

## CONVENCIÓN TRÓPICO 2004

### I TALLER DE METEOROLOGÍA TROPICAL

#### TÍTULO

**Sistema automatizado para la detección de incendios forestales en Cuba con el empleo de imágenes del satélite GOES.**

#### **AUTORES:**

***Eva Mejías Sedeño. Instituto de Meteorología (INSMET). Cuba.***

***Tel: (53) 7 8760714 E-mail: evamejias@yahoo.com***

***Alberto W. Setzer. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE). Brasil***

***Tel: (55) 12 3945 6464 E-mail: asetzer@cptec.inpe.br***

#### RESUMEN

Se confeccionó un sistema automatizado para la detección y vigilancia operativa de incendios forestales en Cuba, con el empleo de imágenes del satélite GOES-12, sensor IMAGER, con lo cual se garantiza la cobertura temporal adecuada para la rápida detección, y seguimiento de la evolución y desplazamiento de los incendios. Los fuegos activos son localizados dentro de las imágenes mediante el procedimiento comúnmente conocido como de "detección de puntos calientes" a partir de datos multi-espectrales. Con el empleo del SIG-SPRING los datos extraídos son integrados a una base de datos geográficos que permite visualizar, mediante mapas, el "escenario" donde los incendios se desarrollan y evaluar las posibilidades y recursos más cercanos con que se cuenta para combatirlos. La detección se realiza como mínimo 8 veces al día. Las informaciones son divulgadas en tiempo casi real, aproximadamente 20 minutos del pase del satélite a través de una página en Internet, también pueden ser transmitidos por medio de correos automáticos a usuarios con necesidades específicas. La visualización de la información puede ser un navegador (Netscape o InternetExplorer) sin necesidad de programas específicos. Todas las informaciones que proporciona el sistema son necesarias para la organización de las acciones de combate y manejo del fuego.

## INTRODUCCION

La percepción remota satelital, utilizando sensores emplazados a bordo de satélites, se ha convertido en una herramienta útil para el pronóstico, detección, vigilancia, manejo de los incendios forestales, la cartografía de áreas quemadas y evaluación de los daños ocasionados. S. C. Liew, L. K. Kwoh, O. K. Lim, and H. Lim (2001)

La adquisición de datos de incendios con satélites, tiene ventajas comparado con los métodos convencionales de observación, dada su mayor cobertura espacial, logran obtener información detallada de mayor área en la superficie, ofrecen una visión sinóptica de los acontecimientos y la distribución espacial de los fuegos, tienen mayor frecuencia de observación y visitas al campo de interés, realizan mediciones cuantitativas por medio de sensores radiométricamente calibrados, permiten realizar el análisis de la información mediante procesamientos semiautomático y computarizado con relativamente bajos costos por unidad de área cubierta.

Estas informaciones constituyen una herramienta fundamental para la confección y emisión de avisos tempranos de alerta sobre condiciones peligrosas para el surgimiento de incendios forestales. Son útiles para el combate al fuego, ya que permiten identificar las zonas de inicio de los incendios, su propagación y determinar las direcciones del frente de fuego. Son ampliamente empleadas para realizar las estimaciones de las emisiones de gases contaminantes y partículas a la atmósfera.

Las imágenes de satélite son útiles incluso después de transcurrido el incendio, al ser empleadas para realizar el cálculo del área afectada, dar seguimiento a la evolución posterior y recuperación del área quemada, y la evaluación del impacto producido. En general aportan información valiosa para las investigaciones sobre el fuego.

La comunidad científica en general y en especial la que se dedica a la gestión de recursos naturales, al estudio del cambio global, los tomadores de decisiones, etc. requieren de informaciones cada vez más exactas sobre el comportamiento de los incendios forestales, y los impactos que estos ocasionan al medio ambiente, la economía y la sociedad.

Cuba es afectada frecuentemente por estos siniestros, Según Paveri M.,(2001) los registros históricos de ocurrencia de incendios forestales en Cuba demuestran que a partir de 1991 se ha experimentado una tendencia al aumento de las áreas afectadas, reportándose en el quinquenio 1996-2000 un total de 42 753 hectáreas y un promedio de entre 60 y 70 ha afectadas por incendios. Ello demuestra la necesidad existente en el país de implementar nuevas acciones que contribuyan a revertir esta situación y la necesidad de buscar mecanismos más efectivos de previsión, detección y control de incendios.

La "Estrategia nacional del sistema de protección contra incendios forestales en Cuba" entre sus acciones para el período 2001-2005 tiene previsto el rediseño del actual sistema de detección terrestre y aérea así como ampliar su cobertura para todo el territorio nacional, incorporando para ello la teledetección. Paveri M.,(2001).

