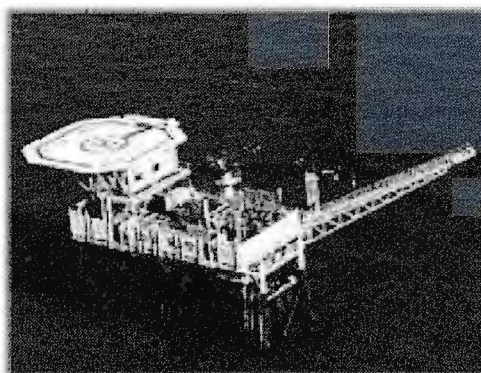
Para nuestro país, se hace indispensable conocer las características de las corrientes marinas en nuestras plataformas para poder realizar un pronóstico de las mismas y así poder realizar en tiempo real el seguimiento de manchas de hidrocarburos ante la ocurrencia de estos accidentes, con el fin de tomar medidas pertinentes para minimizar su impacto en las zonas costeras o determinar la procedencia aproximada de estas manchas de hidrocarburos u otros contaminantes que arriben a nuestras costas para establecer la correspondiente responsabilidad legal, también determinar para las Tropas Guardafronteras en su lucha contra las drogas, la procedencia o lugar de arribo de los paquetes de drogas y así establecer el "modus operandi". También cuando se realizan operaciones de búsqueda y extracción de petróleo es necesario contar con un Plan de Contingencia para casos de accidentes y como parte complementaria de los estudios de peligros y riesgos y de Impacto Ambiental en las zonas costeras.

## INTRODUCCIÓN.

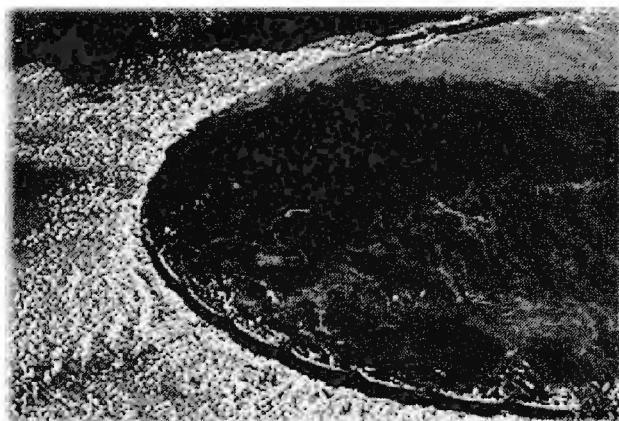
Las perforaciones y el transporte de hidrocarburos constituyen una de las principales fuentes de contaminación en los mares, especialmente en zonas costeras. Cerca de la mitad proviene de fuentes marinas y el resto llega a los océanos desde la tierra. Ver Fotos.

Las manchas de petróleo disminuyen la entrada de luz en el mar, lo cual reduce el área donde ocurre la fotosíntesis y, por tanto, el desarrollo de plantas verdes. Así, 80 % de la actividad fotosintética y de absorción de energía solar se produce en los primeros 10 m de la superficie marina. La falta o disminución de plantas fotosintéticas reduce el aporte de oxígeno y alimento al ecosistema. Las aves que quedan impregnadas de petróleo pierden o ven reducida su capacidad de aislarse del agua pudiendo morir por hipotermia. Al intentar limpiarse el plumaje con el pico ingieren grandes cantidades de hidrocarburos y se envenenan. Los mamíferos marinos pueden sufrir el taponamiento de sus vías respiratorias o daños en el tracto respiratorio y su mucosa por efecto de los contaminantes químicos, también ingieren grandes cantidades de hidrocarburos por alimentarse de animales contaminados.

El petróleo se deposita sobre los fondos marinos matando o provocando efectos irreversibles sobre miles de animales y plantas vitales para el ecosistema.

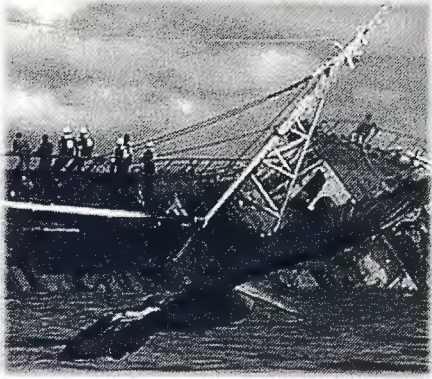


Plataforma petrolífera perteneciente a la empresa PETROBRAS



Mancha de petróleo en río de Brasil producto del vertido





Buque tanque accidentado vierte toneladas de petróleo al mar



Plataforma destruida por el paso de un ciclón tropical



El petrolero Prestige provocó una marea negra en las costas gallegas al hundirse en el mes de noviembre del 2002 frente a sus costas

## ALGUNOS DERRAMES MARITIMOS

| Cantidad en Barriles (en millones) | Origen                                  | Año  | Lugar                  |
|------------------------------------|---|------|------------------------|
| 4,6                                | Guerra del Golfo                        | 1991 | Golfo Pérsico          |
| 3                                  | Ixtoc (plataforma marina, México)       | 1979 | Golfo de Campeche      |
| 1,6                                | Atlantic Empres (buque griego)          | 1979 | Tabago, Mar Caribe     |
| 1,6                                | Castillo de beliver (buque español)     | 1983 | Cabo de B. Esperanza   |
| 1,2                                | Amoco Cádiz (buque italiano)            | 1976 | Brelaña, Francia       |
| 0,88                               | Kharg - 5 (buque iraní)                 | 1989 | I. Canarias, España    |
| 0,71                               | Hawalian Patriot (buque liberiano)      | 1977 | Hawai, Oceano Pacífico |
| 0,77                               | Torrey Canyon (bandera n.d.)            | 1967 | Cornualles, RU         |
| 0,80                               | Independencia (buque español)           | 1979 | Bósforo, Turquía       |
| 0,62                               | Urquiola (buque español)                | 1976 | La Coruña, España      |
| 0,32                               | Ranger Texas (plataforma marina EE.UU.) | 1985 | Golfo de México        |

Sin embargo, no existirá tecnología más eficiente que la precaución, y el interés por contraponer la medida y el deseo de conservar lo que aún nos queda de este planeta ante el egoísmo y el mercantilismo.

La modelización numérica de los diferentes procesos que controlan la evolución y la dinámica de las manchas de crudo y objetos, ha sido una de las ramas que ha evolucionado en estos últimos años como consecuencia del número elevado de vertidos que se han dado en las cercanías de los países industrializados y en zonas de elevado interés económico y ecológico.

La predicción sobre la evolución de vertidos de crudo y de contenedores en zonas de gran tránsito de barcos se ha convertido en una prioridad importante entre los países que, con costas y zonas de tránsito, están sometidos a estos peligros.

En la zona económica exclusiva (ZEE) de Cuba, que abarca el Golfo de México y en el litoral norte de Ciudad de La Habana se han realizado recientemente estudios geofísicos que han arrojado como resultado que en el área existe una reserva de hidrocarburo, capaz de amortiguar un poco la crisis mundial que estamos sufriendo producto del déficit de combustible y su alto precio en el mercado. La prospección petrolera cerca de nuestras costas ya es un hecho a corto plazo. Esta actividad por desgracia trae aparejado accidentes donde ocurren grandes vertimientos al mar. El tráfico marítimo por las aguas territoriales de nuestra plataforma, también trae consigo posibles derrames de hidrocarburos, ya sea, por el achique de sus sentinas o por la ocurrencia de accidentes marítimos.

Además por la posición geográfica de nuestro país, el cual se encuentra en la ruta que utilizan para el contrabando de narcóticos, nuestras costas son afectadas por el constante bombardeo de estos tipos de paquetes.

En los salvamentos y rescates de naufragios, el esclarecimiento de hechos delictivos ocurridos en el mar, como parte de las investigaciones que realiza nuestra Policía Nacional Revolucionaria.

En el sector pesquero tiene grandes ventajas al conocerse las posibles trayectorias de la deriva larvaria, así, como las zonas donde se producen procesos de afloramientos y hundimientos, que son áreas propensas a concentrar larvas en algunos casos de gran interés comercial, como la langosta y el camarón.

Por todo lo anterior y porque para nuestro país, que posee importantes sectores turísticos tanto en la isla como en los cayos adyacentes, se hace indispensable conocer las características de las corrientes marinas en nuestras plataforma para poder realizar un pronóstico de las mismas y así poder realizar en tiempo real el seguimiento de manchas de hidrocarburos ante la ocurrencia de estos accidentes, con el fin de tomar medidas pertinentes para minimizar su impacto en las zonas costeras o determinar la procedencia aproximada de estas manchas de hidrocarburos u otros contaminantes que arriben a nuestras costas para establecer la correspondiente responsabilidad legal. Cuando se realizan operaciones de búsqueda y extracción de petróleo es necesario contar con un plan de Contingencia para casos de accidentes. Como parte complementaria de los estudios de peligros y riesgos y de Impacto Ambiental en las zonas costeras.

Los primeros pronósticos realizados en nuestra institución se basaron en simples cálculos de navegación correspondiente a un solo objeto el cual seguía una sola dirección donde la velocidad de la corriente se determinaba interpolando el vector (velocidad y dirección) más cercano que se haya medido en el área en cuestión, por tanto estos cálculos eran insuficientes ya que sobre la carta náutica y con el empleo de los distintos instrumentos de navegación (Compás de punta seca, regla paralela y transportador de ángulos) se comenzó esta primera aproximación de pronóstico empírico de corrientes marinas los cuales dieron respuesta en su momento al utilizarse para describir la trayectoria de los restos del "avión pirata" derribado al norte de La Habana y ser esta una de las pruebas presentadas por Cuba en la investigación de la OACI, además sirvieron para pronosticar el movimiento de las manchas de hidrocarburos originadas por el hundimiento de buque "Pampero" al N de Matanzas. Con el desarrollo de la computación en este sistema se pretende densificar el área con



los datos de corrientes para poder realizar seguimientos en tiempo real tanto en su variante directa (hacia donde va el objeto o contaminante) o indirecta (de donde viene el objeto o contaminante).

## MATERIALES Y METODOS

### Marco Teórico.

#### Aplicación de la teoría de las funciones aleatorias al estudio y cálculo de las corrientes marinas.

La restrictividad de las teorías hidrodinámicas de las corrientes y las dificultades que se presentan al estudiarlas, directamente en grandes zonas oceánicas obligo buscar nuevas vías en la investigación científica de las corrientes marinas.

Una de estas vías es la aplicación de la teoría de las probabilidades y en particular de la teoría de las funciones aleatorias a las corrientes marinas.

Uno de los primeros trabajos, en este campo, es la obra de B. N. Beliaev y V. S. Boldirev, que analizan las corrientes como un proceso aleatorio, considerando, por ende, la velocidad y dirección de la corriente en un momento fijado de tiempo como magnitudes aleatorias y en el caso general como funciones aleatorias de tiempo.

Con suficiente grado de exactitud se puede afirmar que la corriente analizada en el lapso de tiempo durante el cual las variaciones estacionales del estado hidrometeorológico general son, insignificantes, es una función aleatoria estacionaria dado que las condiciones físicas de la estacionalidad se cumplen.

Además, debido a que cada una de las series de observaciones sobre las corrientes en el puesto dado se efectúa operando un mismo grupo de factores aleatorios, la función aleatoria en estudio de las corrientes poseerá la propiedad de ergodicidad, por tanto, se debe aplicar al estudio de las corrientes marinas los conceptos y funciones de las Teorías de las funciones aleatorias (teoría de correlatividad).

Para el pronóstico de corrientes no periódicas, estos autores utilizaron para resolver este problema, estaciones de boyas de muchos días que funcionaban en la parte occidental del Océano Atlántico durante los trabajos expedicionarios de 1960. Se procesaron los gráficos de las proyecciones del vector de la velocidad de la corriente en el meridiano y el paralelo, obteniéndose como resultado 20 funciones correlativas. De lo dicho anteriormente se desprende que ningún manual tipo atlas, mapas, etc. no está en condiciones de responder con bastante exactitud a la cuestión que tiene importancia especial para la navegación de que cual será la corriente en un punto dado y en un momento dado.

Los compendios y guías pueden dar sólo el valor medio de la corriente, es decir su esperanza matemática, mientras que las desviaciones del valor real respecto al mismo pueden ser bastante grandes. *Es totalmente evidente que este problema sólo puede ser resuelto por medición directa de la corriente, y en los intermedios entre las mediciones aparece el problema de pronosticar la corriente.*

Por tanto, mientras más densa sea la red de estaciones de mediciones de corriente en la zona mejor será realizar un pronóstico de las mismas.

Las corrientes marinas que se tomaran para el presente estudio son corrientes de gradientes y específicamente

las corrientes de densidad, las cuales en su estudio se pueden despreciar las fuerzas de fricción (Egorov N.I, 1983). Las corrientes de densidad se forman por la desigual distribución horizontal de la densidad del agua originada por la desigual distribución de la temperatura y la salinidad del agua. Esta irregularidad de distribución se debe al calentamiento irregular de las aguas del océano por efecto de la radiación solar y a la inhomogeneidad de la evaporación y de la cantidad de precipitaciones.

#### Fundamentos de la teoría de las corrientes de densidad:

La teoría de las corrientes de densidad elaborada por Helland – Hansen, V. Sandstrem y N. N. Zúbov, se basa en la teoría de la circulación de Bjerknes.

Para calcular las corrientes de densidad mediante la teoría de la circulación, hay que analizar la posición mutua de las superficies isobáricas e isopotenciales. A falta de corrientes de densidad, ambos sistemas de superficies deben ser paralelos entre sí. Si se tiene corrientes, se observará su inclinación mutua.

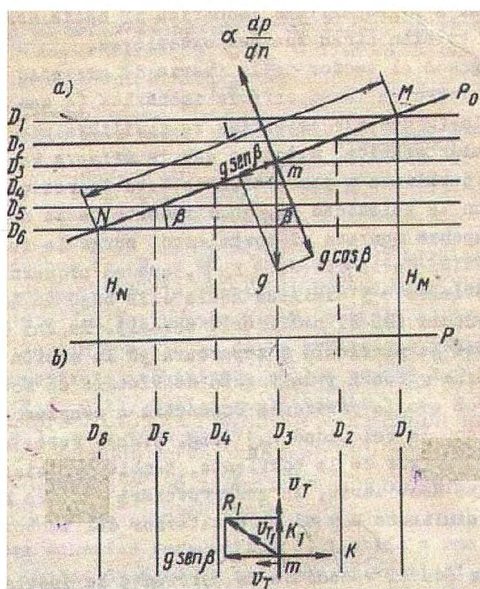


Figura 1. Para deducir la fórmula de cálculo de las corrientes de densidad.

Por esta fórmula:

$$v_T = v_{T0} - v_{T1} = \frac{D_M - D_N}{2 \omega L \text{ sen } \varphi} \quad (4)$$

Se calculan las velocidades de las corrientes de densidad. Según la figura 1 la velocidad de la corriente esta dirigida perpendicularmente a la dirección de máxima inclinación de la superficie isobárica. En esto, si se mira a lo largo de la corriente, las menores alturas dinámicas quedarán a la izquierda (en el hemisferio norte).

Al trazar las cartas de las corrientes por el método dinámico es muy importante saber escoger la superficie isobárica inicial (p) a partir de la cual se cuentan las alturas dinámicas, la así llamada **superficie cero**. Es evidente que esta debe corresponder a la superficie en la cual no existen o son muy pequeñas las corrientes de gradiente. Con mayor fiabilidad se pueden determinar mediante mediciones instrumentales de las corrientes. Sin embargo estas mediciones en los océanos son unitarias. Por eso, la elección de la superficie cero se hace habitualmente por métodos indirectos.

Existen una serie bastante grande de métodos para determinar la posición de la **superficie cero** en el océano.



# Leica TPS1200+ El Plus



## La nueva Estación Total Leica TPS1200+ Descubra el Plus

¿Desea medir largas distancias sin usar un prisma pero logrando una gran precisión? Entonces, le interesa la nueva Leica TPS1200+, nuestra estación más competitiva. Ofrece la mayor precisión EDM sin prisma del mercado con el menor punto láser en distancias superiores a 1000 m. Obtenga la máxima precisión con prisma gracias al nuevo telescopio que incorporan todos los modelos Leica TPS1200+.

Su pantalla a color le ofrece al instante la información que desee. Además, su taquímetro puede controlarse a distancia desde el jalón del prisma para que una sola persona pueda trabajar más rápido y con mayor eficiencia.

### Esto es lo que significa el Plus:

- ⊕ EDM sin prisma para objetivos inaccesibles a más de 1000 m
- ⊕ Precisión sin prisma de  $\pm 2$  mm
- ⊕ Precisión con prisma de  $\pm 1$  mm
- ⊕ Pantalla a color para una clara presentación de los datos
- ⊕ El sistema topográfico más rápido para una sola persona
- ⊕ Conexión con GNSS con la misma interfaz TPS
- ⊕ La mayor gama de periféricos y software



## Base de Datos

Para sustentar los planteamientos anteriores los datos fundamentales para nuestra investigación es el resultado de la recopilación de un importante volumen de información, obtenida de los cruceros de investigaciones desarrollados por el Instituto Cubano de Hidrografía (ICH), actual GEOCUBA Estudios Marinos y las ejecutadas por otras instituciones nacionales y extranjeras que han trabajado en nuestros mares.

Para lograr, establecer patrones de comportamiento en las aguas oceánicas alrededor de Cuba, fue necesario analizar toda la data histórica que se tiene hasta la fecha de las principales estaciones oceanográfica llevadas a cabo por distintas expediciones nacionales e internacionales y así como, realizar nuevos muestreos en las cuatro épocas del año y ampliar las zonas de estudios, para de esta forma, poder interrelacionar nuestras investigaciones con los procesos que se desarrollan en la mesoescala. Por otra parte, es necesario enriquecer la red de observaciones, de forma tal, que sea posible cerrar los pasos y canales más importantes que comunican la isla de Cuba con el Mar Intrameicano.

El peso fundamental, en cuanto a fuente de información, recae en las investigaciones hidrológicas enmarcadas en el Proyecto "CORRIENTE"; las cuales comenzaron a realizarse de forma periódica desde el año 1988, en que el ICH comienza a ejecutar cruceros de investigaciones sobre las corrientes geostroficas en la costa norte de Cuba. En la actualidad se han obtenido importantes resultados, de los que se han derivado nuevas conclusiones relacionadas con el comportamiento de las variables oceanográficas en nuestros mares, sobre todo con la ejecución de los cruceros a finales de los años 90, en que se introdujeron nuevas tecnologías de investigación que garantizaron una mejor calidad de la información y una disminución de los costos de ejecución de estas investigaciones.

Como se expuso con anterioridad, otras instituciones del país han estudiado las corrientes marinas en áreas importantes de nuestros mares adyacentes, destacándose los cruceros del Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP), a bordo del B.I.C. "ULISES" y varias expediciones internacionales.

Dichas investigaciones han posibilitado obtener el régimen hidrológico y el patrón dinámico de las aguas, a partir de mediciones indirectas, como una de las formas de análisis del régimen de circulación de las corrientes marinas; puesto que las imágenes de satélite, las mediciones de radar y la existencia de algunas mediciones directas de corrientes, realizadas de forma puntual constituyen otra forma muy utilizada en la actualidad para el análisis hidrodinámico de las aguas profundas en nuestra área.

En su gran mayoría, las primeras mediciones realizadas en las estaciones oceanográficas de los mares adyacentes a Cuba, se ejecutaron con Botellas Nansen y termómetros de profundidad cerrados y abiertos. Afortunadamente, a partir del crucero realizado en el mes de septiembre de 1998 (I Bojeo) se pudo contar, para la obtención de los datos de temperatura, salinidad y profundidad, con una sonda oceanográfica (tipo CTD) de fabricación japonesa, que permitió obtener los registros de forma continua (cada 1 m) hasta la profundidad de 800m. El sensor de temperatura

de la misma tiene un rango de  $-5$  a  $35^{\circ}\text{C}$ , con una precisión de  $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ . Para la salinidad, el sensor tiene una precisión de  $\pm 0,05 \%$  y las mediciones pueden realizarse en un rango de 0 a 40‰. El sensor de la profundidad es capaz de realizar mediciones hasta 1000m, con una exactitud de  $\pm 9.1\text{cm}$ . Todas estas características aseguraron una mayor exactitud en los valores. En los muestreos recientes se ha podido utilizar otra sonda oceanográfica (CTD), capaz de medir la temperatura, salinidad y presión en toda la columna de agua, hasta profundidades de 2 000 m; además de permitir la realización de mediciones directas de velocidad y dirección de la corriente, hasta los 1 500 m. Tabla 2.

Para calcular las corrientes de gradientes en los muestreos en que no fue utilizada la sonda oceanográfica, se realizaron "calas" hasta los 1000 m de profundidad con las mencionadas Botellas Nansen, en los horizontes Standard, según el Manual de trabajos hidrológicos en océanos y mares (1977) 0, 5, 10, 20, 25, 30, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800, 1000 y 1200 m), con las cuales se recolectaron muestras de agua en cada punto de medición, que fueron procesadas en el laboratorio, para la determinación del valor de salinidad, mediante un salinómetro inductivo Tsurumi Seiki Modelo E-2 con precisión 0.01 ‰ y rango de medición 0 - 40 ‰, la temperatura del agua fueron medidos con termómetros de mercurio reversibles de escala  $-2$  a  $35^{\circ}\text{C}$  y precisión  $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ , incluida también en estas botellas. Partiendo de los datos obtenidos de temperatura y salinidad por horizontes fue calculado el volumen específico, la densidad del agua y la altura dinámica; tomándose como referencia el nivel de 800 m, según el método de Parr (1903) citado por Egorov N.I, 1983. El método utilizado proporciona buenos resultados en aquellas zonas suficientemente profundas con corrientes establecidas. De todas formas, como se dijo anteriormente para el calculo de la "superficie cero" lo mejor es poseer mediciones instrumentales en toda la columna de agua.

| CTD Inteligente Multiparámetro        |                             |                          |                 |
|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------|
| Modelo: ECM-12                        |                             |                          |                 |
| Fabricante: Applied Microsystems LTD. |                             |                          |                 |
| Datos Técnicos:                       |                             |                          |                 |
| Profundidad Máxima de Trabajo: 2000 m |                             |                          |                 |
| Sensor                                | Rango                       | Resolución               | Tiempo de resp. |
| Presión                               | $\pm 0.1\% \text{ F.S}$     | $\pm 0.05 \text{ dBar}$  | 10 ms           |
| Temperatura                           | $-2$ a $32^{\circ}\text{C}$ | $0.0001^{\circ}\text{C}$ | 350 ms          |
| Conductividad                         | 0.02 a 6.5 Siemens/m        | $\pm 0.1 \text{ mS/cm}$  |                 |
| Corrientes Marinas                    | 0-300 cm/s, $\pm 2\%$       | 0.1 cm/s                 | 0.1 s           |

Tabla 2. Características de la sonda oceanográfica

Toda esta información forma parte de los cruceros de investigaciones conjuntas de instituciones nacionales y extranjeras que se reflejan en la tabla 3. La misma fue agrupada para su procesamiento, análisis y representación gráfica final en los principales periodos estacionales del año: verano e invierno.

Para la ubicación de las estaciones hidrológicas en el mar en todas las investigaciones se empleó el Sistema de Posicionamiento Global (G.P.S.) a bordo del buque; garantizándose una precisión entre 0 y 30 m.

Como parte de esta investigación se consideraran los resultados de la investigación de las corrientes superficiales por el método de tarjetas de deriva, el cual se comenzó a realizar desde el año 1988.



| No. Exp. | Buque      | Periodo de trabajo                   | Zona de estudio                       |
|----------|------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1        | SRTR       | Agosto de 1966                       | Canal de Yucatán                      |
| 2        | SRTR       | Enero y Febrero de 1967              | Canal de Yucatán                      |
| 3        | PETO       | Enero y Febrero de 1967              | Bojeo a Cuba                          |
| 4        | XIPHAS     | Julio de 1967                        | S de Isla de la Juventud              |
| 5        | SRTR       | Enero , Febrero y Septiembre de 1968 | Canal de Yucatán                      |
| 6        | XIPHAS     | Julio de 1968                        | S de Matanzas                         |
| 7        | SRTR       | Febrero de 1969                      | Canal de Yucatán                      |
| 8        | XIPHAS     | Agosto de 1969                       | NW de Isla de la Juventud             |
| 9        | SRTR       | Enero, febrero de 1970               | Canal de Yucatán                      |
| 10       | XIPHAS     | Enero-febrero de 1970                | S de Pinar del Río e l. Juventud      |
| 11       | SRTR       | Enero de 1971                        | Canal de Yucatán y Norte de la Habana |
| 12       | SARDINA    | Agosto de 1972                       | Bojeo a Cuba                          |
| 13       | MAKAIRA    | Agosto de 1972                       | S del Golfo de Ana Maria              |
| 14       | MAKAIRA    | Febrero de 1973                      | S del Golfo Ana Maria                 |
| 15       | PRIBOY     | Septiembre de 1981                   | Canal de Yucatán                      |
| 16       | MALTSEVO   | Julio de 1986                        | Región Norcentral y Surcentral        |
| 17       | MALTSEVO   | Octubre 1986                         | Bojeo a Cuba                          |
| 18       | MALTSEVO   | Julio 1987                           | Bojeo a Cuba                          |
| 19       | MALTSEVO   | Diciembre 1986                       | Canal de Yucatán y N de Pinar del Río |
| 20       | ULISES     | Julio 1988                           | Costa S(Mar Caribe)                   |
| 21       | ULISES     | Febrero 1989                         | Región Surcentral                     |
| 22       | ULISES     | Agosto de 1989                       | S del Golfo de Ana Maria              |
| 23       | ULISES     | Agosto 1995                          | Región Noroccidental                  |
| 25       | ULISES     | Febrero 1996                         | Región Noroccidental y Norcentral     |
| 26       | ULISES     | Septiembre 1996                      | Región Noroccidental                  |
| 27       | ULISES     | Febrero 1997                         | Región Noroccidental y central        |
| 28       | ULISES     | Diciembre 1997                       | Costa N de Cuba                       |
| 29       | ULISES     | Septiembre 1998                      | Bojeo a la isla                       |
| 30       | ULISES     | Diciembre del 2000                   | Costa S oriental                      |
| 32       | BIZIR      | Junio-julio 1986                     | Estrecho de Yucatán                   |
| 33       | BIZIR      | Agosto 1986                          | Sur de Cuba                           |
| 34       | STRELEES   | Enero 1987                           | Región Noroccidental                  |
| 35       | STRELEES   | Febrero 1987                         | Región Noroccidental                  |
| 36       | RESEARCHER | Octubre 1977                         | Golfo de México                       |
| 38       | GEOMAR II  | Marzo 2004                           | Región Nororiental                    |
| 39       | GEOMAR II  | Agosto 2005                          | Región Noroccidental                  |

Tabla 3: Relación de cruceros utilizados.

Hasta el presente se han realizado 19 lanzamientos que hacen un total de más de 32 151 tarjetas de deriva. Hasta el año 1995 el porciento de recuperación fue de un 4 % cifra que está aceptada internacionalmente para este tipo de experimento (Fernández Vila 1995).