## OBJETIVOS

### Objetivo principal:

Desarrollar, un sistema satelital de detección y vigilancia de incendios forestales en Cuba con el empleo del satélite GOES.

### Objetivos específicos:

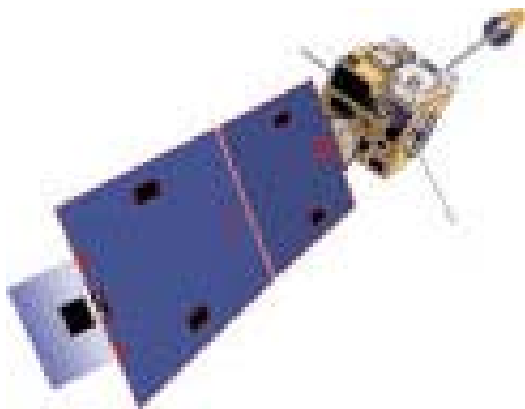
1. Efectuar la detección y seguimiento a la evolución de incendios en la vegetación, permanentemente y en tiempo real a partir de imágenes GOES.
2. Generar los archivos de focos de calor con sus correspondientes atributos.
3. Crear una base de datos geográficos del territorio cubano conformada por archivos de datos matriciales, vectoriales y sus correspondientes tablas de atributos.
4. Integrar la información de incendios a la base de datos geográficos del SIG
5. Suministrar a los usuarios, operativamente las informaciones generadas, por medio de Internet el envío e-mail automáticos.
6. Contribuir con las acciones de combate y manejo del fuego dadas las posibilidades que brinda el sistema.

## MATERIALES Y METODO

### SATÉLITES Y SENSORES

#### ➤ SATÉLITE GOES / SENSOR I-M IMAGER.

*Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES)*: Satélites de órbita geostacionaria. Se encuentran a una altitud de cerca de 36,000 km inclinación 0° y se constituye en una única órbita sobre el ecuador. (Figura 1)

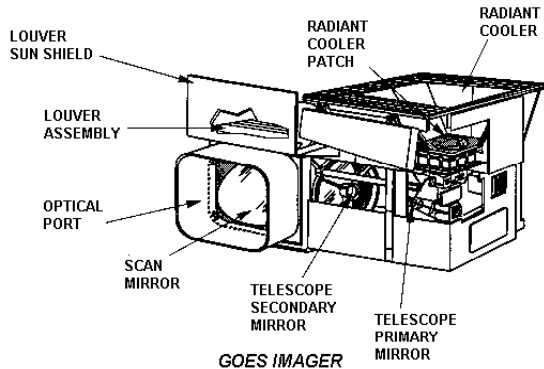


Constituyen un elemento básico para las operaciones de vigilancia y pronóstico del tiempo y es ampliamente utilizado en las labores de detección de incendios.

Figura1: Satélite (GOES)

GOES, consigue obtener datos de la misma parte de la superficie de la tierra cada 15 minutos. Estos datos se obtienen y son procesados muy rápidamente debido a programas computacionales especialmente diseñados con este fin, los que posibilitan detectar inmediatamente el inicio de un fuego lo cual es una gran ventaja del GOES. (<http://www.gsfc.nasa.gov/>)

**SENSOR I-M Imager:** radiómetro imageador de baja resolución diseñado para detectar la energía radiante y solar reflejada de las áreas muestreadas en la superficie terrestre ( Figura 2)



GOES I-M Imager, posee cinco canales espectrales, uno en el visible y cuatro en el infrarrojo (IR) lo cual le permite detectar incendios activos, explora 3000 por 3000 kilómetros (1864 por 1864 millas) (Tabla 1)

Figura 2: GOES I-M Imager

Tabla 1: Características del sensor GOES I-M Imager (GOES 8 al 12)

Número de canal	1	2	3	4	5	6*
Longitud de onda ( $\lambda$ )	0.52 0.72	3.78 4.03	6.47 7.02	10.2 11.2	11.5 12.5	12.9 13.7
Campo de visada (GFOV) en el nadir	1 km	4 km	8 y 4 km**	4 km	4 km	8 km

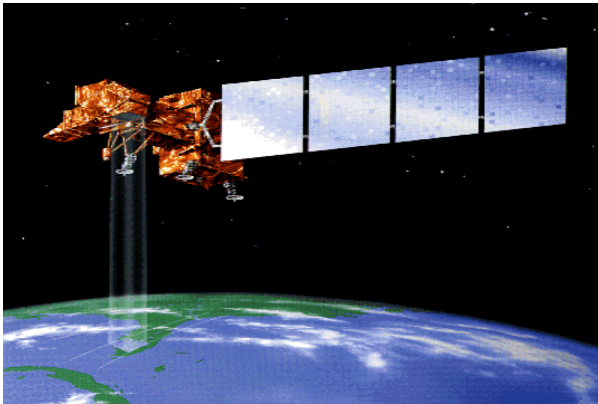
\* El GOES -12 tiene una configuración diferente de los canales en comparación con los satélites anteriores. El "quinto" canal es en los 13  $\mu\text{m}$  y se designó como canal 6.