Por otra parte, se consultaron los resultados de reconocidos investigadores que han trabajado por más de una década en el Mar Caribe y el Golfo de México (Moore C., 1998 Maúl J., 1998 y Gallegos, 1996). Otra importante fuente de información muy apreciada por la ayuda que brinda en valorar el patrón de circulación general en la mesoescala fueron los resultados de los modelos numéricos obtenidos por (Hurlburt y Townsend, 1994) (Vidal ,1992) (Molinary, 1982) (Yi Chao, 1998).

Una valiosa herramienta que permite valorar resultados de la circulación en el área de interés fueron las imágenes del satélite altimétrico TOPEX-POSEIDON disponibles en Internet.

Otra útil herramienta que se utilizará para corroborar nuestras investigaciones son las imágenes desde IAS-POM de trayectorias superficiales de flotadores. En la actualidad los satélites rastrean dos tipos de flotadores uno que se mueve desde la superficie hasta aproximadamente 1m y el otro, que lo hace simulando como si fuera un derrame de hidrocarburos, moviéndose solamente en la superficie. Este último tipo de flotador es muy beneficioso en el seguimiento de manchas de hidrocarburos.

La interpretación de la información y su representación gráfica que se presentan no es única. Esto es inevitable cuando a un proceso dinámico continuo (como es el movimiento del mar) se le observa de manera esporádica e irregular por ello se recurre al acervo de conocimientos hidrológicos anteriores, a la experiencia y argumentos de investigadores que nos han precedido para que la interpretación de la información hidrológica que se presenta se acerque a la realidad tanto como sea factible. Tampoco es posible evitar cierta tendencia a interpolar en la coordenada de tiempo debido a las "lagunas" que inevitablemente existen al analizar un mismo fenómeno que ocurre en diferentes años.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### Conocimiento general del entorno marino en el mar intramericano.

El conocimiento del comportamiento de las corrientes, así como de los patrones de circulación en la mesoescala reviste gran importancia no sólo a escala regional sino global ya que las particularidades de estas corrientes que surgen y se desarrollan en este mar por su composición térmica actúan indiscutiblemente sobre el desarrollo de los procesos atmosféricos sobre el Atlántico Norte y Europa (Suxobey, 1980). De todas formas, estas investigaciones nos permiten conocer mejor el sistema de corrientes que rodean al archipiélago cubano por la conectividad inseparable de las aguas oceánicas cubanas con el Mar Intramericano.

El Mar intramericano (siglas en inglés IAS), comprende numerosos sistemas ecológicos marinos (Cowen y Castro 1994) con zonas valiosas destinadas a la pesca comercial y recreativa. La flora y fauna costera están compuestas por numerosos arrecifes coralinos, lechos de plantas acuáticas, bosques de mangles, lagunas costeras y estuarios (Maul 1993). En el se desarrollan intensas labores de extracción de gas y petróleo y se trasladan supertanqueros. Se conectan varios ecosistemas al producirse la dispersión de huevos y larvas por toda la región. Las corrientes también contribuyen a la transportación y dispersión de contaminantes y desperdicios producidos por los barcos. El IAS es un claro candidato al Gran Ecosistema Marino, centrando la atención cuando es bien comprendida la interacción que existe entre los organismos y su medio ambiente oceánico. (Sherman, 1993)

La transportación marina y las operaciones de búsqueda y rescate son afectadas significativamente por la falta de conocimiento detallado de las fuertes corrientes superficiales de la Corriente del Golfo o Gulf Stream cuando ocurren colisiones, incidentes de personas en cubierta o cuando los barcos quedan a la deriva.

Los derramamientos de petróleo en las costas del Mar Intramericano causan un notable impacto.

En 1995, la OMI (Organización Marítima Internacional de las Naciones Unidas) estimó que el Mar Caribe es el segundo entorno regional (el Mar Mediterráneo es el primero) de mayor riesgo debido a los derramamientos de petróleo.

Por todo lo antes visto, se considera que los procesos que se desarrollan en la región del Gran Caribe, son de una importancia transcendental para los estudios desarrollados alrededor de Cuba.

Por esta razón, la interpretación de los fenómenos atmosféricos y oceánicos, que se desarrollan cercanos a la isla de Cuba, deben ser conocidos e investigados con profundidad, por estar enlazados de forma directa con los objetivos de la presente investigación.

### Circulación General en el mar intramericano.

La mayor parte de las aguas que atraviesan el Atlántico Sur desde el continente Africano, se dividen en dos ramas a la altura del Cabo San Roque en el Brasil, una que se dirige al S y otra al N. La rama que avanza hacia el N penetra al Caribe a través del Arco Antillano, una vez en él, este volumen se divide en dos: una corriente E, que fluctúa entre las Islas del Arco y otra W que bordea las costas de

América del Sur y Central antes de llegar al Estrecho de Yucatán. Esta corriente que atraviesa el estrecho es conocida como la Corriente de Yucatán y después es conocida como "Loop Current" o "Corriente de Lazo" cuando penetra hacia el N de la parte E del Golfo de México. (Moore C. & Maul G., 1996). En la imagen que aparece a continuación (Figura 2) el trazo verde se corresponde con el seguimiento de una boya de deriva, la cual permite corroborar la presencia de un gran giro anticiclónico que penetra en el Golfo de México.

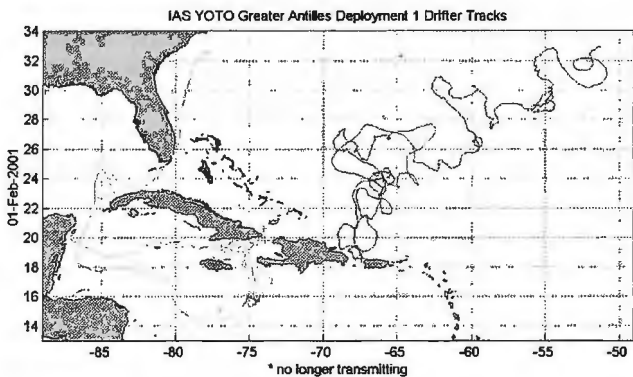


Figura 2. Seguimiento de flotadores a la deriva

La Corriente del Golfo gira anticiclónicamente para salir por el E a través del Estrecho de la Florida donde es conocida como la Corriente de La Florida transportando un volumen de alrededor de 30 Sv (Molinari et al., 1985) y (Schmitz and Richardson, 1991).

En todos los estrechos y pasos del extremo sur del arco Antillano las corrientes son fuertes especialmente entre las islas Barbados y Trinidad – Tobago en la costa de Venezuela, así como en el estrecho de la Florida. Se puede considerar, que en todo el mediterráneo americano se mueven corrientes con velocidades apreciables.

Al tratar la circulación general de las corrientes superficiales en el área, es interesante comentar la estrecha relación de los principales ríos que desagüan en las aguas oceánicas de la región. El desagüe de los ríos se manifiesta en las descargas flotantes que son importantes para el transporte de nutrientes y de la biota de agua dulce por largas distancias. (Muller-Karger et al., 1995; Corredor et al., 1996; Morell et al., 1996).

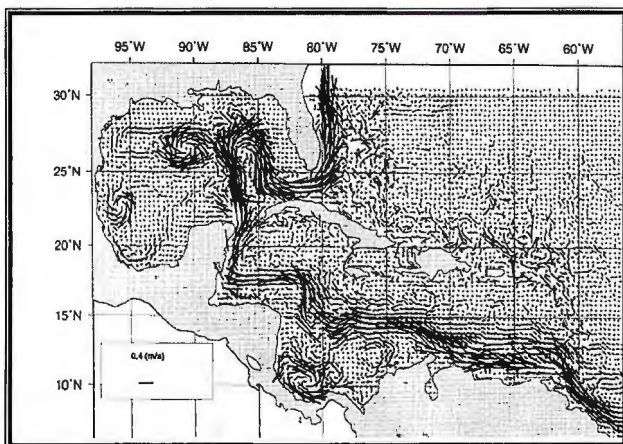


Figura 3. Corrientes superficiales desde IAS-POM

La circulación a lo largo del S de Cuba es dominada por periódicos giros, corrientes y contracorrientes a lo largo de la costa, frentes oceánicos y zonas de hundimientos

que conducen a la recirculación y al hundimiento. (Díaz et al., 1991).

La imagen que se muestra a continuación refleja la circulación general de las corrientes superficiales en el Mar Intramericano. (Figura 3)

### Circulación de las corrientes marinas superficiales en el Golfo de México.

El Golfo de México dadas sus características de variabilidad e intensidad en su circulación constituye un interesante e importante objeto de estudio para las investigaciones oceanográficas.

Según las Pilot Chart el flujo de agua que entra al Golfo de México a través del canal de Yucatán, una vez en éste se divide en tres ramas principales:

Una rama del flujo se mueve hacia el W a través del banco de Campeche (situado al S del paralelo 23° N) bordeando la península de Yucatán hasta entrar al Golfo del mismo nombre donde cercano a la desembocadura del río Grande cambia hacia el N, esta corriente aumenta su velocidad en verano producto a la acción de los vientos del S. En invierno los fuertes vientos del N a menudo neutralizan esta corriente e incluso la hacen fluir en sentido contrario, como resultado del mismo se aprecia a menudo en los meses de invierno una contracorriente de rumbo E a lo largo de toda la costa S del golfo. El límite de esta corriente se encuentra 30 millas mar adentro y su velocidad oscila entre los 1 y 1.5 nudos. En el resto de los meses de verano esta contracorriente cesa y la corriente W antes mencionada prevalece. La segunda rama se mueve al NW-NNW hasta el delta del río Mississippi. Esta corriente ha registrado valores extremos de velocidad de la corriente en un rango de 3-6 nudos cuando inciden vientos persistentes del E de fuerza 3, sin embargo en régimen habitual la velocidad media es de 1 nudo, al acercarse al delta del río la corriente gira al W, hacia Galveston con un rango de velocidad de alrededor de 1 ó 2 nudos, esta corriente se extiende 50 millas mar adentro y se piensa que aumenta en intensidad en parajes someros. Al subir de Galveston la corriente sigue la línea litoral hacia el SW y converge con la primera rama descrita que circula por el golfo de Campeche. Esta zona de convergencia se encuentra en la latitud de Corpus Cristi aproximadamente en los meses de verano (abril a octubre) y en invierno se aleja al S algo más en esta dirección del delta del río Grande.

En esta convergencia se asume que gran parte de este flujo desciende por debajo de la capa superficial y existe cierta evidencia de una corriente predominante al E.

La tercera rama de esta corriente al pasar el canal de Yucatán cambia al ENE hacia el estrecho de la Florida con velocidades medias entre 1 y 1.5 nudos, dividiéndose en dos ramas: Una en su extremo N cambia su rumbo al NNW a través de la costa W de la Península de la Florida. Esta corriente sigue la tendencia de la línea de costa bordeando la parte NE del golfo y en la desembocadura del Mississippi, producto de su interacción frontal con el torrente que emana de dicho delta, una gran parte de este flujo se desvía al SE, marcando ésta la frontera N de la corriente de lazo (el giro anticiclónico principal). La otra parte de la rama gira desde su rumbo inicial hasta alcanzar el SE y se vuelve más constante y fuerte según se acerca al estrecho



# 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)



entre los cayos de la Florida y Cuba, este flujo constituye el comienzo de la corriente del Golfo.

Lo comentado anteriormente presenta el patrón de circulación general dominante en el Golfo de México. Las características más estudiadas e importantes de esta circulación general: La corriente de lazo y los giros anticiclónicos y ciclónicos que de ésta se separan. La corriente de lazo es de particular interés, dado que en su parte E, ésta suministra una importante fracción del flujo de agua que forma la corriente del golfo aproximadamente  $30 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Nowlin, 1972). (Figura 4)

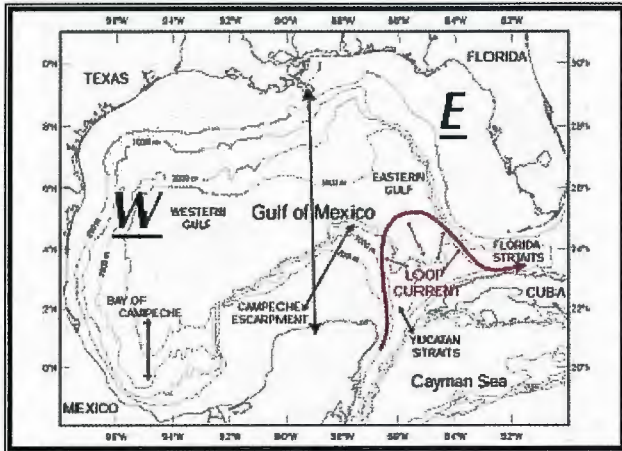


Figura 4. Interacción de la corriente de lazo en la formación de la parte inicial de la corriente del Golfo

La Corriente de Lazo o Loop Current, está constituida por un giro anticiclónico que se forma en la parte E del golfo, el cual libera o cede de su núcleo giros anticiclónicos y ciclónicos conocidos como Eddy, estos típicamente tiene dimensiones de alrededor de 360 km y se trasladan dentro del golfo a una velocidad de  $2.4 \text{ cm s}^{-1}$  (Elliot, 1979). Tanto la corriente de lazo como los giros que se desprenden son las principales fuentes de energía que controlan la circulación en la mesoescala en el golfo.

#### Características físico – geográficas.

La hidrología de las aguas oceánicas de la región Noroccidental de Cuba por su situación geográfica posee características muy particulares.

En su extremo más occidental se encuentra el Canal de Yucatán que es el único acceso del Mar Caribe al Golfo de

México. Tiene una profundidad de umbral de 2040 m (Gallagos A, 1996) y un área de sección de  $285 \text{ Km}^2$  a través de la cual fluye una cantidad significativa de calor. La corriente en este canal denominada Corriente de Yucatán es una de las más raudas del océano mundial.

En su parte N, entre el extremo S del estado de Florida (EUA) y la isla de Cuba se encuentra el Estrecho de Florida, que constituye la única vía de comunicación directa entre el Golfo de México y el Océano Atlántico Norte, tiene orientación E - W y una profundidad de umbral de apenas 800 m con un área de sección de  $145 \text{ Km}^2$ , por el fluye una de las más potentes corrientes del océano mundial la Corriente del Golfo llamada, en esta zona, por algunos autores Corriente de Florida.

La región Norcentral de Cuba limita al N con los canales de Nicolás (entre la costa N de Cuba y el Banco de Cayo Sal) y el Canal Viejo de Las Bahamas (entre la costa N de la isla de Cuba y el Banco de Bahamas). Constituyen canales estrechos y profundos con profundidades que oscilan entre los 1200 m en sus extremos y 400 – 500 m en su interior, por el mismo fluyen corrientes y contracorrientes moduladas por la acción de las mareas. Posee una extensa y no muy profunda plataforma la que con su intercambio termohalino con el mar abierto le confieren características muy particulares a la hidrología de la zona.

En la región Nororiental de Cuba convergen las aguas de la corriente ecuatorial norte con las provenientes del Canal Viejo de Las Bahamas ambas con características hidrológicas muy particulares las que se incorporan al sistema de Corrientes del Mar Caribe por el Paso de los Vientos.

El Paso de Los Vientos es uno de los canales más profundo del Arco de Las Antillas (1688 m), por el mismo fluyen las masas de agua subsuperficiales, intermedias y profundas del océano Atlántico.

La costa S de Cuba presenta golfos como el de Guacanayabo, el de Ana María y el de Batabanó. En ellos emergen numerosos cayos, pertenecientes al archipiélago de Jardines de la Reina y de los Canarreos separados por la Fosa de Jagua con grandes profundidades que penetran hasta muy cerca de las costas de Cienfuegos lo que le confiere, también, características hidrológicas muy particulares a esta zona.

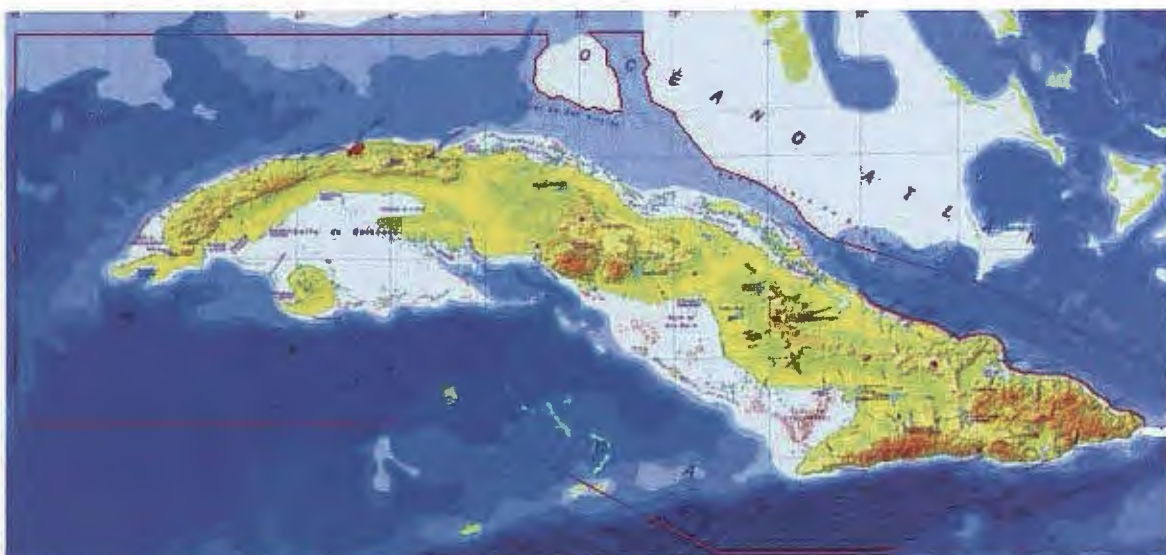


Figura 5. Zona que abarca la base de datos de corrientes.



El análisis del clima nos presenta un predominio de condiciones climáticas características de un clima tropical marítimo, con una distribución estacional de las lluvias. Entre las particularidades del clima cubano que más influyen en el régimen de corrientes marinas se encuentra la transferencia de energía mecánica (esfuerzo del viento) y energía térmica (evaporación y precipitaciones) en la interfase océano – atmósfera, así como la ocurrencia de importantes eventos meteorológicos como los huracanes, frentes fríos, tormentas tropicales, los persistentes vientos alisios y los “sures”.

Teniendo en cuenta toda esta información y una vez organizada toda la información primaria de temperatura y salinidad se calculó las corrientes geostróficas mediante la aplicación del Método Dinámico. A continuación se procedió a crear una base de datos de corrientes oceánicas superficiales, en formato digital, de las aguas mencionadas, con un paso de rejilla de 1 milla (la actual es de 5 millas). Para esto fue necesario cuadricular a 1 x 1 milla náutica las aguas adyacentes a Cuba, asignándole a cada centro de rejilla un valor de velocidad y dirección de corrientes por cada trimestre del año promedio.

El método físico – matemático para la elaboración del modelo es el método de Interpolación, basándose en la utilización de la data histórica de estaciones de corrientes ejecutadas en el área donde la intensidad de la corriente será promediada por estaciones, obteniéndose un vector de corriente representando la velocidad y dirección en cada estación.

Las épocas del año a considerar son:

1. Diciembre, enero y febrero (invierno).
2. Marzo, abril y mayo (transición invierno – verano).
3. Junio, julio y agosto (verano).
4. Septiembre, octubre y noviembre (transición verano – invierno).

Las regiones en que se dividió las aguas adyacentes a Cuba fueron:

1. Noroccidental (desde el Estrecho de Yucatán hasta la entrada occidental del Canal de San Nicolás, incluyendo el Estrecho de la Florida y la ZEE de Cuba en el Golfo de México).
2. Norcentral (canales de San Nicolás, Viejo de Bahamas y Santarén).
3. Nororiental (desde la parte oriental del Canal Viejo de Bahamas hasta el Paso de los Vientos o Punta de Maisí).
4. Suroriental (desde la Punta de Maisí hasta Cabo Cruz).
5. Surcentral (desde Cabo Cruz hasta el oriente de Isla de la Juventud).
6. Suroccidental (desde Isla de la Juventud hasta el Estrecho de Yucatán).

Se incorporará una base de datos histórica de vientos del Instituto de Meteorología (INSMET) de CITMA para las mismas etapas y regiones. Esta base de datos será estadística en forma de distribución frecuencial del viento por 8 rumbos y rangos de velocidad, se prevé también utilizar el procesamiento estadístico de los datos de viento disponibles en formato digital de los faros con vigilancia (alrededor de 15 años de datos). El procesamiento de estas series se haría con el uso de softwares de procesamiento estadístico comunes lo cual disminuiría el tiempo de trabajo considerablemente.

La base de datos utilizada por el sistema se presentó de forma digital, en un archivo ASCII, formato de texto, así como en un fichero de datos (.dat) y en formato de un libro de Microsoft Excel (.xls), para facilitar la visualización de los datos, los tres ficheros tendrán el mismo esquema de distribución de los datos en columnas, donde la primera columna se corresponde al número del nodo o cuadrícula, la segunda y la tercera columna a la longitud y a la latitud en grados (coordenadas geográficas), la cuarta y la quinta columna son la dirección y velocidad de la corriente en m/s, expresada la dirección en ángulos (0-360°). (tabla 4)

| No. Nodo | Longitud     | Latitud     | dirección | Velocidad |
|----------|--------------|-------------|-----------|-----------|
| 1        | -82,65017713 | 23,10484785 | 68        | 0,5       |
| 2        | -82,65123595 | 23,19422128 | 68        | 0,5       |
| 3        | -82,55262647 | 23,10580701 | 78        | 0,4       |
| 4        | -82,55361303 | 23,19431333 | 70        | 0,5       |
| 5        | -82,55369069 | 23,28542854 | 72        | 0,6       |
| 6        | -82,65230642 | 23,28445926 | 72        | 0,6       |
| 7        | -82,65149867 | 23,37471294 | 74        | 0,8       |

Tabla 4. Ejemplo del formato tipo de los ficheros.

La programación del modelo se está realizando en conjunto con la Facultad de Matemáticas y Computación de la Universidad de la Habana (UH), para ellos se le entregaron los ficheros acompañado de una memoria descriptiva de los trabajos realizados con una explicación de la estructura de datos y su utilización. También se anexaron a la memoria descriptiva mapas de las 6 regiones propuestas y para las cuatro épocas del año con los vectores de corriente oceánica media.

En estos momentos contamos con una versión preliminar del modelo (Deriva 2.0), el cual se encuentra en fase de prueba en nuestra institución.

## CONCLUSIONES.

Las conclusiones del presente trabajo estarán enfocadas en resumir cuales fueron las principales tareas ejecutadas, para realizar este estudio, la actualidad e interés que presenta para las F.A.R y la economía, así como, la novedad científica y cuales resultados esperamos que tenga.

### Tareas ejecutadas para la investigación:

1. Recopilación de la información existente de corrientes oceánicas tanto en base digital o copia dura.
2. Procesamiento de la información.
3. Conformación de la base cartográfica 1:500 000 para las zonas occidental, central y oriental.
4. División en cuadrículas (1x1 milla náutica).
5. Creación de ficheros con cuadrículas y sus coordenadas.
6. Elaboración de los esquemas de circulación de corrientes marinas sobre la base cartográfica en papel, a partir del análisis de la información disponible descrita en capítulos anteriores
7. Ploteo de los vectores de corrientes.
8. Introducción de los datos de corrientes (velocidad y dirección).
9. Procesamiento estadístico de la base de datos de viento o contratación a INSMET de la misma.
10. Elaboración de los esquemas de comportamiento del viento sobre la misma base cartográfica.
11. Ploteo de los vectores de viento.
12. Caracterizar el comportamiento de las corrientes marinas en el nivel superficial alrededor de la costa de Cuba, desde el borde exterior de la plataforma hasta 15 millas de esta.

13. Cartografiar los patrones de circulación de las aguas en la región, en las escalas que aseguren los intereses de las F.A.R y la economía.

#### **Actualidad del tema e Interés que presenta para las F.A.R.**

Este trabajo escogido tendría un amplio espectro de utilización y aplicaciones como las que enumeramos a continuación:

1. El pronóstico de posibles derrames de hidrocarburos ante la perspectiva de prospección petrolera en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) de Cuba en el Golfo de México o de buques en tránsito en la cercanía de nuestras aguas. Todo esto es fundamental en los Estudios de Peligros y Riesgos y de Impacto Ambiental.
2. El seguimiento de manchas de hidrocarburos en tiempo real ante la ocurrencia de accidentes con el fin de tomar las medidas pertinentes para minimizar su impacto en la zona costera.
3. Determinar la procedencia aproximada de manchas de hidrocarburos u otros contaminantes que arriben a nuestras costas con el objetivo de establecer la correspondiente responsabilidad legal.
4. En la lucha antinarcóticos en el mar, determinando la procedencia de los arribos de drogas a nuestras costas para establecer "modus operandis".
5. En el salvamento y rescate de naufragios.
6. En la lucha contraminas y en la preparación de trabajos de minados defensivos, como parte de la preparación del Teatro de Operaciones Navales.
7. En el esclarecimiento de hechos delictivos en el mar.

#### **Novedad científica**

- Propuesta de un modelo teórico de pronóstico de las corrientes marinas en las costas de Cuba.
- Esta metodología de pronóstico de corriente podrá extrapolarse a otras áreas tengan las mismas características naturales y condiciones de diseño del presente tema.
- Diseño y elaboración de herramientas para que los usuarios puedan llevar acabo de forma operativa el pronóstico de corrientes marinas para las aplicaciones propuestas.
- Rápido diagnóstico oceanográfico del movimiento de manchas de hidrocarburos y objetos a la deriva, hasta 15 millas de la costa en toda la isla de Cuba.

#### **Resultados esperados**

- Creación y posibilidad de actualización del modelo de pronósticos de corrientes marinas en las costas de Cuba.
- Monografía científica sobre las características oceanográficas en la zona de estudio.
- Elaboración de las cartas de corrientes de las zonas en cuestión.

#### **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Álbum de Corrientes Superficiales. (1980). ICH
2. Aragno F.J (1980): Dinámica del Mar Caribe en la costa venezolana (abstracto)
3. Aragno F.J (1983): Derrame de las aguas del río Orinoco en el Mar Caribe Sudoriental.
4. Atlas of Monthly Mean Sea Surface and Subsurface Temperature and Depth of the Top of the Thermocline Gulf of Mexico and Caribbean Sea. Margaretk Robinson. University of California, San Diego.1973.
5. BELAEV B. N., BOLDIREV V. S. (1963): Aplicación de la teoría de las funciones aleatorias al estudio de las corrientes marinas. Oceanología, tomo III.
6. BERIOZKIN V.A. (1947): Dinámica del mar.
7. Bessonov, N., Elizarov, A. y Gonzalez, O. (1991) Resultados de las investigaciones Cubano-Soviéticas en el Banco de Campeche. (abstracto)
8. Blázquez Echandi Leopoldo. (1981): Algunos Aspectos del Régimen de Temperatura en la Plataforma Noroccidental de Cuba y la región oceánica adyacente. Octubre de 1981. Instituto de Oceanología.
9. Bulgacov H.P. y Paranichev L.G. Estructura Termohalina de las aguas de la parte central del Mar Caribe y la región de la Isla de Granada.
10. Carton, J., and Yi Chao (1999): Caribbean Sea eddies inferred from TOPEX/POSEIDON altimetry and an eddy-resolving Atlantic Ocean model, J. Geophys. Res., 104, 7743-7752.

11. Chao, Yi, A. Gangopadhyay, F. O. Bryan, W. R. Holland (1996): Modeling the Gulf Stream system: how far from reality?, Geophys. Res. Letts., 23, 3155-3158, 1996.
12. Cordero C., Gutiérrez A., Cerveto O y Pérez J. (1996): Generalización de las características hidrodinámica de la costa norte de Cuba (septiembre 1996- Febrero 1997), GEOCUBA, La Habana.1-84.
13. Derrotero de las costas de CUBA (1989): Región Marítima del Norte y Sur. Tomo 1 y 2. ICH. La Habana.
14. Díaz Llanes. (1999): Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección EL MAR.
15. Dirección Central del Servicio Hidrometeorológico del Consejo de Ministro de la URSS. Instituto Estatal Oceanográfico. Manual de trabajos hidrológicos en océanos y mares. II Edición, rectificada y complementada. Leningrado (1977).
16. Dr. Cs. Álvarez de Zaya C. - Metodología de la investigación Científica. La Habana 2001.
17. DrC. Cor. Servicios Médicos Zanetti Vilá O.- Metodología del Trabajo Científico Militar. La Habana 1986.
18. EGOROV, N. I. (1983): Oceanografía Física. Leningrado. Ed. Guidrometoizdat. 434 pp.
19. Emilsson, I. (1991): On the upper layer circulation in the Caiman Sea ( abstract)
20. Emilsson, I. Y Gómez J. (1991): La red de estaciones fijas alrededor de Cuba y notas sobre los resultados de los tres primeros Cruceros (abstracto)
21. FELSENBAUM A. I. (1960): Fundamentos teóricos y métodos de cálculo de las corrientes marinas.
22. Folleto: Cómo se modela la Investigación Científica.
23. FOMIN L. M. (1961): Fundamentos teóricos del método dinámico y su aplicación en la oceanología.
24. Fukuoka, J. (1982): Circulación general de las corrientes y características del afloramiento en el Mar Caribe.(abstracto)
25. Gallegos A, Victoria I. y colaboradores (2000): Condiciones Oceánicas en el Canal de Yucatán, el Estrecho de la Florida, el Canal Viejo de Las Bahamas, el Paso de los Vicentos, el Estrecho de Colón y el Mar de Caimán en noviembre de 1989 y abril de 1991.Volumen 1. Informe Científico Técnico. Instituto de Oceanología
26. Gallegos A. y S. Zitrom, (1996): Aspectos de la Oceanografía Física Regional del Mar Caribe, en Oceanografía Física de México, Monografía no 5, Unión Geofísica Mexicana, compilada por Miguel F. Lavín. ( En prensa)
27. García C. (1990): Corrientes Superficiales alrededor de Cuba. Instituto de Investigaciones Pesqueras.
28. García C. (1981): Corrientes en la Región Norcentral de Cuba. CIP. La Habana. Inédito.
29. García C. (1981): Temperatura de las aguas oceánicas de Cuba I. Aguas Superficiales, II. Aguas Subsuperficiales. Rev. Cub. de Inv. Pes. Vol 6. No2.
30. García C. (1992): Betanzos A. Corrientes alrededor de Cuba. C.I.P ( inédito)
31. García C. et. al., (1991): Corrientes Geostroóficas en la ZEE al sur de Cuba. Revista de Investigaciones Pesqueras.Vol.12,No.1-3,1991
32. Gómez J.A . (1980): Corrientes Geostroóficas alrededor de Cuba. C.I.P
33. Gómez J.A. (1972): Corrientes Geostroóficas Alrededor de Cuba. Centro de investigaciones Pesqueras. (C.I.P)
34. Gutiérrez A. Pérez J, Barbeito R, Moreau P. (1997): Características Hidrodinámicas de la Costa Norte de Cuba.(Junio 1997),GEOCUBA , La Habana.1-55 .
35. Gutiérrez A. Pérez J, Barbeito R, Moreau P. (1997): Generalización de las características termohalinas y dinámicas en la costa norte de Cuba.( septiembre 96- febrero 97) (Junio 97 - diciembre 1997), GEOCUBA . La Habana.1-70 .
36. Gutiérrez A. Pérez J, Barbeito R, Moreau P. (1998): Estudio de las características hidrológicas y de la circulación de las aguas alrededor de Cuba durante septiembre de 1998, GEOCUBA, La Habana.1-100.
37. Gutiérrez et. al., (2001): Comportamiento de la temperatura superficial del mar alrededor de Cuba en un período de 33 años. CD/MAR CUBA
38. Hernández B. (1993): Características hidrometeorológicas al S de la Isla de la Juventud en abril de 1993. CIP.(inédito)
39. Informe del IV Crucero Oceanográfico del B.I.C "ULISES" (Mayo - Junio 1989)
40. Informe Final del Plan Corrientes (1989-1990). ICH. (inédito)
41. INSMET (1991): Resumen Climático de Cuba. Editorial Academia. La Habana. 127 pp.
42. Instituto Cubano de Hidrografía (1993): Álbum de corrientes superficiales para estimar la posible trayectoria de objetos a la deriva y sustancias contaminantes.
43. Leming.T.D : Eddies west of the southern Lesser Antilles ( abstract)
44. Mario Borge. La Investigación Científica. Barcelona 1966.
45. Moores C., Maul G. (1999): INTRA- AMERICAS SEA CIRCULATION. Chapter 7.ISBN0-471-11545-2.
46. Ostapoff, F. Ocean- atmosphere interaction in the Caribbean sea viewed from the oceanographic side.( abstract)
47. Pauluhn, and Yi Chao (1999): Tracking eddies in the subtropical North-Western Atlantic Ocean. Phys. Chem. Earth (A), 24, 415-421., NBC Rings and Caribbean Eddies from TOPEX/POSEIDON Observations.
48. Perthro, I Distribution of mass in the near surface waters of the Caribbean. (abstract)
49. Rossow V.V. (1971): El Sistema de Corrientes del Mediterráneo Americano. (Diciembre de 1966). Instituto de Oceanología.
50. Siam C. (1983): Corrientes Superficiales alrededor de Cuba. Centro Invest. Pesqueras.1983
51. Siam C. y García C. (1981): Temperatura de las aguas oceánicas de Cuba : Profundidad de inicio de la termocline en las aguas oceánicas de Cuba. Rev. Cub. de Inv. Pes. Vol 6. No2. 1981.
52. Special Publication Environmental Atlas of the tongue of the Ocean Bahamas. U.S Naval Oceanographic Office 1967.
53. Suhobey B. F. (1980): Hidrología del Mar Caribe y el Golfo de México, 180 pp. Leningrado 1980.
54. Suhobey B. F.(1980): Hidrología del Mar Caribe y el Golfo de México.(Leningrado 1980 )
55. Tápanes, J.J. (1972): Hidrología de la plataforma cubana. Juventud Técnica, 73:82-96,74:73-88.
56. Viamontes F. J. (1996): Características Hidrodinámicas de la Costa Norte de Cuba en los meses de febrero y marzo de 1996. Informe Científico Técnico. GEOCUBA Estudios Marinos.
57. Victor M., Vidal F. y Hernández A. (1986): Atlas Oceanográfico del Golfo de México (volumen I y II). Grupo de Estudios Oceanográficos. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México. 1986.
58. William J Schmitz Jr: On the Circulation In and Around the Gulf of Mexico VOLUME I A Review of the Deep Water Circulation ( abstract)
59. Wust, G., 1964: Stratification and Circulation in the Antillean Caribbean Basins, Part I. Columbia University Press, New York, 201 pp.
60. Y. Chao, B.N. Cheng ,F.O. Bryan, W.R. Holland J.A. Carton and K. Ide, M. Ghil (1999): Studies Of The North Atlantic Ocean Circulation And Its Variability Using Topex/Poseidon Data And Eddy-Resolving Models.
61. Yury Golubev and Y. Hsueh (1998): Temperature variability in the northeastern Gulf of Mexico in 1997-1998.Abstract
62. Zayas Agüero P. – El rombo Investigativo. La Habana 1997.



# DISTRIBUCIÓN DE LOS HÁBITATS BENTÓNICOS DEL GOLFO DE BATABANÓ, CUBA, MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE IMÁGENES LANDSAT-7.

Sergio Lorenzo-Sánchez<sup>1\*</sup>, Sergio Cerdeira-Estrada<sup>1</sup>, Carlos Martínez-Bayón<sup>1</sup>, Arsenio Areces-Mallea<sup>1</sup>  
Norberto Capetillo Piñar<sup>2</sup>, Ayetsa Martínez Serrano<sup>3</sup>

(1) Instituto de Oceanología, Departamento de Oceanografía Física y Química y Departamento de Biología Marina. La Habana, Cuba.

(2) Centro de Investigaciones Pesqueras. Cuba.

(3) Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana. Cuba.

XII Convencion y Expo. Internacional

## Resumen

Se identificaron 5 Hábitats Bentónicos del Golfo de Batabanó en Cuba, teniendo en cuenta el sustrato y la vegetación submarina (pastos marinos y macroalgas), mediante la clasificación supervisada de cinco imágenes del sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), del satélite LANDSAT-7. Se obtuvieron un total de 45 estaciones de muestreo o campos de muestra, distribuidos por todo el Golfo de Batabanó en mayo del 2003.

**Palabras claves:** biotopos, hábitats, Golfo de Batabanó, Cuba, LANDSAT, satélite.

## Abstract

We identify 5 habitats on Gulf of Batabano in Cuba, considering the substratum and the underwater vegetation (marine grass and macroseaweed), through the Supervised classification of five satellite images of LANDSAT-7 (sensor Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM+).

**Keywords:** biotope, habitats, Gulf of Batabano, Cuba, LANDSAT, satellite.

## 1. Introducción

Resulta importante evaluar el estado ecológico actual, el grado de deterioro y el potencial de regeneración de los ecosistemas marinos del Golfo de Batabanó (GB), con vistas a su uso sostenible, así como cartografiar sus fondos (biotopos).

El Golfo de Batabanó constituye la plataforma insular suroccidental cubana y está situado en la costa meridional occidental de Cuba, separado del Mar Caribe por la Isla de la Juventud y el Archipiélago de los Canarreos. Posee un área aproximada de 21 285 km<sup>2</sup> (Areces y cols. 2004). Es una prolongación submarina de la llanura cársica meridional en forma de plataforma insular de escasa profundidad. Entre los accidentes geográficos más importantes están; la Península de Zapata, las ensenadas de La Broa, Cortés y Siguaneya y el Archipiélago de Los Canarreos. El borde exterior de la plataforma (frontera del golfo con el Mar Caribe) está cubierto de arrecifes coralinos costeros.

La macrolaguna del GB tiene un significativo rol tanto para la pesca comercial como de subsistencia al constituir la principal zona langostera del país; aunque también los peces, principalmente los demersales de arrecifes como los pargos y roncós, y algunos pelágico-neríticos como las sardinas y los jureles, constituyen un importante renglón pesquero (Claro y Reshetnikov, 2002).

Resulta importante evaluar el estado ecológico actual, el grado de deterioro y el potencial de regeneración de este ecosistema marino, con vistas a su uso sostenible, así como cartografiar sus hábitats bentónicos (biotopos), es decir, el contexto físico-biológico en el que vive una especie, una población o una comunidad.

En Cuba los pastos lagunares están dominados generalmente por las fanerógamas: *Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii* y *Syringodium filiforme*; y por algas de los géneros *Halimeda*, *Udotea* y *Penicillum*. Éstas albergan innumerables organismos invertebrados y funcionan



(Figura 1). Posee importantes recursos pesqueros, entre los que destacan la langosta, algunas especies de peces y esponjas.



como refugio y fuente de alimento de múltiples vertebrados. La macrolaguna del GB, con una extensión aproximada de 20 000 km<sup>2</sup>, resulta la más extensa de nuestras costas (González-Ferrer y cols., 2004).

Baisre (1985), destacó información preliminar de los hábitats bentónicos del GB derivado de la delineación de complejos ecológicos de pesca y de la caracterización y estudio de los biotopos bentónicos más importantes de su plataforma insular SW (Gómez y cols., 1980; Lalana y Pérez, 1985; Revilla y Páez, 1990; Herrera y cols., 1991a, 1991b). Alcolado (1990) obtuvo una distribución de los biotopos marinos del Golfo de Batabanó tomando datos in situ a partir de cruceros de investigación en 150 estaciones sin un posicionamiento preciso, interpolando los resultados de las observaciones y confeccionando el trazado de los contornos; apoyado en una foto satelital rusa sin procesamiento óptico-mecánico.

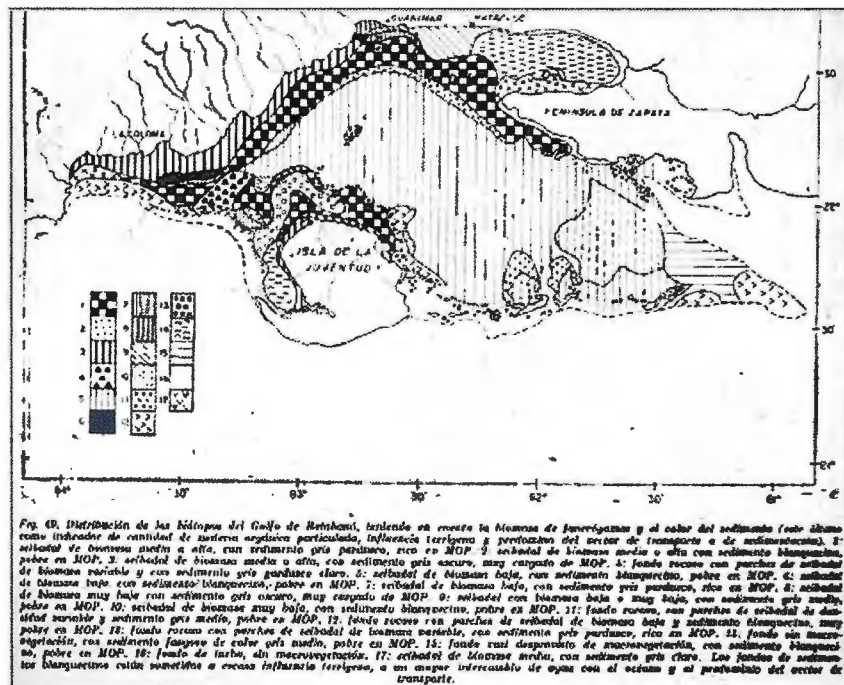


Fig. 2. Distribución de los biotopos del Golfo de Batabanó. Alcolado, 1990.

Revilla (1990) generó un mapa de tipos de fondo (Fig. 3) en la cual, combinó técnicas de interpretación visual de imágenes obtenidas por sensores fotográficos de plataformas rusas aéreo-espaciales y video analógico, con un muestreo a bordo de barcos de investigación.

Fotogramétricamente, Revilla no pudo eliminar, o al menos atenuar, las deformaciones provocadas por la geometría propia de la tierra y la del sensor espacial en el momento de la toma fotográfica, a partir de la foto-transformación, que en aquel momento se realizaba de forma óptico-mecánica; es por ello que la posición de cualquier punto medido sobre las fotografías tenía un error que podría llegar has-

ta cientos de metros en una dirección desconocida. Este mapa obtuvo cinco tipos de sustratos y no cobertura vegetal; sin embargo, la distribución de los fondos rocosos coincidió bastante con la de Alcolado.

La precisión cartográfica de la distribución espacial de los biotopos obtenidos hasta el momento en el Golfo de Batabanó, ha estado limitada por los métodos de posicionamiento y edición cartográfica que estaban al alcance de los especialistas en los momentos en que se realizaron dichos trabajos. Los contornos interpolados manualmente eran una aproximación grosera de la realidad. Este trabajo mejora la precisión entre los límites de los tipos de fondo al combinar la Percepción Remota, el Procesamiento Digital de Imágenes y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

La representación espacial de los fondos marinos es uno de los procesos más complejos dentro de la cartografía temática obtenida mediante imágenes, debido a la influencia que ejercen la atmósfera y la columna de agua al paso de la radiación electromagnética y a la dinámica constante a que está sometido el ambiente marino. En los últimos años, el paso de huracanes tropicales de gran intensidad por el golfo o cerca de él, pueden haber transformado los fondos, de manera que la cartografía que se realice caduca en poco tiempo.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Materiales

Se utilizaron 5 imágenes del sensor ETM+ correspondiente al satélite LANDSAT - 7, facilitadas por el Institute for Marine Remote Sensing (IMaRS) de la Universidad del Sur de la Florida (USF): Path 15 Row 44 - Marzo 11, 2001, Path 15 Row 45 - Enero 6, 2001, Path 16 Row 44 - Abril 3, 2001, Path 16 Row 45 - Enero 11, 2000 y Path 17 Row 45 - Noviembre 15, 1999. (Figura 4)

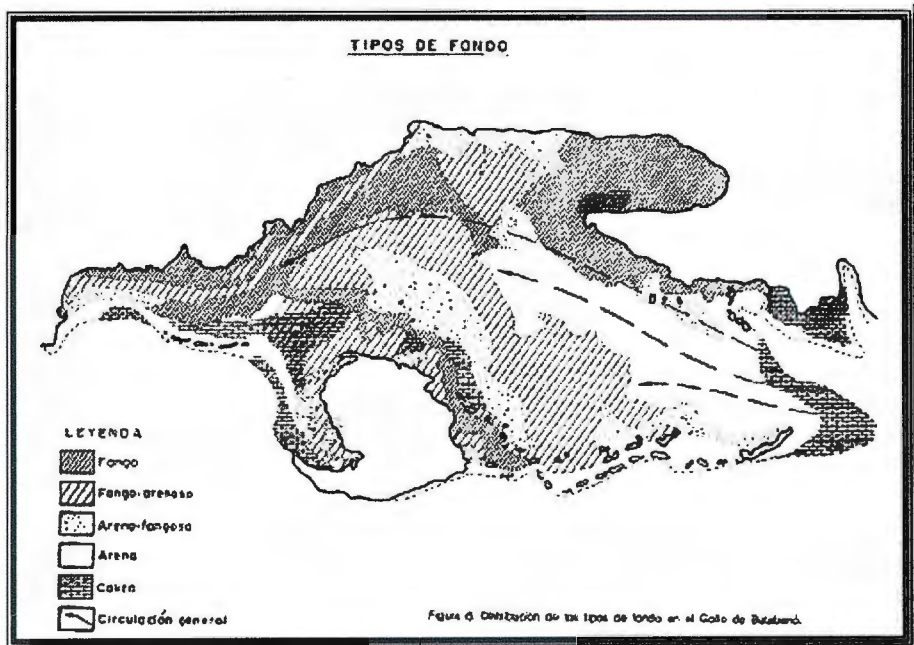


Fig. 3. Tipos de fondos del Golfo de Batabanó visto por Nancy Revilla en 1990.



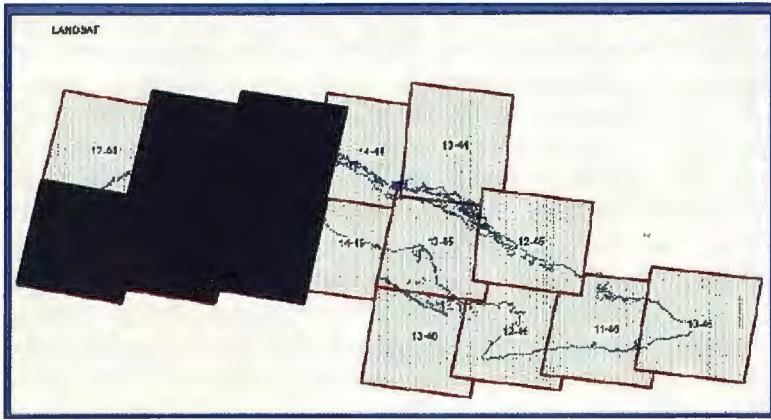


Fig. 4.- Catálogo del LANDSAT para la República de Cuba. En cuadros negros las imágenes utilizadas.

En la tabla 1 aparece la composición de las imágenes Landsat-7. Para la clasificación supervisada se utilizaron las bandas espectrales 3, 2 y 1.









| Sensor | Banda 1   | Banda 2   | Banda 3   | Banda 4   | Banda 5   | Banda 6   | Banda 7   | Banda 8   |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ETM+   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|        | 0.45-0.52   |   |   | 0.78-0.90   | 1.55-1.75   | 10.4-12.5   | 2.09-2.35   | 0.52-0.90   |

Tabla 1. Bandas espectrales que componen la imagen ETM+ del satélite Landsat-7.

En el procesamiento de las imágenes y la edición de la carta se utilizaron los programas ER Mapper 6.1, ENVI 3.6 y Mapinfo 6.5. La navegación se realizó empleando el programa FUGAWI.

## 2.2. Método

### 2.2.1. Esquema tecnológico diseñado para la confección de la carta de "Tipos de Fondos del Golfo de Batabanó". Figura 5.

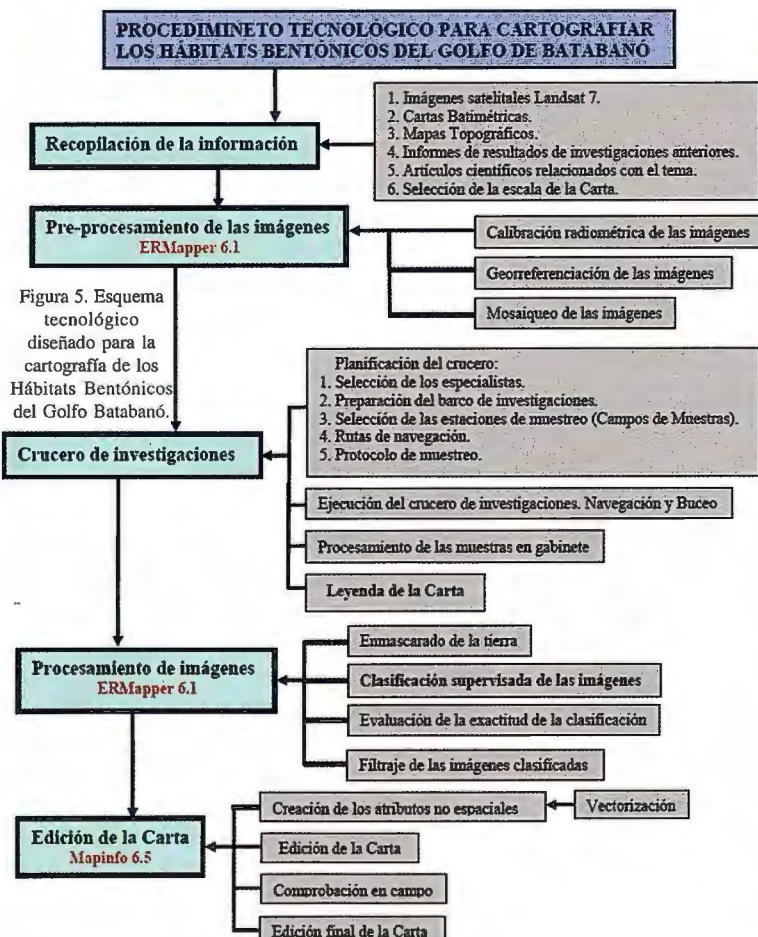


Figura 5. Esquema tecnológico diseñado para la cartografía de los Hábitats Bentónicos del Golfo de Batabanó.

La calibración radiométrica de las imágenes se le realiza a las imágenes originales con el objetivo de atenuar los efectos de absorción y dispersión de la luz a su paso por la atmósfera y la masa de agua. Primero se convirtió los niveles digitales a valores de radianza, luego los valores de radianza lo convertimos a valores de reflectancia y finalmente aplicamos las correcciones atmosféricas.

La corrección geométrica y por consiguiente, la georreferenciación de las imágenes con mayor precisión, se realizó a partir de la selección y ubicación de puntos de control distribuidos equitativamente por cada una de las imágenes. Por cada imagen fueron ubicados más de 10 puntos de control para aplicar una rectificación polinómica de tercer grado. Las coordenadas de estos puntos se midieron sobre mapas topográficos a escala 1:50 000 y otros se registraron con GPS.

El Datum Geodésico empleado fue NAD 27 y la proyección cartográfica la Cónica Conforme de Lambert, CubaNorte, ambos correspondientes a la zona de estudio.

Con las imágenes rectificadas y georreferenciadas se elaboró un mosaico RGB- 321 para tener una visión de conjunto de todo el golfo y realizar la planificación del crucero de investigación.

Un grupo multidisciplinario de especialistas involucrados en el proyecto seleccionó un total de 45 estaciones, que serán a su vez, los Campos de Muestra (c.d.m.) que se utilizarán en la Clasificación Supervisada de las imágenes.

La selección y ubicación de las mismas se realizó sobre el mosaico de imágenes, a partir de la interpretación visual de los fondos marinos y de investigaciones realizadas en la zona anteriormente. Figura 6.



Posteriormente se elaboró el derrotero de navegación. A bordo del barco "Cayo Lar-



go 26", se realizó el crucero de investigaciones por todo el golfo entre el 17 de mayo y el 1ro. de junio del 2003, donde se realizaron muestreos hidroquímicos y descripción de tipos de fondos y vegetación submarina, estas últimas corresponden a los c.d.m. que serán utilizados en la clasificación supervisada, (21 estaciones de observación y 24 de muestreo). Se determinó que la escala de representación cartográfica de la Carta final será a 1:250 000.

Durante el crucero de investigaciones se combinó la percepción remota con el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), al navegar sobre el mosaico de imágenes del golfo con el programa FUGAWI. Se realizaron mediciones de coordenadas ( $\phi, \lambda$ .) con precisión de hasta 3 m y la profundidad (d) en cada una de las estaciones.

En las estaciones de observación planificada, se realizó toma de videos submarinos como apoyo al muestreo.



Figura 6. Golfo de Batabanó, Cuba. Mosaico de 5 imágenes LANDSAT-7 (ETM+). En rojo, las 24 estaciones de muestreo y 21 de observaciones del crucero de investigaciones de mayo del 2003.

Se colectó vegetación en 24 de las estaciones muestreadas del Golfo de Batabanó y se evaluaron cuatro variables del pasto en cada estación. Para estimar la densidad (número de haces/m<sup>2</sup>), la cobertura (% de cubrimiento), la altura de la canopia de las fanerógamas (cm.), y la cobertura de algas (% de cubrimiento), se arrojaron al azar 5 cuadrados de 25



cm de lado (0.0625 m<sup>2</sup> de área). Mediante un tubo muestreador o corer de 15 cm de diámetro, se estimó la biomasa seca (g/m<sup>2</sup>) de fanerógamas, el cual se insertó cuatro veces en el fondo en un radio de 10 m, a partir de un

punto seleccionado al azar, evitando siempre los bordes del hábitat predominante en el lugar. La metodología empleada, está basada en la descrita en el Protocolo del monitoreo de los fondos blandos del Proyecto GEF/PNUD Sabana-Camagüey (Ott, J.A., 1990 y CARICOMP.



Mediante un tubo muestreador o corer de 15 cm de diámetro, se estimó la biomasa seca (g/m<sup>2</sup>) de fanerógamas, el cual se insertó cuatro veces en el fondo en un radio de 10 m, a partir de un



Durante el muestreo de campo se obtuvo un total de 27 tipos de fondo, a cada uno se le asignó un color. Tabla 2.

### 2.2.2. Clasificación supervisada de las imágenes.

La clasificación supervisada, parte de un conocimiento previo del terreno y define clases informacionales. Para la clasificación supervisada se utilizaron las bandas espectrales correspondientes a la banda azul (banda 1), verde (banda 2) y rojo (banda 3) de cada una de las imágenes. Tabla I. El procedimiento efectuado se muestra en la Figura 7.

En el esquema de clasificación se asocian dos atributos: la locación geográfica del hábitat en la plataforma insular cubana y la naturaleza del mismo, derivada de la combinación entre el tipo de sustrato y el grado de cobertura del mismo, asociando en un mapa de distribución de fondo a cada polígono un tipo específico de hábitat en un lugar determinado. Las zonas indican la localización del polígono y el hábitat indica la composición de cada comunidad bentónica delineada. En nuestro caso se analiza solo la zona denominada laguna interior correspondiente al Golfo Batabanó.

Previo a la clasificación supervisada enmascaramos todo el territorio emergido. Esto es necesario realizarlo para se-































| No. de Clases | Descripción del hábitat marino  | Color de las clases  |
|---------------|---|--|
| 1             | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> de baja densidad.  | Amarillo medio    |
| 2             | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> y <i>Halodule wrightii</i> de baja densidad con cobertura algal baja de <i>Halimeda</i> sp.  | Amarillo oscuro   |
| 3             | Pasto en parches de fanerógamas mixto de baja densidad con cobertura algal alta.  | Azul verde        |
| 4             | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> de densidad alta con cobertura algal media de <i>Penicillum dumetosus</i> , <i>Udotea</i> sp, <i>Laurencia</i> sp. y <i>Caulerpa prolifera</i> .                           | Bege              |
| 5             | Fondo arenoso desprovisto de vegetación   | Blanco            |
| 6             | Fondo microaurítico. Desprovisto de vegetación.   | Carmelita medio   |
| 7             | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> de alta densidad.  | Carmelita oscuro  |
| 8             | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> y <i>Syringodium philiphorme</i> de alta densidad con cobertura algal alta de <i>Penicillum</i> sp, <i>Udotea</i> sp, <i>Anadiomene stellata</i> y <i>Avrainvillia</i> sp. | Ciruela           |
| 9             | Pasto continuo de <i>Thalassia testudinum</i> y <i>Syringodium filiforme</i> de alta densidad con cobertura algal baja de <i>Udotea</i> sp, <i>Caulerpa prolifera</i> y <i>Penicillum dumetosus</i> .           | Ciruela claro     |
| 10            | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> de densidad alta con cobertura algal media de <i>Penicillum</i> y <i>Udotea</i> .  | Ciruela media     |
| 11            | Fondo areno-fangoso. Desprovisto de vegetación.   | Gris              |
| 12            | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> de baja densidad con cobertura algal alta de <i>Caulerpa paspaloides</i> y <i>Penicillum dumetosus</i> , <i>Halimeda</i> sp. y <i>Udotea</i> sp.                           | Morado            |
| 13            | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> y <i>Halodule wrightii</i> de baja densidad con cobertura algal media de <i>Udotea</i> , <i>Penicillum</i> , <i>Caulerpa parpaloides</i> y <i>Laurencia</i> sp.              | Morado claro      |
| 14            | Pasto en parches de <i>Thalassia testudinum</i> y <i>Syringodium filiforme</i> de densidad media con cobertura algal baja de <i>Penicillum</i> sp, <i>Halimeda</i> sp y <i>Udotea</i> sp.                       | Morado medio      |
| 15            | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> de densidad media con cobertura algal baja de <i>Penicillum</i> sp, <i>Udotea</i> sp y de <i>Avrainvillia</i> sp..   | Naranja claro    |
| 16            | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> de densidad media con cobertura algal baja de <i>Acetabularia</i> sp, <i>Penicillum dumetosus</i> y <i>Caulerpa</i> sp.  | Naranja medio   |
| 17            | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> de densidad media con cobertura algal media de <i>Udotea</i> sp y <i>Avrainvillea</i> sp.  | Naranja oscuro  |
| 18            | Fondo rocoso. Desprovisto de vegetación.  | Rojo            |
| 19            | Pasto en parches de <i>Thalassia testudinum</i> de baja densidad con cobertura algal media de <i>Penicillum dumetosus</i> .   | Rojo claro      |
| 20            | Pasto continuo de <i>Syringodium filiforme</i> , <i>Halophyla decipiens</i> , <i>Thalassia</i> y <i>Halodule wrightii</i> de alta densidad.   | Rojo oscuro     |
| 21            | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> de baja densidad con cobertura algal baja de <i>Penicillum dumetosus</i> , <i>Udotea</i> sp, <i>Laurencia</i> sp, <i>Halimeda</i> sp..                                     | Verde - Azul    |
| 22            | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> de densidad baja con cobertura algal baja de <i>Udotea</i> sp.   | Verde claro     |
| 23            | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> de densidad media.   | Verde lima      |
| 24            | Pasto en parches de <i>Thalassia</i> y <i>Halodule wrightii</i> de alta densidad.   | Verde medio     |
| 25            | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> de densidad media con cobertura algal alta de <i>Penicillum dumetosus</i> .  | Verde           |
| 26            | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> de densidad alta con cobertura algal alta de <i>Laurencia</i> sp, <i>Udotea</i> sp, <i>Avrainvillea</i> sp y <i>Penicillus</i> sp.   | Verde oscuro    |
| 27            | Pasto continuo de <i>Thalassia</i> y <i>Halodule wrightii</i> de baja densidad con cobertura algal alta de <i>Caulerpa parpaloides</i> sp, <i>Penicillum</i> sp y <i>Udotea</i> sp.                             | Violeta         |
|               | Aguas profundas   | Azul oscuro     |

Tabla 2. Resultados del procesamiento del muestreo de campo



# ingesis

En distribución de material topográfico abarcamos desde venta y alquiler de equipos hasta un servicio postventa muy efectivo. El equipo técnico de INGESIS está formado por personal cualificado para atender cualquier consulta o duda que pueda surgirle al cliente.

Al ser usuarios de los productos ofertados estamos habituados a encontrarnos con todo tipo de situaciones, ofreciendo al cliente no solo una formación sino también nuestra experiencia.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO PARA ANDALUCÍA

**Leica** when it has to be **right**  
**Geosystems**

**Autodesk**® diseña herramientas especializadas y las acerca a sus clientes a través de sus distribuidores autorizados para ofrecerles una atención personalizada.

INGESIS como distribuidor autorizado está cerca de sus clientes para atender sus necesidades y darle el soporte necesario en el momento adecuado.



## GPS 1200

SMARTOVER

TOTALMENTE COMPATIBLE CON LA  
RED ANDALUZA DE POSICIONAMIENTO

## GPS 900

CON PRECISIÓN CENTIMÉTRICA  
A UN PRECIO EXCEPCIONAL

### CÓRDOBA

Periodista Antonio Rodríguez Mesa\_L.10\_14010

957 752 392

957 751 388



### MÁLAGA

Iván Paulov, 8\_bloque 1\_oficina 1\_29590

Parque Tecnológico de Andalucía

952 020 240

952 020 171



[ingesis@ingesis.net](mailto:ingesis@ingesis.net)

[www.ingesis.net](http://www.ingesis.net)



GPS | ESTACIONES TOTALES | CONTROL DE MAQUINARIA | NIVELES Y ACCESORIOS | LASER



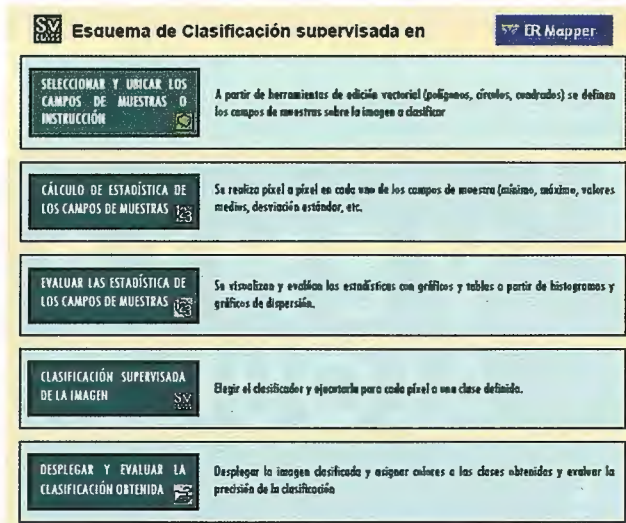


Figura 7. Procedimiento para la clasificación supervisada.

parar el mar de la tierra. En esencia, el enmascaramiento anula los valores de los niveles digitales (ND = 0) de un área encerrada dentro de un polígono. En nuestro caso, los lados del polígono fueron definidos por la línea de costa. El área anulada no será nunca utilizada en el proceso de clasificación. Esta máscara o polígono se generó automáticamente empleando las bandas 4, 5 y 7 de cada imagen (Figura 8). Anular la parte de la imagen que encierra el polígono implicó aplicar la fórmula (1) a cada píxel contenido dentro del mismo.

«IF INREGION(R1) THEN 11 ELSE NULL» (1)

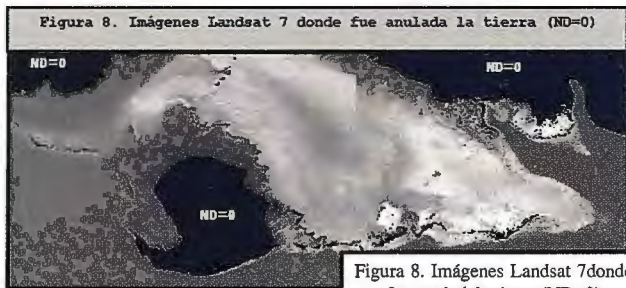


Figura 8. Imágenes Landsat 7 donde fue anulada la tierra (ND=0)

Para clasificar la imagen se seleccionó el método de máxima verosimilitud, que evalúa cuantitativamente la varianza y la correlación de la respuesta espectral del patrón del c.d.m. cuando clasifica un píxel desconocido. Para realizar esto, se asume que la distribución de los puntos de una categoría de un c.d.m. es Gaussiana, es decir, que su distribución es normal. Dado la varianza y la correlación, se calcula la probabilidad estadística de que un valor de píxel dado pertenezca a una clase particular de cobertura.

Se ha encontrado en algunos casos que la exactitud de este clasificador comienza a decaer cuando se utiliza más de cuatro o cinco bandas espectrales, al aumentar el número de bandas a clasificar, el contenido de la información puede estar contaminado por información insignificante en otras bandas. La decisión de sobre cual de las bandas se debe utilizar en la clasificación se basa en un proceso llamado, selección de rasgos o características, esto sugiere realizar clasificación supervisada a varias bandas en conjunto y de forma independiente, en nuestro caso, utilizamos las bandas espectrales 1, 2 y 3 (Tabla I) para todas las imágenes.

Antes de ejecutar la vectorización fue necesario aplicar a cada imagen un filtro implementado en ER Mapper 6.1 de-

nominado Kernel-ranking-median 11x11 para definir mejor las fronteras entre los hábitats obtenidos. Figura 9.

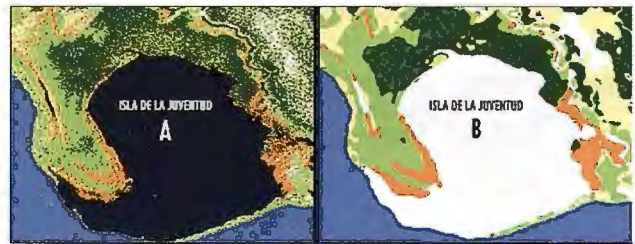


Figura 9. Fragmento de Clasificación supervisada (A) y su posterior filtraje (B).

El mosaico de las imágenes clasificadas fue formado con las imágenes de colores de la clasificación supervisada, las cuales fueron integradas en un mosaico para constituir la base informativa de la carta.

Una vez procesadas las imágenes y obtenida la clasificación supervisada se vectorizó el resultado de las misma a escala de 1:250 000, utilizando el programa MapINFO. Este proceso constó de varios momentos:

- Creación de la estructura de la base de datos alfanumérica asociada al mapa (atributos no espaciales).
- Creación de los atributos espaciales (polígonos) en capas diferentes (una por cada categoría de tipo de fondo).
- Eliminación del efecto de solapamiento entre las capas obtenidas por medio de la vectorización.
- Determinación de las fronteras de los atributos espaciales en capas adyacentes.
- Cálculo del área (o superficie) del polígono (de cada categoría de tipo de fondo)
- Completamiento de la base de datos de los valores de área obtenidos.

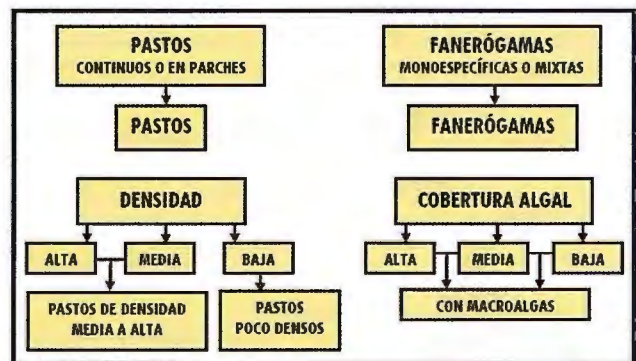


Figura 10. Generalización de los hábitats correspondientes a los pastos marinos del Golfo de Batabanó desde la descripción original en campo hasta la leyenda de la primera versión de la Carta.

| No. | Descripción del hábitat marino                | Color de la clase |
|-----|---|-------------------|
| 1   | Pasto de densidad media a alta                | [Color]           |
| 2   | Pasto de densidad media a alta con macroalgas | [Color]           |
| 3   | Pasto poco denso                              | [Color]           |
| 4   | Pasto poco denso con macroalgas               | [Color]           |
| 5   | Fango con vegetación muy escasa               | [Color]           |
| 6   | Arena con vegetación muy escasa               | [Color]           |
| 7   | Roca  | [Color]           |
| 8   | Aguas oceánicas                               | [Color]           |

Tabla III. Leyenda de la Carta inicial.

- Se generó la Carta, que incluye: la vectorización del mosaico de imágenes clasificadas supervisadamente, la escala, la regla de medición, la red de coordenadas, la rosa



náutica, el datum geodésico, la proyección cartográfica, los patrocinadores y colaboradores, los autores, el título, la información de las imágenes, el tipo de procesamiento digital efectuado, la leyenda establecida para la descripción de los hábitat marinos, los nombres de los principales accidentes geográficos, y la imagen sobre la ubicación del polígono de estudio sobre Cuba.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Esquemas de clasificación inicial de los hábitat bentónicos. Primera y segunda versión de la Carta de "Hábitat Bentónicos del Golfo de Batabanó".

El hábitat se refiere al sustrato de cada comunidad bentónica y/o tipo de cobertura y no tiene en cuenta su localización. Los hábitat están referidos de manera jerárquica a partir de tres clases amplias: las dos primeras son de acuerdo al sustrato y se dividen en sedimentos no consolidados (arena y fango) y fondos duros (roca), ambos pueden estar con vegetación o desprovisto de ella. La tercera clase es la vegetación sumergida que incluye los pastos marinos y las macroalgas.

Atendiendo a la densidad de los pastos pueden ser altas (denominadas densos), medios (de densidad media) y raros (poco densos). La vegetación puede estar con presencia o no de macroalgas.

En nuestro trabajo no se tiene en cuenta la distribución espacial de los pastos (continuo, en parches o en parches muy dispersos); ni la presencia de una o más especies de fanerógamas (monoespecífica o mixta) ni tampoco si se encuentran mezcladas con macroalgas.

En el caso de que coincidan dos tipos de sedimentos no consolidados en un mismo lugar, caracterizamos el lugar con aquel tipo de sustrato que prevalezca (Ej. areno-fangoso, son arena; areno-rocoso, son arena; fango-arenoso, son fango). Lo mismo para el fondo duro que presente

además arena y fango lo consideramos en nuestra clasificación como fondo rocoso. Tampoco se tuvo en cuenta la distribución de las macroalgas (en mantos continuos, en parches o en parches muy dispersos).

A diferencia de otras áreas de la plataforma insular, los valores de biomasa (g p.s/m<sup>2</sup>) de fanerógamas marinas, no fueron elevados, oscilando entre 18 g y 429 g, con un valor en su mediana de 86.8 g y una reducida dispersión. El 58.8 % de estos valores resultaron inferiores a 100 g y solo uno rebasó los 200 g. Ello determinó que se establecieran solo dos categorías de hábitat bentónicos en cuanto a la densidad de los pastos, por lo general de *Thalassia testudinum* König: pastos poco densos, con valores de biomasa de hasta 100 g p.s/m<sup>2</sup> y pastos de densidad media a alta con valores superiores a esta cifra. De esta manera, la incorporación de nuevos valores, aún elevados, a medida que la representatividad muestral se incrementa, no afectará la clasificación original para el GB.

De manera esquemática representamos la agrupación inicial de los hábitat correspondientes al pasto desde la descripción original en campo y procesamiento hasta la leyenda de la primera versión de la Carta. Figura 10.

De esta manera, obtuvimos 7 tipos diferentes de hábitat y una clase que identifica las aguas oceánicas (Tabla III).

Como resultado de la vectorización en Mapinfo 6.5 de las 5 imágenes filtradas se obtuvo la primera versión de la Carta de los Hábitat Bentónicos del Golfo de Batabanó. Figura 11

Posterior al crucero inicial efectuado en el mes de mayo del 2003, se realizó un segundo crucero de investigaciones al GB en noviembre 2004. De las estaciones muestreadas, 27 en total, se utilizaron 22 para hacer la primera comprobación de campo de la primera versión de la Carta (Figura 12), el resto de las estaciones coincidían con las establecidas en el crucero inicial del 2004 (figura 6).

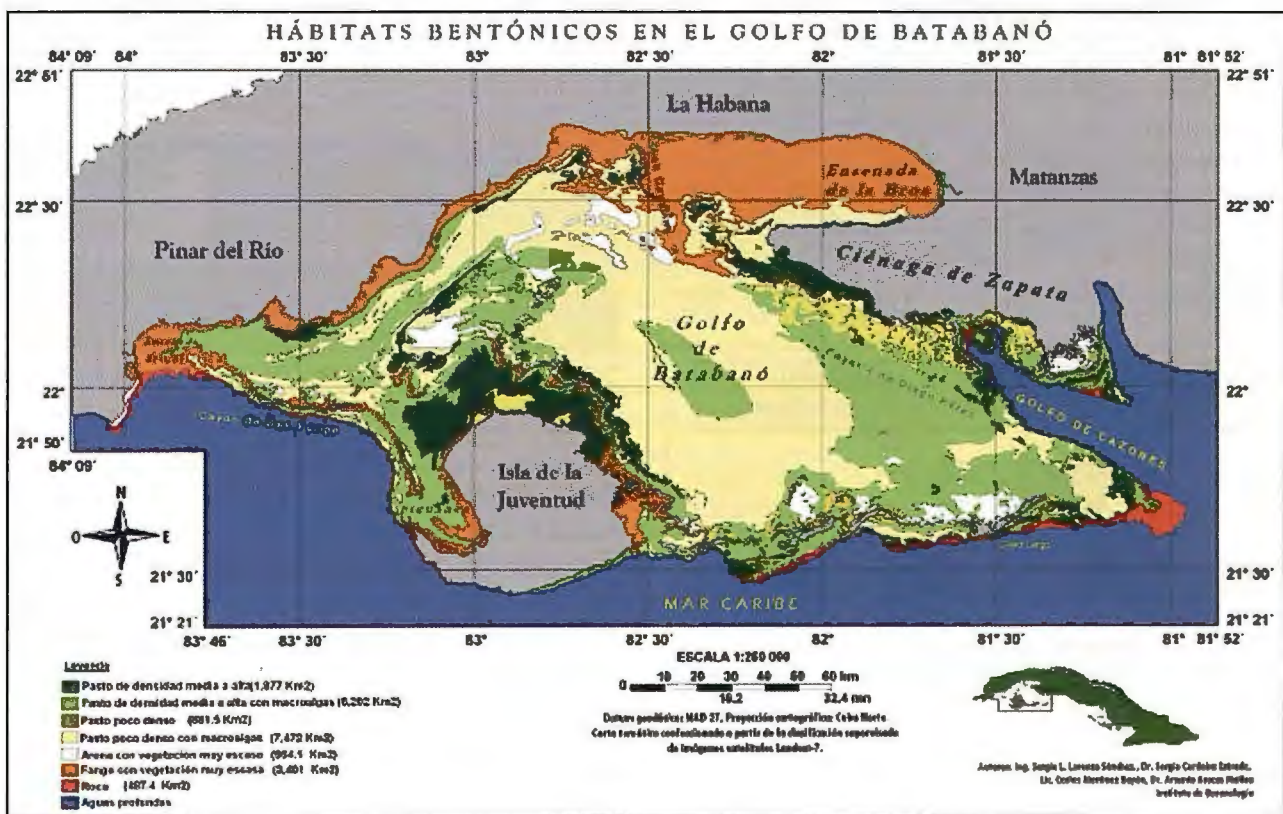


Figura 11. Carta de Hábitat Bentónicos del Golfo de Batabanó. Primera versión. 2003.



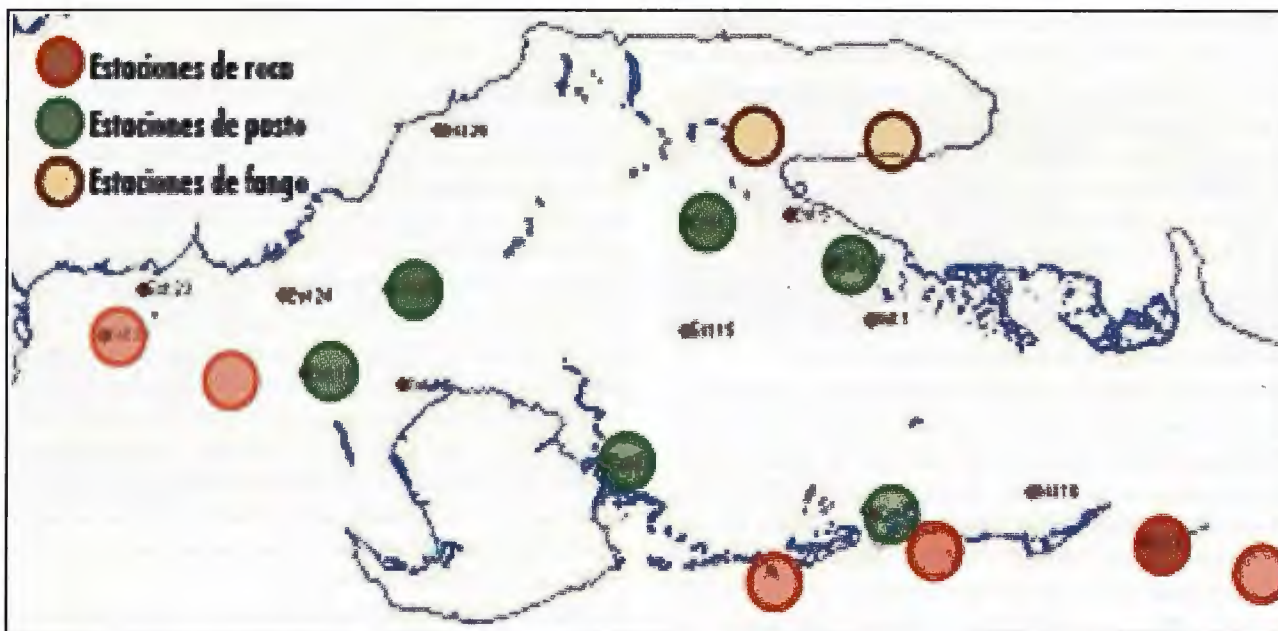


Figura 12. Estaciones muestreadas utilizadas para la comprobación de campo de la primera versión de la Carta. Las encerradas en círculo son las que coinciden con la clasificación supervisada.

Esta comprobación arrojó que de las 22 estaciones utilizadas para este fin, hubo 6 que correspondían a fondo rocoso, las cuales coincidieron todas con la clasificación supervisada, 6 a fango, de estas coincidieron 2 y 9 a pastos poco densos, de las cuales 5 se identificaron con la clasificación obtenida. Esto representa el 63.6% de correspondencia entre la clasificación supervisada y el terreno.

A los efectos de dar un producto cartográfico óptimo para su empleo en posteriores investigaciones, fue necesario manejar algunos criterios nuevos obtenidos durante el cruceo de comprobación. Según opinión del grupo de especialistas vinculados al proyecto, podía realizarse una tercera agrupación de hábitats. En la práctica, durante los muestreos pudimos observar, que las macroalgas están mezcladas con los pastos en todo el GB aunque la densidad no sea homogénea (figura 13), por lo que no debería darse como clases independientes. Bajo este criterio se agrupa en una clase, los pastos de densidad media a alta y los pastos de densidad media a alta con macroalgas en pastos densos y los pastos poco densos y poco densos con macroalgas se agrupan en pastos poco densos. Esto da origen a una nueva leyenda donde solo existen 5 hábitats bentónicos y la clase correspondiente a aguas oceánicas. Tabla IV.

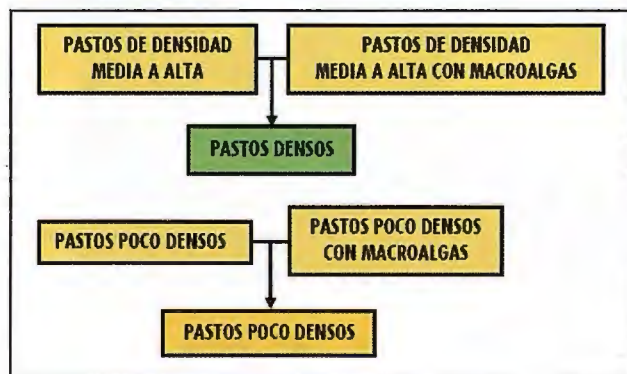


Figura 13. Agrupación de los pastos marinos de la primera versión de la Carta.

Haciendo un análisis comparativo entre el mosaico de imágenes RGB-321, las imágenes clasificadas supervisadamente y las clasificaciones filtradas para mejorar el con-

torno de las fronteras, nos percatamos que el proceso de filtraje había provocado pérdida de algunos contornos que eran importantes incluir en la edición de la Carta (figura 14). Por tal motivo, fue necesario realizar interpretación visual sobre el mosaico de imágenes RGB-321, e ir digitalizando (sectorizando) paralelamente.

| No. | Descripción del hábitat marino  | Color de la clase       |
|-----|---------------------------------|-------------------------|
| 1   | Pasto denso                     | [Color gris claro]      |
| 2   | Pasto poco denso                | [Color gris medio]      |
| 3   | Fango con vegetación muy escasa | [Color gris oscuro]     |
| 4   | Arena con vegetación muy escasa | [Color negro]           |
| 5   | Roca                            | [Color azul oscuro]     |
| 6   | Aguas oceánicas                 | [Color azul muy oscuro] |

Tabla IV. Leyenda de la segunda versión de la Carta



Figura 14. Fragmento de la imagen Path15 Row45 del 6 de enero del 2001. Procesamiento desde la imagen original hasta el filtraje de la clasificación supervisada.

Todo este análisis dio como resultado la segunda versión de la Carta de Hábitats Bentónicos del Golfo de Batabanó. Figura 15.

En el mes de mayo del 2005 se produjo un nuevo cruceo de investigaciones al GB, desde la Ensenada de La Coloma hasta la Cayería de Bocas de Alonzo (figura 16). Se muestrearon 11 estaciones, todas fueron utilizadas para la comprobación de la segunda versión de la Carta.





Figura 15. Carta de Hábitats Bentónicos del Golfo de Batabanó. Segunda versión. 2005.

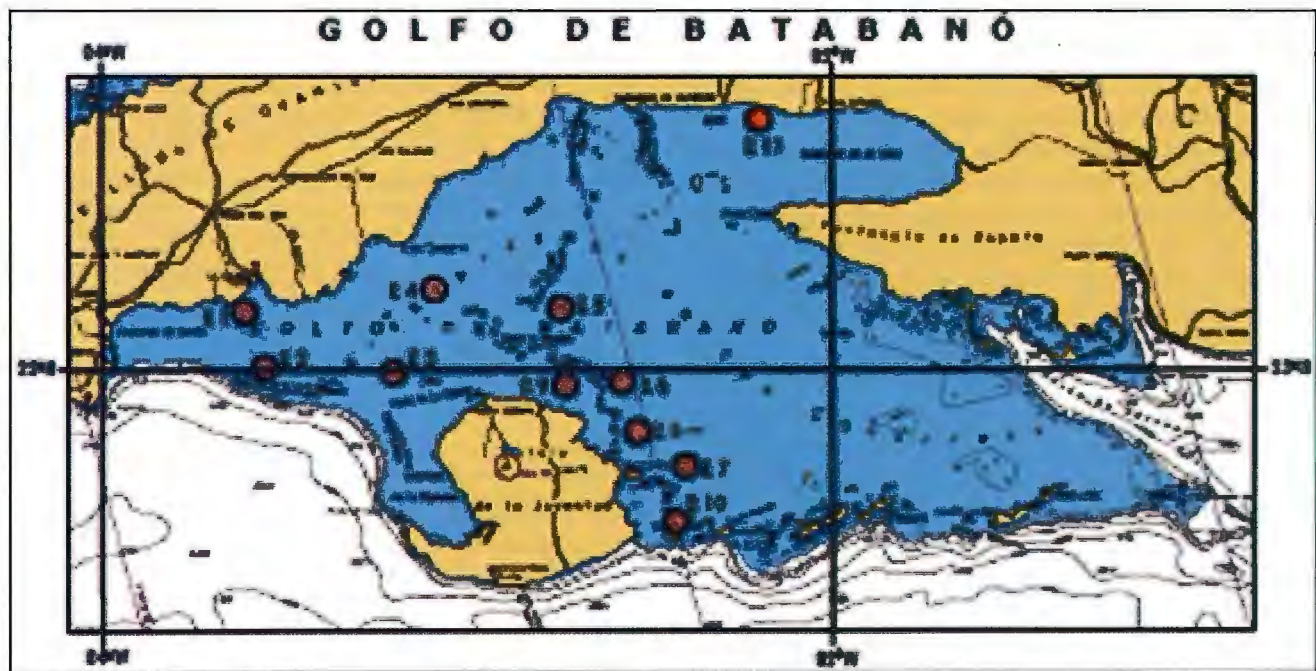


Figura 16. Red de estaciones de comprobación. Mayo del 2005.

Para esta comprobación, el 100% de las estaciones muestreadas coincidieron con la segunda versión de la Carta por lo que podemos asumir que esta última versión es el producto final.

### 3.2. Estadísticas de la Distribución espacial de los Hábitats Bentónicos del Golfo de Batabanó.

• **Área total sumergida: 21 285 km<sup>2</sup>**, lo que representa el 100 % de los hábitats del GB. El área total del golfo fue obtenida de la siguiente manera:

1. Se digitalizó automáticamente la línea de costa de todos los cayos, la Isla de la Juventud y el sur de las provincias de Matanzas, La Habana y Pinar del Río, las

cuales forman la frontera norte del Golfo de Batabanó. Para ello se utilizó la banda 5 (infrarrojo) de cada una de las imágenes que integran el golfo.

2. Se digitalizó el borde del talud insular a partir de la interpretación visual del mosaico de imágenes RGB-321.
3. Se creó un polígono con la polilínea formada por el talud insular y la polilínea que forma la línea de costa del sur de las provincias de Matanzas, La Habana y Pinar del Río.

4. Por último, al área total obtenida de la formación de este gran polígono, se le sustrajo el área de cada cayo e isla del golfo.



- **Área total sumergida: 21 305 km<sup>2</sup>**, lo que representa el 100 % de los hábitats del GB. El área total del golfo fue obtenida de la siguiente manera:
- **Áreas de pastos: 13 818 km<sup>2</sup>**, lo que representa el 64.9 % del área total del golfo. De ellos, 3 448 km<sup>2</sup> corresponden a pastos densos y 10 370 km<sup>2</sup> a pastos poco densos.
- **Áreas sin pastos: 7 487 km<sup>2</sup>**, lo que representa el 35.1 % del área total del golfo. El fango con vegetación muy escasa ocupa 6 016 km<sup>2</sup>, la arena con vegetación muy escasa cubre 984 km<sup>2</sup> y la roca abarca 487 km<sup>2</sup>.

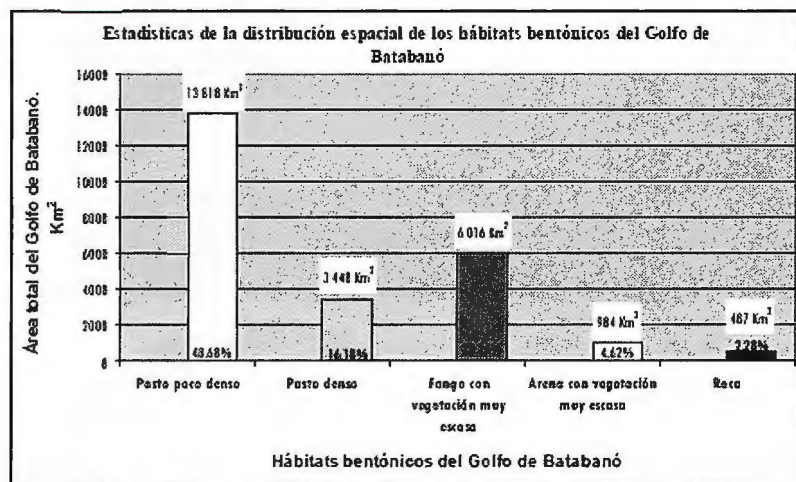


Figura 17. Distribución espacial de los Hábitats Bentónicos del Golfo de Batabanó. 2005

#### 4. CONCLUSIONES

1. Se obtuvo una nueva distribución de los hábitats del GB en Cuba, divididos en 5 clases, teniendo en cuenta el sustrato y la vegetación submarina, mediante una clasificación supervisada de imágenes del satélite LANDSAT-7. Como resultado de esta conclusión, se confeccionó la primera Carta de "Distribución de los Hábitats Bentónicos del Golfo de Batabanó" hecha con esta técnica (figura 15).
2. Se logró realizar la cartografía de toda el área del golfo con un muestreo mínimo (78 estaciones en total). En el primer crucero de investigaciones se ubicaron y estudiaron los campos de muestras (45) y en los dos posteriores, el esfuerzo de muestreo se dirigió a la comprobación de la primera versión de La Carta (33). Esto permitió ubicar una estación por cada 273 Km<sup>2</sup>, según el área total del golfo (21 305 Km<sup>2</sup>). Para la ejecución de los tres cruceros, se emplearon un total de 42 días.
3. Se confeccionó un procedimiento tecnológico que parte de la imagen, con un nivel mínimo de procesamiento (sin georreferenciación), hasta la edición de la carta (figura 5).
4. La combinación de las técnicas utilizadas (Teledetección, Posicionamiento GPS y Cartografía Digital), aumentó el grado de precisión en la distribución de los hábitats bentónicos identificados.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo brindado por el Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT-Bremen) y del Senado de Bremen, Alemania, para financiar el primer crucero de investigaciones al Golfo de Batabanó.

#### 6. AGRADECIMIENTOS

ALCOLADO, P.M. 1990. Aspectos ecológicos de la macrolaguna del Golfo de Batabanó con especial referencia al bnetos. pp. 129-161. En Alcolado, P.M., y col.: "El Bnetos de la Macrolaguna del Golfo de Batabanó" Editorial Academia. La Haban. pp.169.

ARECES, A. J.(Ed.). 2002. Hábitats bentónicos presentes en los fondos marinos someros a Cuba.

En: Resultados. Taller sobre eco regionalización y clasificación de hábitats marinos en la plataforma cubana. La Habana, 83 pp.

BAISRE, J. 1985. Los complejos ecológicos de pesca: Definiciones e importancia en la administración de las pesquerías cubanas. FAO Fish. Rep. 327 Suppl.

BUTLER, M.J.A. 1987. Thematic Manuscript Information. pp. 75-79. Marine resource mapping: an introductory manual. Food and agriculture organization of the unites nations. Rome. pp. 242.

BUTLER, M.J.A. 1988. Digital Inage Processing. pp. 55-60. The application of remote sensing technology to marine fishes: Introductory manual. Food and agricul-ture organization of the unites nations. Rome. pp. 165.

CAPONERA, F. 1989. Remote Sesing Image Interpretation for Ground-water Surveying. pp. 281-292. Remote sensing applications to water resources. Food and agriculture organization of the unites nations. Rome. pp. 390.

CARICOMP. 1994. CARICOMP Methods Manual. Level I: CARICOMP Management Center, Univ. of West Indies, Mona, Kingston, Jamaica, 54 pp.

CHUVIECO, E. 1997. Clasificación digital. pp. 355-373. Fundamentos de la teledetección Espacial. Ediciones RIALP, S.A. Madrid. pp. 415.

CLARO R. Y Y.S. RESHETNIKOV. 2002. Condiciones de hábitat. Pp. 13-54, en: R. Claro, eds. Ecología de los Peces Marinos de Cuba. Instituto de Oceanología-Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, 525 p.

DURAND, D. 1993. Los cuadernos pedagógicos de la Agrupación para el Desarrollo de la Teledetección Aeroespacial (GDTA), Versión No. 10. Capítulo 3: Los datos utilizados y sus tratamientos. pp. 37-98. "Las Espaciocartas. Métodos y ejemplos de realización". pp. 109.

ER MAPPER 6.1. 1999. User Guide.

GÓMEZ, O., D. IBARZÁBAL, Y A. SILVA. 1980. Evaluación cuantitativa del bentos en la región suroccidental de Cuba. Inf. Cient. Téc., Instituto Oceanología, Cuba, 149: 25 pp.

GONZÁLEZ-FERRER, S., S. LORENZO-SÁNCHEZ, Y S. CERDEIRA-ESTRADA. 2004. Arrecifes coralinos. Pp. 45-64, en: S. González-Ferrer, edit. Corales pétreos, jardines sumergidos de Cuba. Instituto de Oceanología-Caja Madrid, Habana, 318 p.

HERRERA, A., D. IBARZÁBAL, G. GOTERA, G. GONZÁLEZ, R. BRITO, E. DÍAZ, Y C. ARRINDA. 1991.

Ecología de los arrecifes del borde de la plataforma SW de Cuba y su relación con la langosta Panulirus argus. Rev. Invest. Mar., 12(1-3):163-171.

HERRERA, A., D. IBARZÁBAL, J. FOYO, G. GOTERA, G. GONZÁLEZ, R. BRITO, E. DÍAZ, Y C.

ARRINDA. 1991. Caracterización ecológica de la ensenada de Bocas de Alonso: un área de juveniles de la langosta Panulirus argus. Rev. Invest. Mar., 12(1-3):154-162.

KENDALL, C.R. 2002. Chapter 1: Classification Scheme for Benthic Habitat. pp. 3-27. "Methods Used to Map the Benthic Habitat of Puerto Rico and the U. S. Virgin Island". NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS CCMA 152. Silver Spring, Maryland. January 2002. pp. 45.

LALANA, R. Y M. PÉREZ. 1985. Estudio cualitativo y cuantitativo de la fauna asociada a las raíces de Rhizophora mangle en la cayería este de la Isla de la Juventud. Rev. Invest. Mar., 6(2-3):45-58.

LLUIS-RIERA, M. 1972. Estudios hidrológicos del Golfo de Batabanó y de las aguas oceánicas adyacentes. Serie Oceanológica, 14: 49 p.

LUCZKOVICH J.J., T.W. WAGNER, J.L. MICHALEK, Y R.W. STOFFLE. 1993. Discrimination Coral Reef, seagrass meadows, and sand bottom types from space: a Dominican Republic case study.

MUMBY, P.J. Y J.E. ALASDAIR. 2000. Chapter 8. Water column correction techniques. pp. 121-128.

"Remote Sensing. Handbook for Tropical Coastal Management". Edit by Alasdair J. Edwards. UNESCO Publishing. pp. 305.

OTT, J.A. 1990. Biomass: Seagrass research methods. Monographic on oceanographic methodology /9. UNESCO 210 pp. (R.C. Phillips y C.P. McLoy, eds. pp: 55-60).

PALANDRO, D. 2000. Coral reef change detection using Landsats 5 and 7: A case study using Carysfort Reef in the Florida Keys. Master's Thgesis. 50 pp.

REVILLA, N. 1990. Mapa de tipos de fondo del Golfo de Batabanó. Comunicación personal.

REVILLA, N. Y J. PÁEZ. 1990. Los tipos de fondo y su relación con la distribución de las especies marinas comerciales en el Golfo de Batabanó, Cuba. Rev. Invest. Mar., 11(2):125-138.

SHORT, F.I. Y R.G. COLES, (Eds.). 2001. Global seagrass research methods. Elsevier Science, 4 pp.

Taller de Clasificación dep. hábitats marinos tropicales. La Habana. Mayo, 2002.

YUES SCANUIC, J. 1985. Utilización de imágenes de teledetección en las ciencias de la tierra.

# FUNDAMENTOS BÁSICOS PARA LAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA EN LA DELIMITACION MARÍTIMO COSTERA. CASO DE ESTUDIO DE CUBA.

Dr.C. Hilario Calderón Lamotte.

Ing. Joany Martín Núñez Gálvez

Cuba. Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia

XII Convencion y Expo. Internacional

## RESUMEN

El trabajo en la zona marítimo-costera requiere de un enfoque integrado, sobre la base de la superposición de intereses en la misma, tanto desde el punto de vista económico, social, como de preservación y protección del medio ambiente. Como ejemplo de la anterior aseveración se puede hacer mención al uso de la zona marítimo-costera con fines turísticos y en apenas 1 kilómetro de distancia se encuentra un área de desarrollo potencial de extracción de hidrocarburos. Como herramienta metodológica para el uso racional de los recursos y la organización de la explotación y manejo de la zona marítimo costera se introduce en el ámbito el término de Catastro marino y el uso de los sistemas de información geográfica marítimo-costera. En este trabajo se abordan los principios básicos para el correcto diseño y utilización de los SIG marítimo-costera y como el concepto de Catastro marino resulta ser una herramienta eficaz para dar solución a las incongruencias en el manejo integrado de la zona costera. Además, se muestra como caso de estudio la aplicación en Cuba del mismo y un conjunto de resultados parciales del proceso llevado a cabo.

**Palabras claves:** Hidrografía, Cartografía Náutica Electrónica, Geodesia Marina, Catastro marino, Catastro, SIG

## ABSTRACT

The work in the marine-coastal area requires of an integrated focal point, on the base of the overlapping of interests in the same one, such as from the economic, social point of view, as of preservation and protection of the environment. As example of the previous asseveration one can make mention to the use of the marine-coastal area with tourist goals and at 1 kilometre of distance there is an area of the potential development of extraction of hydrocarbons. As methodological tool for the rational use of the resources and the organization of the exploitation and management of the coastal marine area is introduced the term of Marine Cadastre and the use of the marine-coastal geographical information system. In this paper the basic principles are approached for the correct design and use of the marine-coastal GIS and as the concept of Marine Cadastre, which it turns out to be an effective tool to give solution to the incongruities in the integrated management of the coastal area. Also, it is shown like case of study the application in Cuba of the same one and also is shown a group of partial results of the process carried out.

## Introducción.

El trabajo en la zona marítimo-costera requiere de un enfoque integrado, sobre la base de la superposición de intereses en la misma, tanto desde el punto de vista económico, social, como de preservación y protección del medio am-

biente. En ocasiones estos intereses resultan ser contradictorios y aún más antagónicos. Como ejemplo de la anterior aseveración se puede hacer mención al uso de la zona marítimo-costera con fines turísticos y en apenas 1 kilómetro de distancia se encuentra un área de desarrollo potencial de extracción de hidrocarburos, asimismo esta misma situación puede ser observada entre los conflictos de intereses entre la industria pesquera y la mineralogía marina. Otra cuestión a ser considerada es la referente al uso del mar como un bien público, lo cual significa que debe ser protegido por el Estado.

Como herramienta metodológica para el uso racional de los recursos y la organización de la explotación y manejo de la zona marítimo costera se introduce el término de catastro marino y el uso de los sistemas de información geográfica marítimo-costera.

En este trabajo se abordan los principios básicos para el correcto diseño y utilización de los SIG marítimo-costera y como el concepto de catastro marino es una herramienta eficaz para dar solución a las incongruencias en el manejo integrado de la zona costera. Además, se muestra como caso de estudio la

aplicación en Cuba del mismo y un conjunto de resultados parciales del proceso llevado a cabo.

## El Catastro Marino. Concepto y principios.

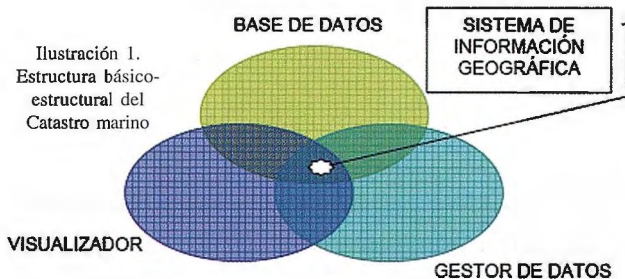
En la República de Cuba el término de Catastro Nacional es comprendido como el registro, por medio del cual se obtiene la información gráfica y literal de todos los bienes e inmuebles de la República de Cuba. Sin embargo, esta forma no da cobertura a todo el territorio nacional ya que excluye en sí la parte marina que también lo compone correspondiente a la al área que cubre el mar territorial, el cual es considerado y declarado jurídicamente por la Constitución de la República de Cuba como territorio

nacional, siendo consecuente con los que establece la Convención de las Naciones Unidas sobre la Ley del Mar de 1982 (UNCLOS III).

Sobre la base de los antes expuesto en el actual trabajo introduce el término de Catastro marino, el cual se presenta como una extensión integrante del Catastro Nacional. Además, conjuntamente con los métodos y procedimientos que garantizan el establecimiento de los límites maríti-



mo-costeros, tanto en la delimitación político-administrativa como en función del manejo integrado de la zona marítimo-costera, el Catastro marino funciona como una base de datos única y unificada que puede ser visualizada mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica Marítimo-costera. Esta posibilidad permite la adopción en una estructura de capas superponibles para la aplicación de nuevos temas y capacidad de manejar la variabilidad temporal de los bienes marítimos culturales que se encuentren involucrados a la vez con la temática de los límites geográficos.



Esta temática ha sido desarrollada en nuestro país por el Departamento de Hidrografía y Ayuda a la Navegación perteneciente a la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia, el cual mediante el desarrollo de este concepto asesora a los Órganos de la Administración Central del Estado (OACE) para la realización y ejecución de sus trabajos en la zona de responsabilidad hidrográfica de la República de Cuba.

La problemática abordada en el presente trabajo forma parte del conjunto de soluciones propuestas por el Servicio Hidrográfico y Geodésico de Cuba (SHGC) en el proceso de ordenamiento marítimo-costero en el país, así como la organización metodológica para la creación de las bases necesarias para una administración eficiente y eficaz de los recursos naturales en la zona marítimo-costera de la República de Cuba.

Para el desarrollo del concepto de Catastro Marino se utiliza como herramienta de visualización y gestión un Sistema de Información Geográfica Marítimo-Costera, el cual permite establecer un sistema de búsqueda, consulta y análisis de las variables a analizar que conforman una base de datos única y unificada.

El SIG utilizado está compuesto por cuatro grupos principales de interfaces operacionales:

- I. Un sistema de gestión de base de datos.
- II. Instrumentos para la entrada y manipulación de información geográfica.
- III. Instrumentos que admitan la investigación, análisis, y visualización geográfica.
- IV. Una interfase gráfica del usuario para el acceso fácil a los instrumentos.

### Sistema de gestión de base de datos

El sistema de gestión de base de datos se caracteriza por poseer toda la información registrada certificada como oficial, término que significa que está verificada la fuente de los datos, y por lo que el Estado asume la responsabilidad de la certificación de la misma. Como ejemplo de la certificación de un conjunto de datos se puede mencionar la

relación de coordenadas del sistema de líneas de base de la República de Cuba desde donde se mide la anchura de su mar territorial.

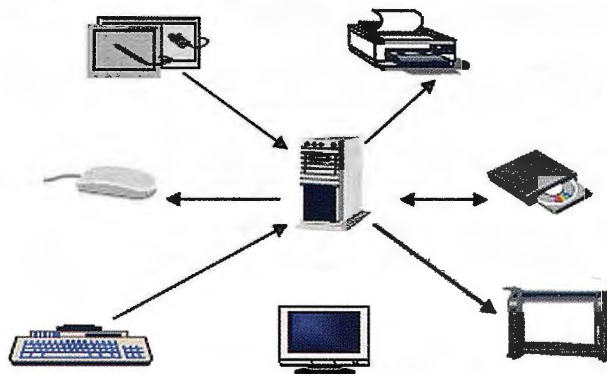


Ilustración 2. Filosofía estructural de un SIG (NGCA.1990)

Para el diseño de la base de datos se puede utilizar programas computacionales tanto profesionales como comerciales, siempre velando que permita estructurar los datos que sea posible su indexado por categorías y la aplicación de filtros lógicos. Esta condición garantiza que el manejo de la base de datos sea flexible y ágil.

La base de datos primaria utilizada para el desarrollo del Catastro marino es la base de datos de Tratamiento y Análisis Lineal de Unidades de Delimitación (TALUD), desarrollada por la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia. En la base de datos TALUD se encuentra unificado y certificado todo un conjunto de datos oficiales referentes al proceso de delimitación marítimo-costero nacional.

Esta base de datos se encuentra diseñada en un formato de datos compatible con los sistemas de manejo de bases de datos estandarizados.

| No. | Tabla                              | Descripción   |
|-----|------------------------------------|---|
| 1   | Catálogo Oficial CCNN.XLS          | Catálogo de cartas náuticas oficiales que incluye las escalas entre 1:10 000 hasta 150 000. |
| 2   | Catálogo Batimetría_Estatal.XLS    | Catálogo de las planchetas hidrográficas, desde 1992 hasta 2000.                            |
| 3   | Catálogo Señalización marítima.XLS | Catálogo de los medios de señalización marítima.  |
| 4   | Zonas Protegidas por el MIP.XLS    | Contiene los límites de las áreas protegidas por el Ministerio de la Industria Pesquera.    |
| 5   | Rumbos recom.XLS                   | Distribución de los rumbos recomendados oficialmente.                                       |
| 6   | AMProt.XLS                         | Catálogo de las áreas marítimas protegidas.   |

Tabla 1. Estructura y descripción de las tablas que componen a la base de datos TALUD

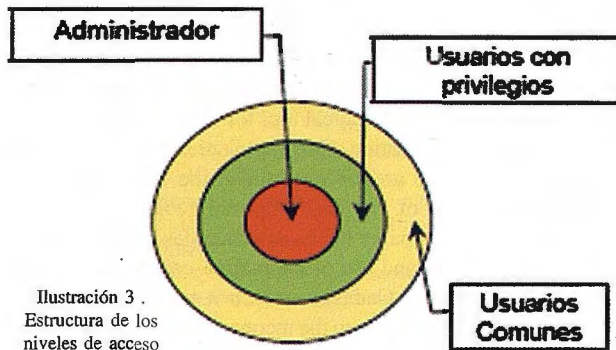


Ilustración 3. Estructura de los niveles de acceso

Para una muestra práctica de la compatibilidad con los sistemas de base de datos estandarizados para este trabajo se utilizó el programa Microsoft Excel®, donde se almacena toda la información alfa numérica de la zona de estudio. La base de datos TALUD es una base de datos de estructura relacional, donde los datos son almacenados



|    | A       | B  | C           | D           | E         | F                   | G      |
|----|---------|----|-------------|-------------|-----------|---------------------|--------|
| 1  | ESCALA1 | ID | NUM_PLANCH  | PROYECTO    | INSTITUCI | EMPRESA             | A O PR |
| 2  | 6000    | 1  | 05-92-1(24) | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 3  | 5000    | 2  | 05-92-08    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 4  | 5000    | 3  | 05-92-04    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 5  | 5000    | 4  | 05-92-05    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 6  | 5000    | 5  | 05-92-03    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 7  | 25000   | 6  | 25-92-01    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 8  | 25000   | 7  | 25-92-02    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 9  | 25000   | 8  | 25-92-03    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 10 | 25000   | 9  | 25-92-05    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 11 | 25000   | 10 | 25-92-04    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 12 | 25000   | 11 | 25-92-06    | Guacanayabo | ICH       | Delegación Oriental | 199    |
| 13 | 5000    | 12 | 05-98-04    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 14 | 6000    | 13 | 05-98-05    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 15 | 5000    | 14 | 05-98-21    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 16 | 5000    | 15 | 25-98-24    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 17 | 5000    | 16 | 25-98-20    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 18 | 6000    | 17 | 05-98-02    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 19 | 25000   | 18 | 25-98-17    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 20 | 25000   | 19 | 25-98-15    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 21 | 25000   | 20 | 25-98-18    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 22 | 25000   | 21 | 25-98-25    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 23 | 25000   | 22 | 25-98-07    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 24 | 25000   | 23 | 25-98-16    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 25 | 25000   | 24 | 25-98-14    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 26 | 25000   | 25 | 25-98-08    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 27 | 25000   | 26 | 05-98-06    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 28 | 25000   | 27 | 05-98-01    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 29 | 25000   | 28 | 25-98-19    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 30 | 25000   | 29 | 25-98-11    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 31 | 25000   | 30 | 25-98-12    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 32 | 25000   | 31 | 25-98-10    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 33 | 25000   | 32 | 05-98-03    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |
| 34 | 25000   | 33 | 25-98-23    | Guacanayabo | GEOCUBA   | Manzanillo          | 199    |

Ilustración 4. Representación de parcial de la base de datos TALUD. Levantamientos batimétricos.

en forma tabular, y consecuentemente en las filas se registran los datos correspondiente con los objetos o individuos (registros) y en las columnas (campos) se representan sus atributos o características.

El sistema de manejo de datos posee en su estructura los siguientes elementos:

**GESTOR DE DATOS:** Permite realizar la actualización e introducción de información relacionada con la temática a tratar por el usuario. Posee una estructura de formulario que permite el acceso a las tablas vinculadas en MS Excel® que contienen las bases de datos. Este gestor de datos facilita el trabajo con las bases de datos.

El sistema además de cumplir con esta estructura de datos también establece una estructura de usuario o estructura de los niveles de accesos.

En la ilustración 4 se muestran los elementos de restricción o compartimentación de los accesos a los datos para su protección. A continuación se muestra parte de las funciones y características de cada uno de los niveles.

**ADMINISTRADOR:** Será el que controle toda la información geoespacial que se alberga dentro del sistema, tendrá un estricto control sobre sus usuarios y tendrá registrado el tipo de información a la cual pueden acceder sus clientes y será el único usuario capaz de modificar cualquier tipo de información que tenga en su base de datos.

**USUARIOS CON PRIVILEGIOS** se dividen en dos:

1. USUARIOS CON ACCESO RESTRINGIDO
2. USUARIOS COMUNES

Donde:

**USUARIO RESTRINGIDO:** Tendrá acceso a la información que tenga que ver con el tipo de trabajo que realice exclusivamente, y podrá actualizarla.

**USUARIO COMÚN:** Tendrá acceso a la información geoespacial que el administrador le permita el acceso y no tendrá permiso para variar algún dato de la base de dato.

Una vez explicado todo el contenido estructural del sistema, se procede a la demostración de todos sus elementos de manera conjunta, con la finalidad de facilitar una mejor comprensión. (Ver Figura 15)

En caso que nos ocupa el SIG del Catastro marino no está exento de errores, por lo que se recomienda realizar paulatinamente un conjunto de procedimientos que permitan el control sistemático de la calidad de los datos que se están introduciendo, principalmente los digitalizados. A conti-

Ilustración 5. Representación de uno de los formularios que componen el Gestor de Datos utilizado



nuación se muestra una serie de errores comunes, los cuales pueden afectar la calidad de un sistema de información geográfica, ya que al igual que cualquier herramienta creada por el hombre, los sistemas de información geográfica están sujetos a la acción de ser afectada por errores;

| Etapas                | Fuentes de error   |
|-----------------------|--|
| Recogida de datos     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Errores en la recogida de información en el trabajo de campo.</li> <li>Errores en los mapas existentes utilizados como fuentes de información.</li> <li>Errores en el análisis de los datos de las imágenes de satélite.</li> </ul> |
| Captura de datos      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inexactitudes en la digitalización causadas por el operador o los equipos.</li> <li>Inexactitudes inherentes a los elementos geográficos (por ejemplo, límites imprecisos en la realidad).</li> </ul>                               |
| Almacenamiento        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Insuficiente precisión numérica.</li> <li>Insuficiente precisión espacial.</li> </ul>   |
| Manipulación          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intervalos de clase inapropiados.</li> <li>Errores en las líneas fronteras.</li> <li>Propagación de errores por múltiples superposiciones de mapas.</li> <li>Polígonos ficticios causados por la superposición de mapas.</li> </ul> |
| Salidas cartográficas | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inexactitudes en las escalas.</li> <li>Errores causados por la inexactitud del dispositivo gráfico de salida.</li> <li>Errores causados por la deformación del material cartográfico.</li> </ul>                                    |
| Uso de los resultados | <ul style="list-style-type: none"> <li>La información puede ser incorrectamente entendida.</li> <li>La información puede ser utilizada de forma inapropiada.</li> </ul>  |

Tabla 2. Fuentes más comunes de error en los Sistemas de Información Geográfica

### Delimitación Político Administrativa municipal. Caso de estudio: Golfo de Guacanayabo.

Siendo consecuente con la definición general de Catastro Nacional, donde establece que este contiene la delimitación precisa de las unidades en que a tales efectos se divide la nación cubana, el Catastro Marino contiene los límites marítimos y entre ellos está la División Política Administrativa Marítima (DPAM).

El establecimiento de los límites marítimos, según la cantidad de partes involucradas, se clasifica en unilateral, bilateral y multilateral [Calderón L, H. 2003]. Estas clasificaciones son utilizadas en la aplicación del Catastro Marino en Cuba, y en la actualidad se desarrolla de manera interactiva por los Estados ribereños como Australia, Estados Unidos de América, Italia, Papua - Nueva Guinea.

Partiendo de que el municipio es la unidad básica de la DPA de la República de Cuba [Constitución de la República de Cuba], y no se hallan bien delimitados en el mar; este trabajo consiste en determinar los límites marítimos entre los municipios costeros de las provincias de Camagüey, Las Tunas y Granma que se ubican en el Golfo de Guacanayabo, su representación; publicación en materiales cartográficos oficiales y creación de un soporte lógico capaz de brindar información de modo rápido y preciso, permitiendo mantener un estricto control sobre todas las áreas marítimas y marinas de la República de Cuba; establecer un mejor orden de subordinación a nivel de municipios, permitir la verificación de la precisión de los límites de las zonas afectadas.

Hasta la fecha, en nuestro país, este es el primer trabajo realizado referido al cálculo y representación cartográfica de los límites municipales, por lo tanto constituye una primera referencia de la temática en el país y permite además fundamentar científicamente, los límites establecidos en la Ley No. 18 del 1975.

Como fuente oficial adicional de la materialización del SIG de Catastro marino se utilizaron las Cartas Náuticas Oficiales en formato de la Organización Hidrográfica Internacional S-57 versión 3.0 (OHI/S-57 v.3.0). Estos materiales oficiales del SHGC nos permitió de manera eficiente y eficaz

obtener toda la información marina de la zona de estudio, entre las cuales se pueden mostrar la ubicación de los naufragios en la zona, la ubicación de los medios de señalización marítima, los rumbos recomendados, la ubicación de los bancos de corales, las zonas de las marismas y adicionalmente la ubicación de los parques y reservas nacionales, así como las áreas marinas protegidas.

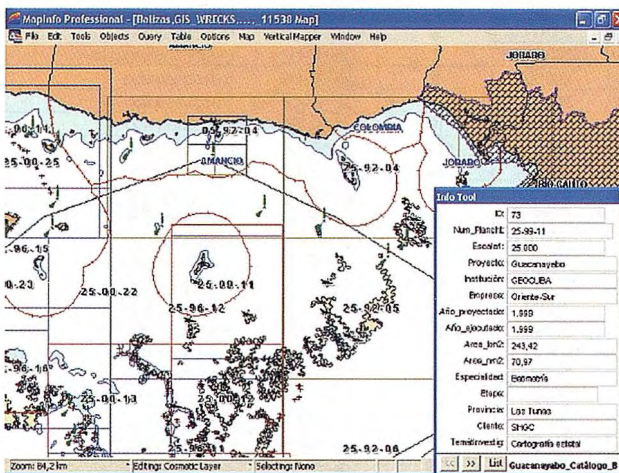


Ilustración 6. Resultados parciales de la aplicación del catastro marino en el Golfo de Guacanayabo.

En la ilustración se puede observar parte de los resultados del trabajo y la utilización del SIG del catastro marino. En ella se observan una superposición de capas correspondientes a la base de datos TALUD, donde se muestran los resultados de la compilación de los levantamientos hidrográficos realizados en la zona por el SGHC, además se muestran los datos y la representación cartográfica de la División político administrativa municipal entre los municipios ribereños en la zona: Amancio, Colombia y Jobabo, todos pertenecientes a la provincia de Las Tunas. Como caso particular se puede observar cómo las formaciones insulares pertenecientes aun municipio ribereño se le asigna un sector de administración conjuntamente como parte integral del municipio.

Otra información contenida en la base de datos TALUD y de hecho de vital importancia en el manejo de la zona es el catálogo de los pecios y naufragios en la zona marítimo-costera nacional. Este información se ha incorporado recientemente y se trabaja para completar su versión primera, para ser de uso público en función de la administración, manejo y gestión de la zona.

Finalmente, es necesario destacar que la base de datos TALUD se nutre, gestiona y actualiza regularmente por la emisión de los reportes oficiales del SHGC y otras instituciones de la Administración Central del Estado, por ejemplo de los boletines de Avisos a los Navegantes, las Cartas Náuticas Electrónicas OHI/S-57, Resoluciones ministeriales sobre límites marítimos, y otras fuentes de información analógicos y digitales, indistintamente.

### Conclusiones.

El presente trabajo muestra el estado de la evolución actual y el desarrollo del concepto de Catastro Marino como una rama integrante del Catastro Nacional, su aplicación con los SIG como herramienta inherente. Conjuntamente con la aseveración anterior se ha llegado a las siguientes conclusiones:



√ El Catastro Marino es el registro donde se reflejan todos los bienes marítimos culturales que representan el inventario socioeconómico y de recursos naturales de la República de Cuba.

√ Su empleo se hace necesario cada vez más. Como etapa inicial de aplicación se recomienda el uso como zona de estudio los golfos debido a la presencia de entidades marítimo costeras a delimitar con costas adyacentes e irregulares, además en estas zonas se observa la convergencia de los límites de varias provincias, así como la existencia de una amplia red de cayos que dificultan la aplicación elemental de los conceptos utilizados en los procesos de la delimitación marítima.

√ El uso de los Sistemas de Información Geográfica garantiza la aplicación del Catastro Marino en los trabajos de análisis de los datos inherentes a las características geográficas de las zonas de jurisdicción marítima de los municipios de una manera rápida y precisa.

√ La precisión de los datos iniciales condiciona la correspondiente a los límites marítimos, los cuales son derivados de la resolución de las tareas fundamentales de la Geodesia sobre el Elipsoide.

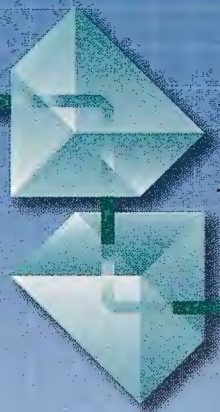
√ Para evitar el trabajo engorroso con las bases de datos es necesario estructurar el sistema en tres niveles: Base de datos, Gestor de datos, y Visualizador.

√ Para garantizar un orden jerárquico de información el sistema se estructuró en tres niveles de acceso: Administrador, Usuarios con privilegios, y Usuarios restringidos.

√ La estructura jerárquica utilizada en el diseño de la base de datos TALUD permite establecer una compartimentación de la información de la base de datos, diferenciando por categorías la misma, por ejemplo en el caso del uso para la actualización del teatro de operaciones navales y su situación operativa.

### Bibliografía y referencias bibliográficas.

- 1) Asamblea Nacional del Poder Popular, Constitución de La República de Cuba. Edición 2005. La Habana.
- 2) Calderón L.H., 2002. "TALUD. Sistema de información geográfica marina". Congreso Internacional GEOMATICA 2002. Resumen del Evento. La Habana.
- 3) Calderón L.H., 2003. "La delimitación marítima en La República de Cuba: Fundamentación Matemática, y consideraciones técnicas no jurídicas para su determinación y trazado". Instituto Técnico Militar "José Martí Pérez". Tesis en Opción Grado de Doctor en Ciencias Técnicas. La Habana.
- 4) Curso SIG, NCGIA (1990), Principios básicos de los Sistemas de Información Geográfica.
- 5) Farkas, M. y Porvazník, A. Manual de Catastro, Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 1990
- 6) Nuñez G, J.M., 2006. "Desarrollo del concepto de catastro marino y su aplicación en el golfo de Guacanayabo. Academia Naval "Granma". Trabajo de Diploma en Opción del Título de Ingeniero en Hidrografía y Geodesia. La Habana.
- 7) OHI, Diccionario Hidrográfico, Bureau Hidrográfico Internacional, Mónaco, 1996 S-32
- 8) OHI, Líneas de bases rectas, Convención del Derecho del Mar. S-51 (Artículo 7) 146, 1982
- 9) OHI, Manual sobre aspectos técnicos de la Convención de las Naciones Unidas sobre la Ley del Mar-1982, Bureau Hidrográfico Internacional, Mónaco, 1996
- 10) Servicio Hidrográfico y Geodésico de la República de Cuba, Sección de Avisos a los Navegantes, "Avisos Generales Avisos a los Navegantes 1(1)



# La Técnica

## TOPOGRAFÍA

ALQUILER ■

VENTA ■

CALIBRACIÓN - REPARACIÓN ■

GABINETE TOPOGRÁFICO ■

ASESORÍA - FORMACIÓN ■

La Florida, 1. Nave 6  
Parque Empresarial Villapark  
28670 Villaviciosa de Odón - Madrid

T. 902 468 704

F. 915 934 883

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





# SISTEMA GEOESPACIAL DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA CUBANA

MSc. Yudith Viñas Quintero, Dr. Rafael Villegas Delgado, MSc. Ledyá Benítez Puig, Dr. Mario de León Ortiz, Dra. Emma Pineda Ruiz, Ing. Elier Pérez Herrera, Ing. Nilva Osorio, Ing. Madelaine Cuesta Cabrera, Tco. Igor Naranjo Pérez y Tco. Jorge Valdés Hernández.  
Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar

XII Convencion y Expo. Internacional

## Introducción

En las transformaciones y diversificación que ha desarrollado el Ministerio del Azúcar (MINAZ) en Cuba, con el objetivo de ser cada vez más eficiente en sus producciones, el ordenamiento territorial desempeña un papel fundamental en la organización, control, restauración y medición de las áreas agrícolas, siendo el área la base fundamental para los cálculos de fertilizantes, herbicidas, estimados de producción, pago de salarios, combustible etc., los que garantizan un desarrollo productivo de forma eficiente, ya que una información imprecisa o morosa pierde validez e importancia.

Entre los antecedentes del Ordenamiento Territorial se encuentra el estudio de evaluación de la aptitud física de las tierras para el cultivo de la caña de azúcar, llevado a cabo entre los años 2001 y 2002 en toda el área agrícola del MINAZ cuyos resultados constituyen la base del reordenamiento y diversificación del sector en Cuba (Hernández, 1995).

El catastro especializado de la agricultura cañera, constituye un inventario, en cuanto a uso y tenencia, de los recursos naturales y artificiales que se encuentran en los territorios geográficos de las empresas azucareras y un componente esencial para el Ordenamiento Territorial, el cual ofrece una solución integral para la administración de los campos, el presupuesto, los riegos, la fertilización, la composición varietal, el balance de cepas, el control fitosanitario, la mano de obra, los vehículos y los materiales.

Con el fin de poder lograr la actualización de las áreas, crear un catastro que garantice las necesidades del MINAZ y permita manejar la información de forma rápida con alta confiabilidad, se realiza este trabajo, auxiliado con tecnología de punta en el mundo, como son los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), para la toma de mediciones en campo, los Sistemas de Información Geográfica para la mapificación y creación de bases de datos asociadas de alto valor para el manejo de las empresas, posibilitando la toma de decisiones de forma rápida y segura, lo que permite una actualización permanente desde las unidades productoras hasta nivel de ministerio. Son objetivos de este trabajo:

- Desarrollar e implementar un sistema geoespacial que sirva de soporte a la toma de decisiones en las empresas azucareras.

- Utilizar la tecnología de los SIG para construir una cultura de análisis con referencia geográfica, principio fundamental para el desarrollo sostenible.

- Utilización de los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) para hacer más eficiente y económica la tarea de actualización del catastro por parte de las empresas azucareras.

## Materiales y Métodos

El trabajo se realizó durante el período 2005 - 2006 en áreas de las empresas azucareras 30 de noviembre en la provincia de Pinar del Río, Héctor Molina y Abraham Lincoln en La Habana, Ecuador en Ciego de Ávila y Antonio Guterres en Las Tunas, en un área total de 93910,86 ha, como parte de un proceso que desarrolla la Agroindustria Azucarera Cubana desde el año 2003.

Se tuvieron en cuenta los mapas resultantes de la Evaluación de las Tierras para lograr una mejor planificación agrícola. En la figura 1 se muestra un ejemplo de ello.



Figura 1. Mapa de aptitud de las tierras para el cultivo de la caña de azúcar en la empresa "Abraham Lincoln", provincia La Habana.

Se formaron los grupos de Ordenamiento Territorial en las empresas con personal capacitado, se perfeccionaron las comisiones de topografía debidamente equipadas y se adquirieron los medios de cómputo necesarios.

Se recopiló la información primaria gráfica y de atributos como se observa en la figura 2. La gráfica estuvo compuesta por mapas 1:10 000 al nivel de campos cañeros, mapas cartográficos 1:10 000 y 1:25 000 y de suelo según Mapa Nacional a escala 1: 25 000. Con respecto a la información de atributos se tuvo en cuenta las bases de datos obtenidas de la Evaluación de Tierras realizada para caña de azúcar, así como la de los perfiles de suelos asociados

al mapa nacional, además las bases de datos de los Servicios Científicos Técnicos de Recomendación de Fertilizantes, Variedades, Control Fitosanitario y de Malezas que desarrolla el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Cuba, las agrícolas que utilizan las empresas y modelos estadísticos como el balance de áreas, el modelo 921. Toda esta información fue validada por los técnicos del área agrícola de las empresas implicadas, igualmente se tuvo en cuenta la experiencia y el dominio sobre el área de los jefes de producción y los técnicos de las unidades. En el caso donde se encontraron objetos desactualizados en los mapas, o cambios de cualquier tipo sobre los mismos, se realizaron verificaciones sobre el terreno utilizando receptores GPS, o en su defecto teodolito y cadena.

Se estableció el SIG en las empresas. Se escanearon los

mapas para llevarlos a formato digital, fueron georreferenciados, para ganar precisión y evitar errores en las imágenes resultantes. Se creó un identificador único formado por el número de unidad, bloque y campo, en todas las bases de datos, lo que sirvió para relacionarlas y obtener varias bases que almacenan toda la información agrícola necesaria. Una vez entradas en el sistema todas las bases de datos se manipularon, procesaron y crearon las diferentes capas como usos de la tierra, caña, viales, suelos, límites de bloques y campos, entre otras. El SIG permitió obtener una base de conocimientos integrada y la generación de mapas temáticos con la representación gráfica de la distribución espacial de los diferentes atributos (cepas, variedades, suelos, compactación, profundidad efectiva, niveles de fósforo o potasio asimilable en el suelo, uso actual de la tierra, uso prospectivo, etc.).

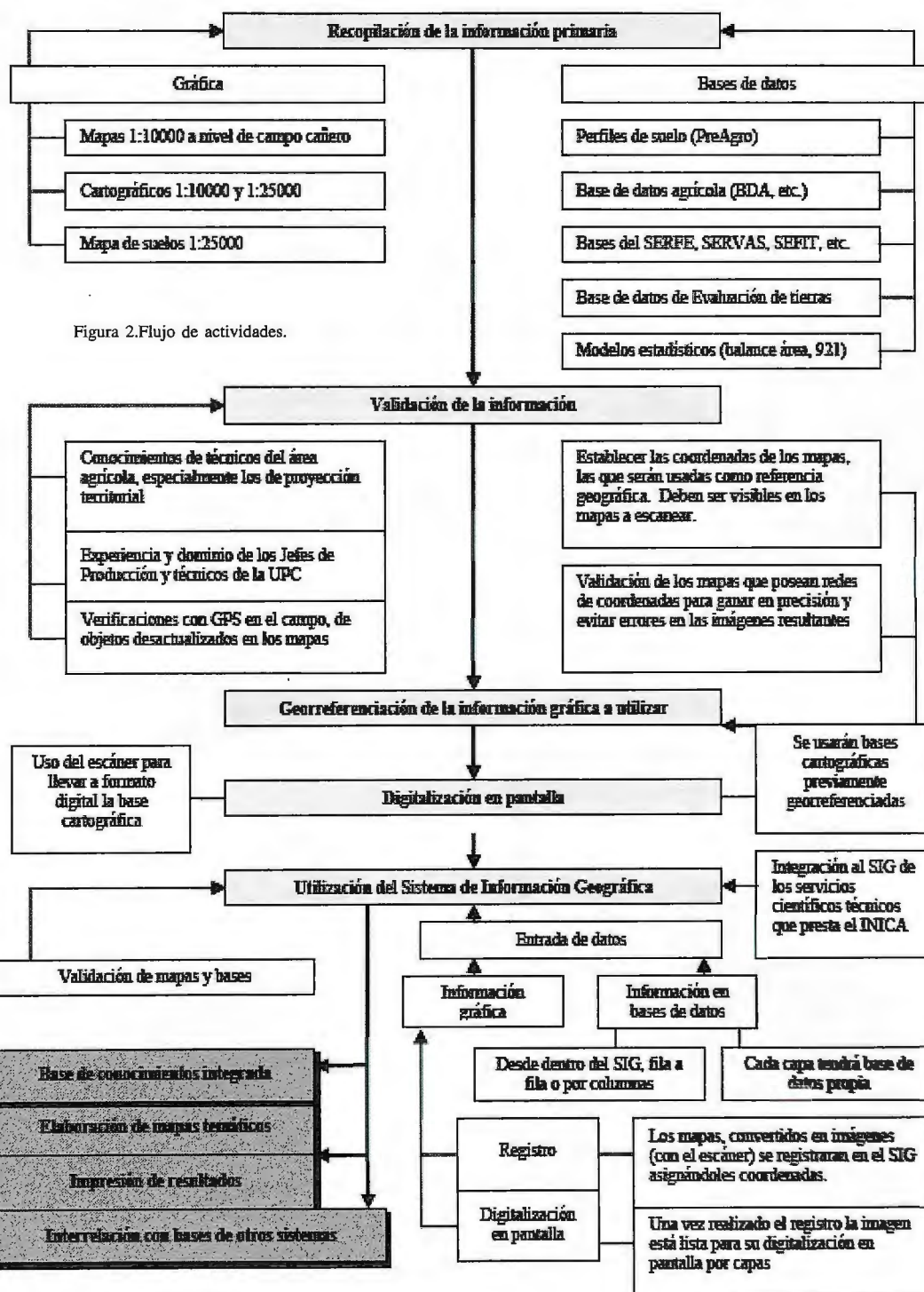


Figura 2. Flujo de actividades.



## Resultados y discusión

Como resultado de este trabajo se llevó al Sistema de Información Geográfica toda la cartografía de las empresas, constituyendo la base para el desarrollo de una agricultura de precisión como la que necesita la agricultura cañera del país. (figuras 3 y 4). Esta tecnología SIG es empleada en varios países como Australia (McKenzie, 1990), Sudáfrica (Platford, 1990), y Cuba Balmaceda et al., 1997 y 1999).



Figura 3. Mapa de bloques de la Empresa Azucarera "Héctor Molina", provincia La Habana.



Figura 4. Mapa de bloques de la Empresa Azucarera "Antonio Guterres", provincia Las Tunas.

Contamos además con los mapas de suelos dentro del SIG en todas las empresas. En la figura 5 aparece el mapa de la empresa azucarera Abraham Lincoln, provincia de La Habana.

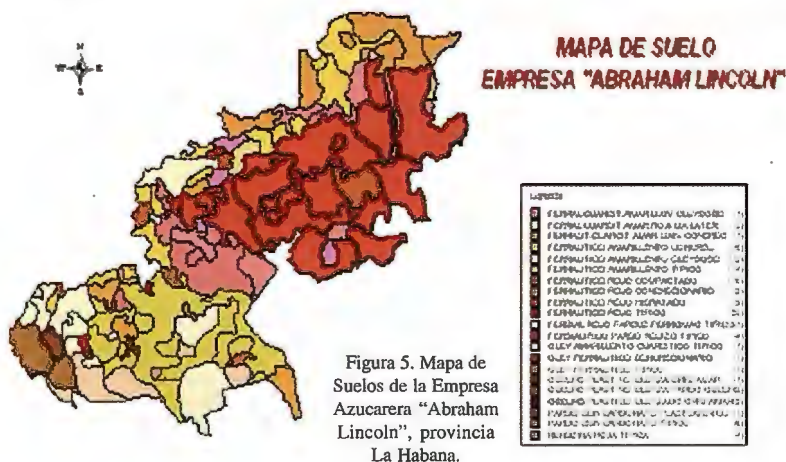


Figura 5. Mapa de Suelos de la Empresa Azucarera "Abraham Lincoln", provincia La Habana.

Las diferentes capas como caña, otros usos, viales, entre otras fueron digitalizadas dentro del SIG como aparecen en las figuras 6, 7 y 8.



Figura 6. Mapa de campos de caña en la empresa 30 de Noviembre, provincia de Pinar del Río.



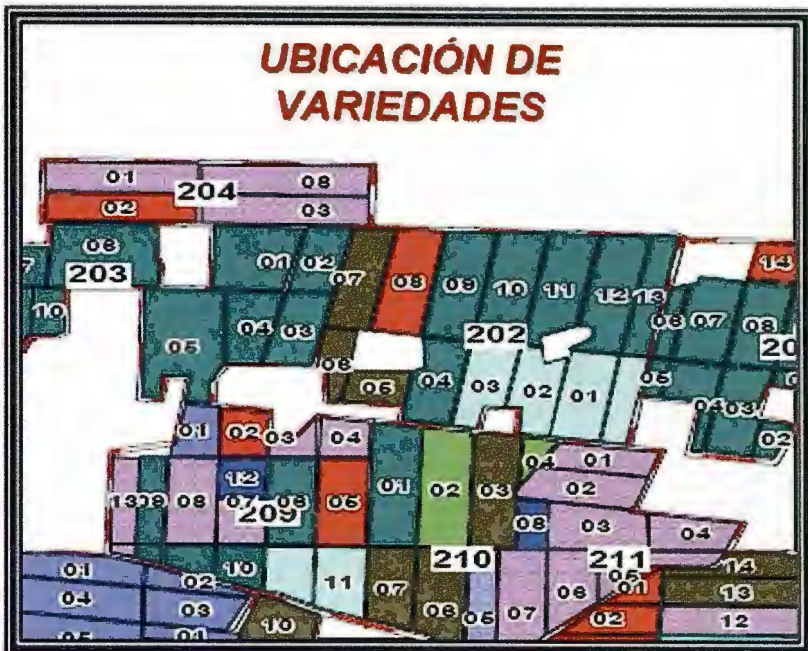
Figura 7. Mapa de Viales de la empresa 30 de Noviembre, provincia Pinar del Río.



Figura 8. Mapa de Otros Usos, empresa Antonio Guterres, provincia Las Tunas.

El uso del SIG permitió la automatización del balance de áreas e integración de los servicios científicos técnicos, lo que dio lugar a la reducción de la indisciplina tecnológica, completa y exhaustiva estandarización y codificación de sus áreas, evaluación de tierras para diferentes tipos de utilización y cambio de uso, automatización de la estrategia de zafra, actualización del catastro agrícola, generación de mapas temáticos para el manejo apropiado de variedades, confección de cartogramas agroquímicos de reacción del suelo, contenido de fósforo y potasio asimilables y representación espacial de la recomendación racional de fertilizantes como se muestra en las figuras 10, 11 y 12.

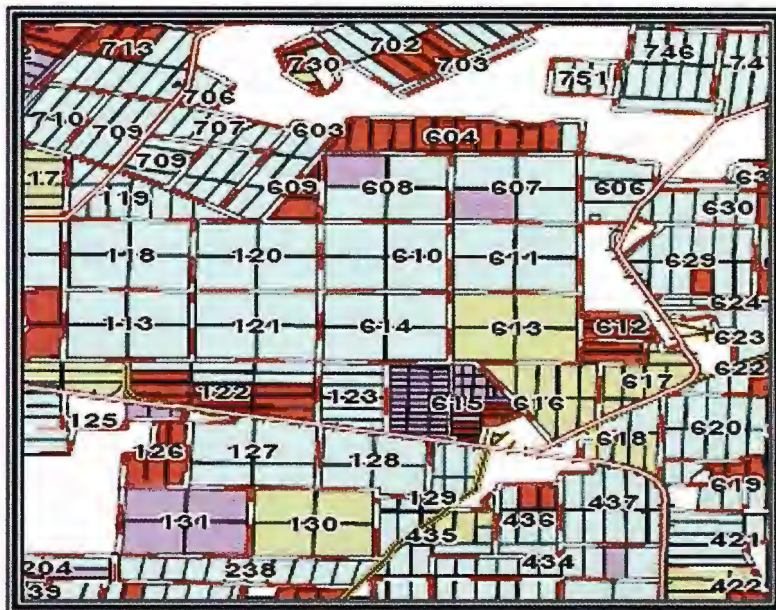




### Legenda

|   |           |      |
|---|-----------|------|
| <span style="color: red;">■</span>        | VACIA     | (52) |
| <span style="color: green;">■</span>      | B.7274    | (3)  |
| <span style="color: yellow;">■</span>     | C.1051-73 | (5)  |
| <span style="color: blue;">■</span>       | C.132-81  | (1)  |
| <span style="color: cyan;">■</span>       | C.266-70  | (4)  |
| <span style="color: magenta;">■</span>    | C.323-88  | (5)  |
| <span style="color: darkgreen;">■</span>  | C.588-75  | (3)  |
| <span style="color: purple;">■</span>     | C.85-102  | (8)  |
| <span style="color: brown;">■</span>      | C.86-12   | (18) |
| <span style="color: darkred;">■</span>    | C.87-51   | (34) |
| <span style="color: orange;">■</span>     | C.90-316  | (1)  |
| <span style="color: lightgreen;">■</span> | C.90-317  | (1)  |
| <span style="color: lightblue;">■</span>  | C.91-301  | (9)  |
| <span style="color: grey;">■</span>       | CO.997    | (13) |
| <span style="color: lightgrey;">■</span>  | CP.52-43  | (9)  |
| <span style="color: white;">■</span>      | MY.55-14  | (7)  |
| <span style="color: darkblue;">■</span>   | SP.701143 | (9)  |
| <span style="color: black;">■</span>      | SP.701284 | (19) |

Figura 10. Mapa con la ubicación de variedades en la empresa "Ecuador", provincia de Ciego de Ávila.



### Legenda

#### Estructura Territorial

|  |                  |
|--|------------------|
|  | LINEA FÉRREA     |
|  | TERRAPLEN        |
|  | CARRETERA        |
|  | LIMITE DE BLOQUE |

#### Destino de las Cepas

|  |              |        |
|--|--------------|--------|
| <span style="color: red;">■</span>       | Vacias       | (458)  |
| <span style="color: yellow;">■</span>    | DEJAR QUEDAR | (213)  |
| <span style="color: lightblue;">■</span> | MOLIBLE      | (1270) |
| <span style="color: purple;">■</span>    | SEMILLA      | (117)  |

Figura 11. Mapa de destino, empresa "Ecuador", provincia de Ciego de Ávila.

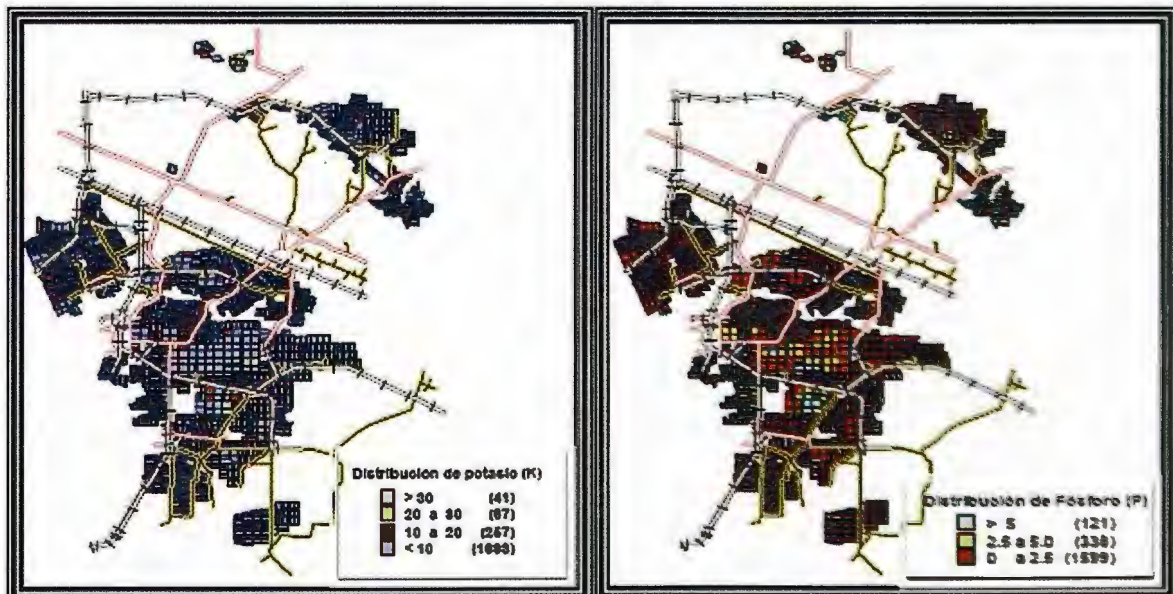


Figura 12. Distribuciones de potasio y fósforo en la empresa Ecuador, provincia de Ciego de Ávila.



El empleo de esta tecnología posibilita el mejor uso y manejo de los sistemas de riego y drenaje, en la figura 13 se muestra la ubicación de pozos y las áreas bajo riego y secano en esta misma empresa.

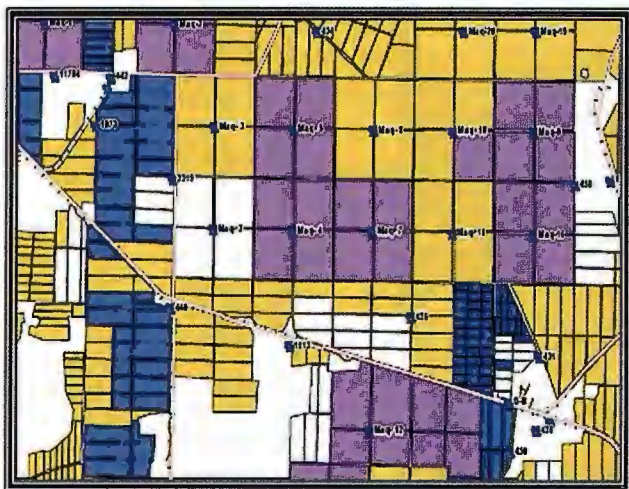


Figura 13. Mapa con la ubicación de los pozos y las áreas bajo riego y secano en la empresa "Ecuador", provincia de Ciego de Ávila.

## Conclusiones

- Se logró el establecimiento de una metodología para la creación y actualización del catastro digital y el control del balance de áreas, con la automatización del proceso de toma de decisiones por medio de la introducción de tecnologías de Sistemas de Información Geográfica

- Establecimiento de un Sistema de Información Geográfica personalizado para manipular e integrar bases de conocimientos, lo que contribuye al proceso de toma de decisiones de las empresas azucareras y al manejo de los servicios de recomendaciones que presta el INICA a través del Ordenamiento Territorial.

- Obtención de mapas temáticos de factores edáficos, cartogramas y dosis recomendadas de fertilización, ubicación de variedades, cepas, uso actual y prospectivo de la tierra.

## Bibliografía

- Balmaseda, C; D. Ponce de León y S. Segrera. 1997. Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el cultivo de la caña de azúcar en un central azucarero de la provincia de Ciego de Ávila.

- Balmaseda, C; D. Ponce de León y S. Segrera. 1999. Modelo de datos del Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera. Estudio de caso del CAI Patria o Muerte.

- Mc Kenzie, S. A. 1990. Geographical Information Systems for the Sugar Industry. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. Conf. pp 9-12.

- Platford, G. G. 1990. A Geographical Information Systems for use in the Sugar Cane Industry. Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass. 83-87.

**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.org](mailto:info@tiendaverde.org)



# ISOAS. ISOLÍNEAS DE ASENTAMIENTOS.

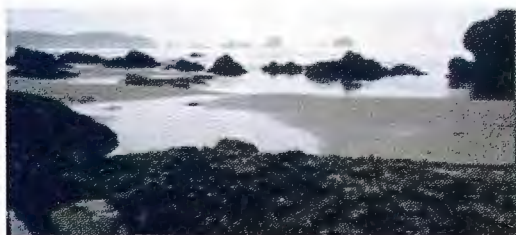
Ing. Isali Azpiri Medina.  
Ing. Braulio Carreño Aquino.  
Empresa Geocuba Cienfuegos. - Cuba.

XII Convencion y Expo. Internacional

## RESUMEN:

En la actualidad, las empresas del país, que ejecutan proyectos para la construcción de diferentes tipos de obras en parcelas donde están presentes espesores considerables de materiales altamente compresibles, tales como los cienos, las turbas y otros, se ven necesitadas del empleo de plataformas de relleno tecnificado con el objetivo de diseñar las cimentaciones de manera tal que los bulbos de presiones que estas generan debajo de sus bases, queden desarrolladas dentro del cuerpo de dichas plataformas. Con este proceder solo se logra la utilización de la parcela con muchas limitaciones en lo referente a su eficiencia de trabajo, pues al unísono surgen nuevos problemas relacionados con la plataforma diseñada, ya que en ella se producen asentamientos totales y diferenciales que finalmente, provocan grandes daños en el cuerpo de estas y por ende al conjunto de objetos de obras que sustenta, llegándose a ocasionar la destrucción parcial y hasta total del complejo de obras. Estos proyectos por tanto conllevan un análisis y estudio de riesgos, labor que se puede decir hasta el momento solo se realizaba de forma manual o semiautomatizada con diferentes aplicaciones desarrolladas al efecto que han ido

Cienos, turbas, otros



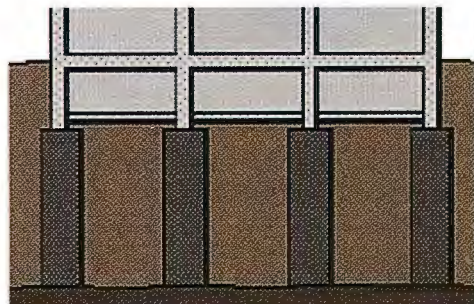
turismo, cultivo del camarón

perdiendo actualidad con el desarrollo de la tecnologías además de no poder integrar los resultados hasta el análisis gráfico, procesos que se hacen repetitivos y engorrosos de desarrollar y que cuando se logran realizar no cuentan con la precisión necesaria. Con este sistema se automatiza todo el cálculo de los asentamientos de los estratos del suelo bajo las plataformas de relleno en los litorales, con el objetivo de poder desarrollar obras de construcción (obras de turismo, estanques de cultivo del camarón y langosta, entre otras), integrándose estos cálculos a una representación de las curvas de nivel asociadas a esta variable (asentamientos) calculada para diferentes puntos de la plataforma de relleno, permitiéndonos un análisis de si la diferencia de asentamientos en un área determinada está dentro del valor permisible o nos llevaría a una situación de riesgo, trayendo consigo mejores condiciones de trabajo, un producto de mayor calidad en menos tiempo, con menos errores humanos y por consiguiente mayor prestigio para estos estudios realizados al acometer estas obras de construcción.

## INTRODUCCIÓN:

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión. Su importancia radica en las herra-

cimientos



destrucción parcial y hasta total



mientas de consultas y análisis que permite la integración de los mapas con sus datos y su vigencia depende de la calidad de los datos que maneja.

Hasta la fecha en nuestra país se han desarrollado algunas aplicaciones que realizan estos cálculos por diferentes metodologías, aplicaciones que por el desarrollo tecnológico que se ha alcanzado se hacen muy difíciles de integrar a las aplicaciones actuales y de permitir realizar un análisis correcto y preciso de la situación planteada, el análisis de las metodologías desarrolladas en estas aplicaciones, así como la bibliografía con la que contamos nos han permitido homogenizar estos cálculos y determinar la metodología idónea a desarrollar para obtener los resultados esperados, consiguiéndose no solo desarrollar todos estos cálculos de esta forma, sino también integrarlos en una herramienta capaz de interpolar estos resultados y representar las curvas de nivel asociadas al valor del asentamiento en los diferentes puntos de estudio en la plataforma de relleno y realizar un análisis de la factibilidad de ejecutar una obra de construcción determinada en esa área. La experiencia ganada en los trabajos desarrollados han logrado un camino más seguro para la realización de este sistema.

Plataforma de relleno tecnificado con las isolíneas de asentamientos representadas



### OBJETIVO GENERAL DEL SISTEMA:

Este SIG tiene como objetivo principal integrar los resultados de los cálculos automatizados de los asentamientos en las plataformas de relleno con la representación gráfica de las curvas de nivel interpoladas en los puntos de estudio, realizando un análisis de la factibilidad de ubicar las obras de construcción en estas áreas.

### RESULTADOS ESPERADOS:

Se obtiene una herramienta capaz de realizar los cálculos de los asentamientos en los diferentes puntos ubicados en un área ocupada por una plataforma de relleno para todos los estratos del suelo necesarios para el análisis, brindar un reporte con estos resultados, representar gráficamente las curvas de nivel resultados de la interpolación de estos valores de asentamientos, realizar un análisis de la diferencia de valor de las curvas en un área determinada comparándolo con el máximo permisible y brindar un modelo digital del terreno para el comportamiento de la variable analizada del suelo, todo ello con una considerable disminución de errores humanos, obteniéndose los resultados con mejor calidad y precisión y en menos tiempo, lográndose homogenizar estilos, metodologías y formas de trabajo a nivel nacional.

### ESTUDIO DE MERCADO

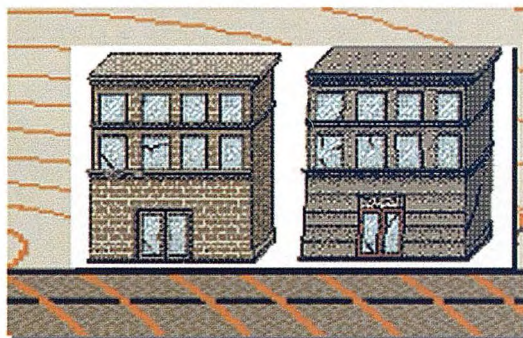
Los resultados de este SIG se destinan a todas las empresas del país que realicen este tipo de actividad. Este producto cumple con las expectativas y necesidades de estos clientes, pues posee alta fiabilidad, y ha cumplido con las normas y estándares de calidad en el campo de la computación y la geología. Se podrá comercializar con otras empresas que se dediquen al desarrollo de estas funciones en la construcción y así establecer vínculos e intercambios provechosos.

### TECNOLOGÍAS Y MÉTODOS A UTILIZAR

Para desarrollar esta herramienta se utilizará la aplicación para desarrollar Sistemas de Información Geográfica ArcView 3.2, utilizando las posibilidades que brinda para estos tipos de trabajos y personalizando las funciones específicas del proyecto a través de su lenguaje de programación nativo Avenue, apoyándonos en la metodología de cálculo escogida por los especialistas al efecto. Todo la representación gráfica del trabajo podrá estar georeferenciada si el usuario así lo desea.

La herramienta comienza con la definición y representación del área que ocupa la plataforma de relleno y los pun-

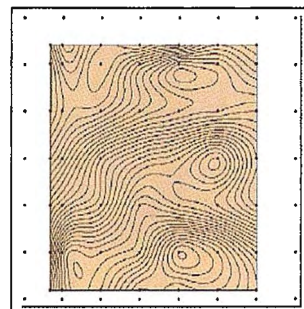
diferencia de asiento fuera del valor permisible  
¡situación de riesgo!



tos de objeto de estudio con todos sus datos asociados y los datos primarios para cada estrato que se analizará, se procede a realizar todos los cálculos necesarios para obtener los valores totales de asentamientos por punto, los cuales formarán parte de la base de datos asociada a los mismos, con estos resultados se emitirán reportes impresos que ilustrarán detalladamente cómo se han obtenido estos valores. Con estos valores ya almacenados en el sistema se procede a interpolar y representar las curvas de nivel asociadas a los asentamientos en esta zona de la plataforma, pudiéndose posteriormente realizar un análisis de la diferencia de asentamientos en el área escogida por el usuario y compararla con el valor permisible.

Temáticas y tablas fundamentales (datos asociados):

- Plataforma (tipo de suelo, densidad húmeda).
- Puntos (Asentamiento).
- Isolíneas de Asentamientos.
- Estratos (tipo de suelo, densidad húmeda, escalones de carga con el módulo de deformación edométrico).



- Puntos de evaluación en cada punto de la plataforma.

Herramientas:



### Inicialización del proyecto



Salvar proyecto.

Permite salvar el proyecto, definiendo su ubicación y el directorio de trabajo.



Inicializar entorno de trabajo.

Permite inicializar las temáticas y tablas del sistema, para lo cual debe haberse salvado previamente el proyecto y en caso de existir datos en el mismo se eliminarían para crearlos nuevos. Se crean en la vista de trabajo llamada Isolíneas

de Asentamientos las temáticas:

- Plataforma

- Puntos

- Objetos de obra

### Representar la plataforma



Permite representar la plataforma con sus datos generales (nombre de la obra, tipo de suelo, densidad húmeda) a través de diferentes variantes:

- Definiendo coordenadas conocidas en el caso de un polígono y el centro y radio en el caso de ser circular.
- Dibujando directamente sobre la vista.
- Importando la plataforma de un fichero (.shp, .dwg, .dxf)

### Actualizar estratos



Permite actualizar los estratos con sus datos generales (identificador, tipo de suelo, densidad húmeda), así como los escalones de carga con el módulo de deformación edométrico asociado para que el sistema pueda escoger el que se encuentra próximo al rango de presiones que existan en cada punto al calcular el asentamiento.

### Densificar puntos



Permite densificar la red de puntos de forma tal que el asiento de cada punto añadido es el promedio del asiento de los 4 puntos más cercanos a él y su ubicación es el centroide de los mismos. Esta densificación permite obtener un resultado más exacto de los asentamientos en puntos desconocidos, minimizando los errores de interpolación.

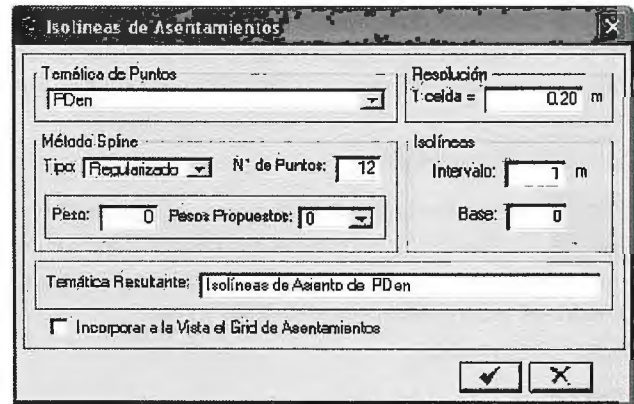
Al densificarse la red de puntos se obtiene una nueva temática con el nombre escogido por el operador, pudiéndose posteriormente utilizar estos puntos para interpolar las isolíneas de asentamientos. Puede densificarse todas las veces que el operador decida.

### Interpolar isolíneas



Permite realizar la interpolación de las isolíneas de asentamientos siguiendo el método Spline, método apropiado para el comportamiento de la variable analizada en el sistema o sea para los asentamientos y en la interfaz presentada se piden una serie de datos, los cuales determinan el resultado obtenido, se puede ir probando hasta lograr el resultado deseado, pues de cada interpolación realizada se incorpora una temática nueva a la vista, temática que puede ser eliminada si luego no se desea trabajar con la misma, también se puede obtener un

grid o imagen raster con el degradado del comportamiento de la variable analizada.



Se escoge la temática de puntos deseada para hacer la interpolación, puede ser el resultado de alguna densificación.

Se escoge un tipo de opción para el método de dos tipos (regularizado o tensión), el regularizado suaviza más las isolíneas en dependencia del peso entrado, para lo cual hay valores propuestos para seleccionar, aunque puede ser tomado cualquier valor. Además se entra el número de puntos a analizar al interpolar. La resolución propuesta, la cual puede variarse es la proporción existente entre una celda en el mapa y lo que representa esta celda en el terreno o la superficie analizada. También se decide el valor de la isolínea base y la equidistancia entre ellas.

### Colocar etiquetas



Permite realizar un etiqueteado tanto de las isolíneas como de los puntos, como los objetos de obra, solicitando el tamaño de la fuente, la fuente empleada es Arial. En esta opción el operador no tiene que definir ninguna propiedad del tema para lograr su objetivo y va a dar como resultado el mejor lugar que el sistema considera para las etiquetas, aportando una temática (Isolíneas resultantes), lista para ser impresa y sin afectar para nada a las isolíneas originales, las cuales quedan en la leyenda con un color transparente y pueden recuperar su color con la opción de mapas temáticos.

### Operaciones con las etiquetas



Permite realizar una serie de operaciones sobre las etiquetas como son: seleccionarlas, eliminarlas, si se colocan etiquetas nuevas sobre las isolíneas, realizar la preparación de las isolíneas para su impresión, y colocar nuevas etiquetas en las isolíneas mediante el trazado de una polilínea en el lugar de las isolíneas que se desean las etiquetas. En este caso si se debe especificar en las propiedades de la temática isolíneas las características deseadas para las etiquetas si se quiere estar en correspondencia con la opción de colocar etiquetas y también especificarse en los símbolos del sistema el tamaño de letra deseado y mantener la escala en la opción planteada anteriormente.

### Actualizar objetos de obra



Permite realizar la actualización de los objetos de obra, calculando si existiera la temática de isolíneas el asiento diferencial para cada obra.



**Mapas temáticos**



Permite alternar la leyenda de las temáticas Plataforma, Isolíneas de asentamientos y Objetos de obra, principalmente para su trabajo en la vista o para su impresión, ya que la alterna de colores a transparente.

**Salvar temáticas activas**



Permite realizar en el camino seleccionado una salva de las temáticas activas en el proyecto, conservando esta salva la leyenda de la temática y pudiendo ser incorporada a la vista nuevamente.

**Vista de impresión**



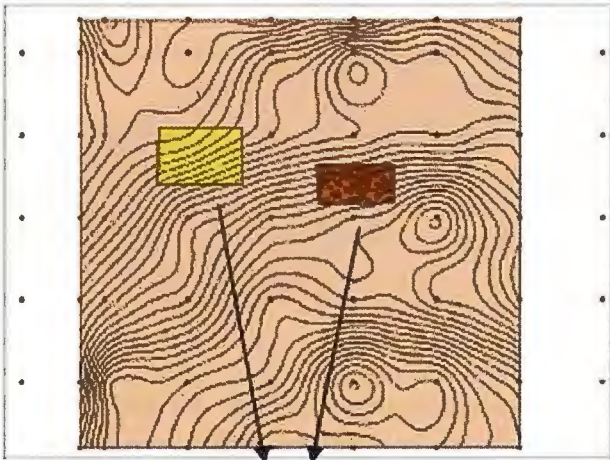
Permite realizar la impresión de la vista de trabajo con una serie de datos opcionales. Esta impresión respeta la escala de la vista, la cual podrá ser modificada dando doble clic en el mapa y entrando la escala deseada.

**Reporte**

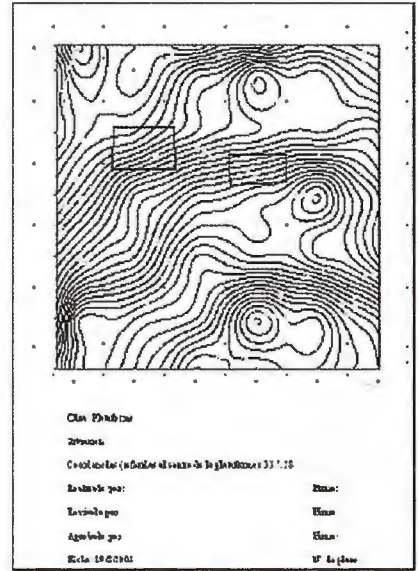
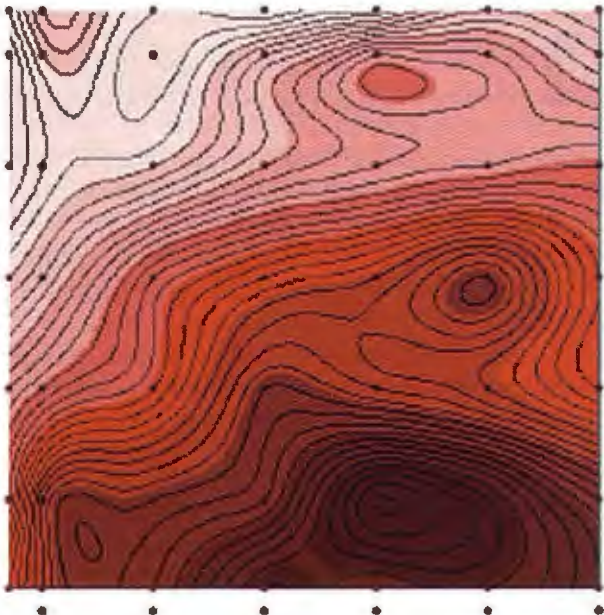


Permite obtener el reporte de los asentamientos de los puntos con sus puntos de evaluación y sus datos calculados.

Resultados que se obtienen de la aplicación del sistema:



Objetos de obras



Vista de impresión:

**Reporte de los cálculos:**

| Punto Evaluación                        | Punto de Asentamiento | Estructura | HA    | IF     | Σ      |
|---|-----------------------|------------|-------|--------|--------|
| 1                                       | 1                     | Plataforma | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
|   | 2                     | Plataforma | 1.000 | 1.000  | 0.000  |
|   | 3                     | A          | 0.500 | 4.500  | 0.000  |
|   | 4                     | A          | 0.500 | 7.000  | 0.000  |
|   | 5                     | A          | 1.000 | 18.488 | 0.019  |
|   | 6                     | B          | 2.000 | 14.888 | 0.147  |
|   | 7                     | B          | 2.000 | 18.388 | 0.162  |
| Asiento total del punto de evaluación 1 |                       |            | 1     | 0.000  | 0.000  |
| Asiento total del punto de evaluación 2 |                       |            | 2     | 0.000  | 13.688 |
|   |                       |            | 3     | 0.000  | 13.688 |

**CONCLUSIONES:**

El sistema cumplió con los objetivos propuestos permitiendo realizar un análisis efectivo de la factibilidad de ejecutar una obra de construcción determinada en un área de este tipo, trayendo consigo mejores condiciones de trabajo, permitiendo obtener un producto de mayor calidad en menos tiempo, con menos errores humanos y por consiguiente mayor prestigio para estos estudios realizados al acometer estas obras de construcción.

**BIBLIOGRAFÍA:**

- 1. Curso SIG FAO.
- 2. ARONOFF, S. 1989. Geographic information systems: a management perspective. Ottawa, WDL Publications.
- 3. BOSQUE SENDRA, J. 1992. Sistema de Información Geográfica. Madrid, Rialp.
- 4. BOOCH, GRADY. Object Oriented Design with Applications. Redwood City, CA: The Benjamin/Cummings Publishing Co., 1991.
- 5. BURROUGH, P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. New York: Oxford University Press, 1986.
- 6. DATE, C.J. An Introduction to Database Systems. 5th Edition. Reading, MA: Addison-Wesley, 1990.
- 7. Geographical Information Systems: Principles and Applications. Edited by DAVID J. MAGUIRE, MICHAEL F. GOODCHILD AND DAVID W. RHIND. U.K.: LONGMAN Scientific & Technical, 1991.
- 8. Introductory readings in Geographic Information Systems. Edited by Donna J. Peuquet and Duane F. Marble. New York: TAYLOR & FRANCIS, 1990.
- 9. MONMONIER, MARK AND GEORGE A. SCHNELL. Map Appreciation. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1988.
- 10. MUEHRCKE, PHILLIP C. & J. O. MUEHRCKE. Map Use: Reading, Analysis, and Interpretation. 3rd Edition. Madison, WI: JP Publications, 1992.
- 11. RUMBAUGH, JAMES, et. al. Object-Oriented Modeling and Design. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.
- 12. DEWHURST, WARREN T. The Application of Minimum-curvature-derived Surfaces in the Transformation of Positional Data from the North American Datum of 1927 to the North American Datum of 1983. NOAA Technical Memorandum NOS NGS-50. Rockville, MD: NOAA. January 1990.
- 13. ROBINSON, ARTHUR H., RANDALL D. SALE, JOEL L. MORRISON, AND PHILLIP C. MUEHRCKE. Elements of Cartography, Fifth Edition. John Wiley & Sons, 1984.
- 14. Ayuda de ArcView 3.2



Hay trabajos que sólo son para profesionales.

En Topografía y S.I.G. está **OFITEAT**

Verás crecer tu empresa.

*Carmen 20 de Mayo de 2007*

*Carmen 20 de Diciembre de 2006*



Cartografía  
Topografía



Líderes en Topografía



Aplicaciones S.I.G. personalizadas



Venta - Alquiler



con la garantía de



953 089 523 - [www.ofiteat.es](http://www.ofiteat.es) - [ofiteat@ofiteat.es](mailto:ofiteat@ofiteat.es)



# Noticias

## HP reafirma sus ofertas en gran formato con nuevas soluciones e instalaciones

Anunciada durante la cumbre HP Graphic Arts Pre-drupa, lo más destacable de esta gama incluye:

- Las nuevas HP Latex Printing Technologies, diseñadas pensando en el medio ambiente, representan una nueva alternativa para los proveedores de impresión para crear una amplia variedad de aplicaciones tanto de exterior como interior.
- Cinco nuevas impresoras industriales de formato superancho, resultado de la integración de productos, ya completada al haber adquirido NUR Macroprinters, Ltd.
- La apertura de unas modernas instalaciones en Caesarea, Israel, para encargarse de la continuada innovación y fabricación de productos HP Scitex.
- Impresora HP Scitex XP5300, anteriormente la NUR Expedio Revolution de cinco m, la cual puede verse en los stands de HP D20 - D30 - E65, ofrece una potente combinación de velocidades de impresión líderes del sector(4) y tintas UV de alta calidad; ideal para cartelería gráfica y otras aplicaciones de exterior, la impresora HP Scitex XP5300 imprime a velocidades industriales de hasta 300 m<sup>2</sup>/h (3.200 pies<sup>2</sup>/h) en modo Billboard (valla publicitaria), utilizando la tinta HP Specialty Billboard Scitex Ink y permitiendo un secado y entrega rápida.
- Impresora HP Scitex XP5100, anteriormente la NUR Expedio 5000, combina el rendimiento de las impresoras tradicionales en formato superancho con la versatilidad de soportes, la calidad y la velocidad de las impresoras actuales de tinta UV. Este dispositivo crea aplicaciones tanto de interior como de exterior a velocidades de producción de hasta 150 m<sup>2</sup>/h (1.600 pies<sup>2</sup>/h). La impresora

HP Scitex XP5100 va provista de un kit de impresión multi-roll y una cortadora vertical para disponer de alta versatilidad y productividad.

- Impresora HP Scitex XP2700, anteriormente la NUR Expedio Inspiration, ofrece impresiones de alta calidad tanto en soportes flexibles como rígidos.(5) Ofrece impresiones de formato ancho a velocidades de producción de hasta 110 m<sup>2</sup>/h (1.200 pies<sup>2</sup>/h)(6) y una calidad de imagen superior a 800 x 635 ppp (1600 x 1270 ppp aparentes) para impresores industriales de alto volumen que quieran entrar en nuevos mercados de aplicaciones de interior y de exterior.
- Impresora HP Scitex XP2100, anteriormente la NUR Expedio 3200, combina la velocidad y la versatilidad de una impresora UV de rollo a rollo con un módulo opcional y fácil de utilizar de cama plana. Ideal para aplicaciones de 3,2 m (10,5 pies), la impresora lleva integrado un colector hinchable y un alimentador, así como también un kit de impresión opcional de rollo múltiple, de manera que las empresas de servicios de impresión pueden ofrecer resultados más eficiente. La impresora HP Scitex XP2100 produce aplicaciones tanto de interior como de exterior a velocidades productivas de hasta 120 m<sup>2</sup>/h (1.300 pies<sup>2</sup>/h).
- Impresora HP Scitex FB6100, anteriormente la NUR Tempo Q, una impresora industrial plana de alto volumen. Se ha diseñado para entornos industriales y ofrece una fiabilidad de 24 horas durante siete días a la semana, apoyada por el servicio técnico de HP. Este dispositivo va equipado con una de las áreas de impresión plana más grande (3,2 x 2 m /10,5 x 6,5 pies) que existente en el mercado y se puede convertir fácilmente de funcionamiento plano a funcionamiento a partir de rollo.

## EXITOSA IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA C.E.S.A.R. DE REGULACIÓN DE SEMÁFOROS EN EL AYUNTAMIENTO DE MADRID

• C.E.S.A.R., el software para el mantenimiento de la "Cartografía y Elementos del Sistema Automático de Regulación de Madrid", está desarrollado con tecnología de Autodesk

### Situación de Partida

El Ayuntamiento de Madrid está compuesto por diversos departamentos para garantizar un buen servicio a los ciudadanos y para que todas sus necesidades estén cubiertas de forma eficiente. En este sentido, el Departamento de Tecnologías del Tráfico del Ayuntamiento de Madrid preocupado por la seguridad vial de los viandantes y la regulación del tráfico para evitar incidentes innecesarios, busca una solución tecnológica para regular y gestionar internamente estos aspectos. En una ciudad dinámica y en constante evolución, como es Madrid, uno de los aspectos clave del Sistema de Regulación es el mantenimiento actualizado del inventario.

El Departamento de Tecnologías del Tráfico del Ayuntamiento de Madrid, (actualmente bajo la supervisión del jefe de Departamento D. Carlos Rubio), saca a concurso el desarrollo de un sistema que les permita explotar y mante-

ner actualizado el inventario de los Elementos Reguladores del tráfico. La situación implica manejar una importante cantidad de información: 2.046 cruces semaforizados, que en términos numéricos significa unas 45.933 cabezas de semáforo, lo que equivale a 115.707 lámparas y sus correspondientes soportes, así como toda la instalación del cableado subterráneo y las arquetas de la ciudad de Madrid.

### El reto

La necesidad del Departamento de Tecnologías del Tráfico residía en solucionar dos aspectos. Por un lado contaba con una amplia y detallada base de datos con información de cada cruce -cruce tomado como unidad de medida- con planos en DWG con una pormenorizada simbología no georreferenciada, por tanto la simbología o representación visual y datos alfanuméricos no estaban ubicados en un mismo registro. Por otro lado, la información del inventario de semáforos y cámaras, así como de sus mediciones se hallaba en otros ficheros independientes. Esto ralentizaba las consultas y actualizaciones de la información, así como aumentaba la probabilidad de incurrir en errores en que la información gráfica y alfanumérica no se correspondiera.

# NORMAS PARA AUTORES

## CONTENIDO

Mapping es una revista internacional en lengua española que publica artículos sobre Ciencias de la Tierra con un enfoque tanto investigativo como profesional. Mapping no es una revista especialista sino generalista donde se publican artículos de Topografía, Geodesia, SIG, Medio Ambiente, Teledetección, Cartografía, Catastro, Turismo y Ciencias de la Tierra en general. El amplio campo cubierto por esta publicación permite que en ella el lector, tanto científico como técnico, pueda encontrar los últimos trabajos publicados con las nuevas investigaciones y desarrollos en el campo de las Ciencias de la Tierra en la comunidad hispanohablante.

La revista Mapping invita a los autores de artículos en el campo de las Ciencias de la Tierra a la colaboración mediante el envío de manuscritos para su publicación, según las siguientes normas:

## ESTILO

El artículo será enviado como documento de texto con las siguientes normas de estilo:

- La fuente será "Times New Roman" a tamaño 12.
- Interlineado a doble espacio.
- Sin espaciado adicional al final o al principio de los párrafos.
- Justificación en ambos laterales.
- Títulos de los diferentes apartados y subapartados del artículo ordenados de manera numérica, en mayúsculas y en negrita.
- Tamaño del papel DIN A4.
- Márgenes verticales y laterales de 2,5 cm.
- No se admiten encabezados ni pies de página.

## LONGITUD

La longitud de los artículos no está establecida, recomendándose una extensión en torno a las 10 páginas para el texto con el estilo propuesto.

## SISTEMAS DE UNIDADES

Salvo excepciones que serán evaluadas por el Comité Editorial el sistema de unidades será el Sistema Internacional.

## FORMULAS MATEMÁTICAS

Las fórmulas matemáticas se incluirán en el cuerpo de texto en una línea aparte y con justificación centrada. Las fórmulas se numerarán correlativamente por su orden de aparición con su número entre paréntesis a la derecha.

## TABLAS

Las tablas se incluirán en el artículo cada una de ellas en una hoja aparte a continuación del texto, numeradas en orden de aparición y con su leyenda. En el lugar del texto, en el cual deberán ser insertadas para la maquetación final se incluirá una línea con la palabra "tabla" y su número en mayúsculas, con justificación centrada.

El diseño de las tablas será tal que permita su lectura con maquetación a una columna (8 cm de ancho) y excepcionalmente a 2 columnas (16 cm de ancho).

En ningún caso se admitirán tablas en formato apaisado.

## FIGURAS

Las figuras se incluirán en el artículo cada una de ellas en una hoja aparte a continuación de las tablas, numeradas en orden de aparición y con su leyenda. En el lugar del texto, en el cual deberán ser insertadas para la maquetación final y se incluirá una línea con la palabra "figura" y su

número en mayúsculas, con justificación centrada. El diseño de las figuras será tal que permita su visibilidad con maquetación a una columna (8 cm de ancho) y excepcionalmente a 2 columnas (16 cm de ancho). Se admiten figuras en blanco y negro y color.

## REFERENCIAS

En el cuerpo del texto del artículo las referencias se citarán por el apellido del autor y el año de publicación separados por una coma y entre paréntesis. Las referencias se incluirán al final del texto como un apartado más del mismo y se documentarán de acuerdo al estándar cuyo modelo se incluye a continuación:

### LIBROS

*Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título. Edición. Editorial, ciudad de publicación. Número de páginas pp.*

### REVISTAS

*Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título del artículo. Revista, número (volumen), pp: pagina de inicio-página final.*

### DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

*Apellido 1, inicial del nombre 1., Apellido 2, inicial del nombre 2. (año) Título del documento. Enlace de Internet.*

En todos los casos se incluirán tantos autores como figuren en las referencias.

**No se admitirán artículos sin referencias.**

## FORMATO DEL MANUSCRITO

El documento que será enviado al comité editorial en el siguiente formato:

### HOJA DE PORTADA

En la hoja de portada se incluirán los siguientes datos

### TÍTULO

El título del artículo deberá tener menos de 15 palabras y estar escrito en español e inglés.

### AUTORES Y FILIACIÓN

A continuación del título se incluirán los autores en el orden de aparición, sus datos de filiación y contactos en el siguiente formato:

*Apellido, nombre.*

*Institución o empresa. Teléfono.*

*Correo electrónico. País*

### ARTÍCULO

El artículo estará formado por el cuerpo del texto, las tablas y figuras. **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)



# Módulo Valor Catastral del SIGCAR V2.0, una herramienta Geoinformática para la valoración del terreno rural"

MSc. Francisco D. Salas Rosette, GEOCUBA Pinar del Río  
MSc. Felipe Samuel Kelly, UCT GEOCUBA Investigación y Consultoría  
XII Convencion y Expo. Internacional

**Palabras claves:** Catastro, Sistema Informativo, Valoración Catastral

## Resumen

La necesidad objetiva de un conocimiento preciso sobre los bienes inmuebles del país que sirva de base informativa para los nuevos requerimientos de la gestión económica y administrativa, requiere del Catastro Nacional así como su actualización. La cual deberá estar orientada a aportar los elementos que permitan un adecuado registro y control del patrimonio inmobiliario del país y el cumplimiento de las disposiciones fiscales y jurídicas sobre los bienes inmuebles incluyendo la tierra.

Una de las adecuaciones fundamentales del catastro está relacionada con la determinación del valor catastral de los bienes inmuebles, la que tiene incidencia en distintos ámbitos con múltiples fines. Por la necesidad de mantener un adecuado control valorativo de los bienes inmuebles del país, tanto de naturaleza urbana como de naturaleza rural se elaboró una metodología en la cual se establece un procedimiento para obtener el valor catastral de los bienes inmuebles de naturaleza rural el cual se tomó como base para este trabajo.

Como estrategia para el desarrollo del Catastro Nacional, se implementó el Sistema de Información Geográfico del Catastro Rural (SIGCAR) v1.0 el cual emplea como Sistema de Gestión de Bases de Datos Cliente Servidor Oracle Spatial 9.0, en esta versión no se incluyó el cálculo del valor catastral rural, por lo que el cálculo del valor de cada parcela del terreno se realizaba de forma manual el función de la metodología elaborada

El desarrollo del modulo para el cálculo del valor catastral nos permite de manera eficiente obtener automáticamente el valor de cada parcela del terreno. Solamente será necesario identificar en la parcela la Categoría Agro productiva, el Índice de riqueza no agraria y el nivel de accesibilidad,

El modulo desarrollado ha sido integrado al SIGCAR el cual nos da la posibilidad de obtener los datos catastrales del territorio y mantener actualizado los datos de manera automática incluyendo los datos relacionados con el valor catastral rural.

## Introducción.

El Catastro proporciona una información realista y veraz que nos posibilita adoptar cualquier decisión, tanto desde instancias estatales como privadas que pretendan influir sobre aspectos concretos de la vida económica y social de un país. De esta forma, si se conoce la realidad física en detalle, podremos garantizar el éxito, al diseñar políticas adecuadas de desarrollo regional, ordenar y adecuar explotaciones agrarias y ganaderas, establecer planes urbanísticos a medio y largo plazo y proteger el medio ambiente.

Una de las adecuaciones fundamentales del catastro está relacionada con la determinación del valor catastral de los

bienes inmuebles, la que tiene incidencia en distintos ámbitos con múltiples fines. Por la necesidad de mantener un adecuado control valorativo de los bienes inmuebles del país, tanto de naturaleza urbana como de naturaleza rural se elaboró una metodología en la cual se establece un procedimiento para obtener el valor catastral de los bienes inmuebles de naturaleza rural el cual se tomó como referencia para el desarrollo de este modulo del SIGCAR.

El grupo Empresarial GEOCUBA de conjunto con la ONHG asumió desde el año 1999 el proyecto Desarrollo del Sistema Informativo del Catastro Nacional, que dentro de sus tareas fundamentales se encontraba la automatización del catastro rural empleando las nuevas tecnologías y respondiendo a las nuevas demandas de información catastral de los usuarios. A partir del año 2004 se logra con el desarrollo del SIGCAR en su primera versión integrar la información gráfica y literal además de incluir todas las posibilidades de actualización, obtención de resúmenes, listados y mapas temáticos.

Posteriormente surge la necesidad de determinarle a las parcelas sus respectivos valores catastrales, es en este momento que se incorpora la metodología para el cálculo del valor catastral rural a las facilidades que brinda el SIGCAR en su versión 2.0

El proyecto tuvo como objetivo la incorporación al SIGCAR del cálculo del valor catastral rural y como parte de este proyecto se realizó la Etapa el Diseño Conceptual, Lógico y Físico de las herramientas a desarrollar que garantizarán de forma óptima el cumplimiento del objetivo trazado.

El objetivo trazado para este proyecto fue logrado satisfactoriamente, lográndose obtener dentro del SIGCAR una opción para el cálculo del valor catastral rural, la cual garantiza de forma automatizada la actualización de este valor al modificarse las condiciones iniciales que dieron origen a su valor.

## Desarrollo

### Antecedentes.

En la actualidad, con el empleo generalizado de los medios de cómputo y de almacenamiento a nivel nacional, así como la voluntad del estado en el desarrollo del catastro nacional, se ha evidenciado una recuperación paulatina en el procesamiento automatizado de la información catastral para lo cual se han logrado desarrollar aplicaciones que permitan obtener un salto tanto cualitativo como cuantitativo en el procesamiento de esta información.

El cálculo del valor catastral no ha estado ajeno a esta situación e inicialmente, se desarrollaron tablas en MS Excel que permitían de alguna forma obtener el valor catastral, pero esto estaba desvinculado de los atributos que le pertenecían a la parcela gráfica en la base de datos. Al desarrollarse la primera versión del SIGCAR, no se incluyó la obtención del valor catastral rural debido a que estaba en proceso de implantación su metodología.

### Objetivo General

Como objetivo General de este trabajo fue desarrollar e implementar dentro del SIGCAR un módulo que posibilite el cálculo del valor catastral rural asociado a la parcela gráfica siendo ese valor un atributo más de la parcela.

### Objetivos Alcanzados

- Se logró programar una interfase amigable incluida en el SIGCAR que tuviera todas las opciones para introducir, procesar y obtener la información necesaria del Valor Catastral Rural. Esta interfase fue programada en Borland Delphi 6.0 y se comunica con Mapinfo mediante objetos OLE.
- Se logró desarrollar a nivel de procedimientos almacenados en el SGBD Oracle Espacial un conjunto de instrucciones que nos permitieron obtener el cálculo del Valor Catastral.
- Se mantiene un vinculo estrecho entre la información gráfica y literal.

### Desarrollo

Para la obtención automatizada de la valoración catastral de los bienes inmuebles de naturaleza rural se programaron los pasos establecidos en el procedimiento elaborado para estos fines, los cuales son:

No.1 Se dividieron los límites rurales del municipio en cuatro tipos de áreas homogéneas atendiendo a:

- Uso predominante
- Desarrollo urbanístico
- Intensidad productiva
- Densidad vial

Para la implementación del módulo fue necesario en primer lugar, automatizar la cartografía relacionada con las áreas homogéneas e incorporarla a la estructura de los datos catastrales

No.2 Ubicar el terreno con las dimensiones en hectáreas dentro del área económica homogénea rural.

Este proceso ya estaba desarrollado con la automatización de la base cartográfica digital del catastro, en este caso solamente fue necesario hacer coincidir los límites de las áreas homogéneas con el de las parcelas catastrales.

No.3 Clasificar las parcelas en cuanto a las categorías agro productivas (I a la IV) atendiendo a las capacidades de producir del suelo, fertilidad, topografía.

Teniendo en cuenta que este dato puede ser variable para cada parcela, se diseñó y programó una ventana de dialogo que permita al usuario aportar al sistema la información relacionada con la categoría agroproductiva de la parcela

No.4 Obtención del valor natural del suelo rural, el cual esta dado en función de las categorías agro productivas por hectáreas y tiene su expresión en pesos.

En este caso fue necesario incorporar al sistema, una tabla que relaciona la categoría agroproductiva con el valor en pesos, asignado a cada categoría. Este valor será multipli-

cado por la cantidad de hectáreas de cada parcela que se obtiene de la cartografía catastral.

No. 5 Determinación del factor de corrección 1 (Fc1)

Seguidamente se aplican los coeficientes correctores

El FC 1 relaciona las áreas homogéneas con las categorías agroproductivas de las parcelas y se le asigna un valor según corresponda.

Al modulo desarrollado se le introducen los datos mencionados con los valores correspondientes de forma que estos puedan ser actualizados de ser necesario y a su vez modifica automáticamente el valor de la parcela en función de la corrección introducida.

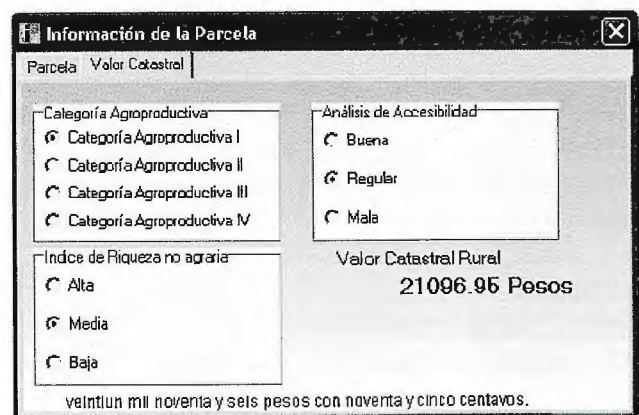
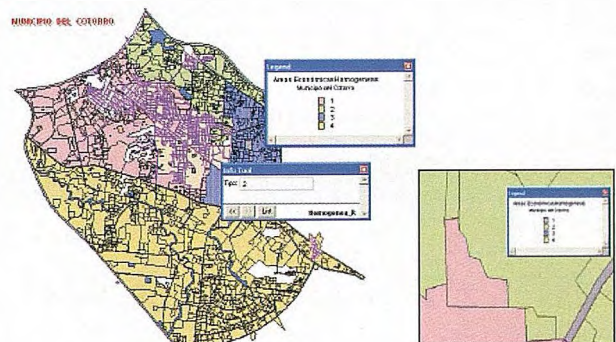
No. 6 Determinación del factor de corrección 2 (Fc2), se obtiene considerando la accesibilidad al terreno, el índice de riqueza no agraria, usos del suelo y la categoría agro productiva y con estos elementos se consulta las tablas 1,2,3 y 4 en función de las cuatro categorías agro productivas.

De igual forma, el factor de corrección 2 tiene en cuenta el nivel de accesibilidad y el índice de riqueza no agraria que pueden ser variables de una parcela a otra, en este caso se diseñó e implementó en el módulo, una ventana para que el usuario pudiera asignar los atributos a la parcela.

El factor de corrección 2 también tiene en cuenta el uso del suelo y en función de este será el coeficiente a aplicar. Para dar solución a este aspecto se tuvo en cuenta incorporar las tablas definidas en la metodología y relacionar los datos de los coeficientes correctores con los usos de la tierra del catastro nacional.

No. 7 Obtención del valor de la superficie del terreno y con ello el valor catastral rural.

Para la obtención del valor de la superficie del terreno rural se incorporó al sistema la fórmula  $VST = VNS * FC 1 * FC 2 * ST$  y se elaboró la ventana de trabajo para el usuario.





Todo lo anterior además, generó una serie de tablas y procedimientos que fueron almacenados en el SGBD Oracle Espacial.


Para el cálculo del valor catastral rural, el usuario trabajará con el SIGCAR v2.0 que incluye dentro de las informaciones de la parcela la posibilidad de determinar el valor de la parcela.

Es importante destacar que para el empleo de esta herramienta es necesaria la preparación de la cartografía catastral con la estructura definida en la metodología elaborada al efecto

Dividir la zona rural en áreas económicas homogéneas. Tipo 1...Tipo 2...Tipo 3...Tipo 4

Hacer coincidir digitalmente, los límites de Área Homogénea con el de las parcelas.

#### Como se comunica el usuario con el modulo de valoración catastral

Una vez seleccionada la parcela, se oprime el botón sobre información de la parcela  e inmediatamente aparece un formulario con toda la información referente a la parcela seleccionada, a su vez este formulario tiene dos pestañas una denominada Parcela que es donde se brinda la información general y otra Valor Catastral que permite a partir de la definición de la Categoría Agroproductiva, Análisis de Accesibilidad y el Índice de Riqueza no Agraria el valor catastral de esa parcela.

## Conclusiones

La aplicación del modulo para el calculo del valor catastral sustituye el método actual de determinación del valor de las parcelas de forma manual

Se realizó un trabajo de integración de la metodología del valor catastral rural con el SIGCAR, implementándose a nivel de SGBD Oracle los procedimientos, funciones y tablas necesarias para dar respuesta a esta tarea.

Se personalizó una interface que fuera de fácil comprensión por parte de los usuarios del sistema durante el proceso de cálculo del valor catastral

## Recomendaciones

Generalizar este resultado en todas las provincias del país como parte del proyecto para la implementación del nuevo sistema informativo del catastro nacional de conjunto con la versión SIGCAR v2.0

## Bibliografía

1. Metodología de Valoración Catastral de los Bienes Inmuebles de Naturaleza Rural
2. Borland Delphi 6.0. Programmer Guide.
3. The Dark Side of Delphi 4.0.
4. Mapinfo Corporation, " Mapinfo Profesional Guía del Usuario ",2000.
5. Mapinfo Corporation, " MapBasic, Development Enviroment ,Referente Guide V.6.5",2001
6. Introducción a la administración de Oracle. Manual Curso Introdutorio a la Administración de Oracle
7. Oracle(tm) Unleashed. SAMS Publishing. West 103rd Street, Indianapolis, Indiana 46290
8. Carlos Galarza. Curso de Oracle

## DIRECCIONES DE INTERÉS

### ApliCAD

Aplicaciones de CAD, CAM y GIS

[www.aplicad.com](http://www.aplicad.com)  
[gis@aplicad.com](mailto:gis@aplicad.com)

Valencia: Ronda Narciso Monturiol, 6 - Parque Tecnológico - Tel. 963134035  
Castellón: C/ M<sup>a</sup> Teresa González 26 Entlo. Tel. 964724870

### Autodesk

Authorized System Center

- Distribución, formación, soporte técnico y programación a medida sobre Autodesk Map y Autodesk MapGuide
- Aplicaciones Catastrales
- Dirección de Proyectos GIS



-Geolingeniería.

-Consultoría en Sistemas de Información.

-Soluciones SIG para la Administración.

E-mail: [gis@summa-eng.com](mailto:gis@summa-eng.com)

Passeig Pere III 19 08240 MANRESA Tel 93 872 42 00

## 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: P<sup>o</sup>. de las Delicias, 82 - 28045 MADRID N<sup>o</sup> 2038-1732-55-3001376203

Enviar a: REVISTA MAPPING, S.L. - C/Hileras, 4, 2<sup>o</sup>, Of. 2 - 28013 MADRID.

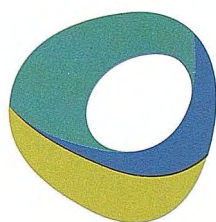
Nombre ..... NIF ó CIF .....

Empresa ..... Cargo .....

Dirección ..... Teléfono .....

INLAND ACOMETE UNA NUEVA ETAPA DE  
**EXPANSIÓN**  
CON UNA IMAGEN RENOVADA.

NOS HEMOS PREPARADO A FONDO,  
**ASÍ NOS PRESENTAMOS.**



**InlandGEO**

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

SEDE CENTRAL: Avda. de la Industria, 35. 28760 Tres Cantos - Madrid. Tel: 902 103 930 • Fax: 902 170 393  
DELEGACIONES: Barcelona: 933 794 747. Guipúzcoa: 943 120 300. Sevilla: 954 541 476. Valencia: 961 366 094  
Tenerife: 922 228 905. Lisboa: (+351) 219 104 630. Figueira da Foz: (+351) 233 900 020 • e-mail: [info@inlandgeo.com](mailto:info@inlandgeo.com)



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)