\*\* 8 kilómetros en GOES 8-11 y 4 kilómetros en GOES -12

### ➤ SATÉLITE LANDSAT /SENSOR TM

El programa de LANDSAT consiste en una serie de satélites de percepción remota para la observación de la tierra.(figura 3)

Dadas las característica de su órbita, este realiza 14 vueltas diarias alrededor de la Tierra. Por ser heliosincrónica pasa por una determinada longitud siempre a la misma hora del día, a las 9:45 AM (hora local). (Tabla 2 )



El primer satélite de la serie Landsat-1 (inicialmente Erts-1) fue lanzado el 23 de julio de 1972.

El último, el Landsat-7 fue lanzado en el 15 de abril de 1999. Actualmente se encuentra con problemas operacionales.

Figura 3. Satélite LANDSAT

Tabla 2: Características Orbitales del satélite **LANDSAT**

Tipo	Sincrónico con el sol
Altura	705 Km.
Inclinación	98.2 grados
Periodo	99 min.
Ciclo	16 días
Barrido	Aprox. 100 Km.

**SENSOR TM / (ETM+):** El sensor TM (Thematic Mapper) reemplazado por el sensor (ETM+) (Enhanced Thematic Mapper Plus) detecta la radiación refleja de la superficie de la tierra en siete canales y en una banda pancromática. tabla 3.

<http://gofc-fire.umd.edu/index.asp>.

Tabla 3 . Característica de los sensor TM, ETM+

Región	Banda	Longitud de onda ( $\mu\text{m}$ )	Resolución (m)
Azul	1	0.45 - 0.52	30
Verde	2	0.52 - 0.60	30
Rojo	3	0.63 - 0.69	30
IR cercano	4	0.76 - 0.90	30
IR medio	5	1.55 - 1.75	30
IR termal	6	10.40 - 12.50	120 (TM), 60 (ETM+)
IR medio	7	2.08 - 2.35	30
Pancromática		0.5 - 0.9	15

**DATOS VECTORIALES:** Los archivos de datos vectoriales y sus tablas de atributos no espaciales asociadas, fueron adquiridos del servidor de mapas del Digital Chart

of the World (DCW) <http://www.maproom.psu.edu/>, universidad de Pennsylvania E.U. Tabla 4, archivos del 1 al 6.

Tabla 4 . Descripción de los datos vectoriales.

N	Archivos	Tipo de representación	Nombre*
1	Límite político	Líneas poligonales	PONET
2	Ciudades importantes	Líneas poligonales	PPPOLY
3	Núcleos poblacionales	Puntos	PPPOINT
4	Red vial	Líneas	RDLINE
5	Ríos	Líneas	DNNET
6	Embalses	Líneas poligonales	DNPOINT
7	Áreas protegidas	Líneas poligonales	-

\* Nombre de los planos de información según el Digital Chart of the World (DCW)

*Características de los datos:* Coordenadas: “geográficas” (latitud, longitud), unidad: grados decimales (5 por 5), esferoide: CLARKE1866, Escala 1:1000000, formato de exportación Arc/INFO, formato de datos e00.

El archivo número 7, “Áreas protegidas” fue adquirido a través del Centro Nacional de Áreas Protegidas de Cuba (CNAP) <http://www.cuba.cu/ciencia/citma/ama/cnap/>, en el formato de exportación de MapInfo.

De los archivos de datos vectoriales con las divisiones político-administrativa, (Tabla 5 ) fue posible adquirir solamente los mapas con los Geo-campos en formato DXF-R12, no así las tablas de atributos espaciales asociados a estos. Las cuales fueron creadas posteriormente.

Tabla 5: Datos vectoriales adquiridos sin tablas de atributos espaciales asociados.

N	Archivo	Tipo de representación
1	División político-administrativa provincial	Líneas
2	División político-administrativa municipal	Líneas

**DATOS MATRICIALES PREPROCESADOS:** Fueron utilizadas 48 escenas con imágenes preprocesadas de Cuba obtenidas por el satélite LANDSAT sensor TM, bandas espectrales 3, 4, 5. Adquiridas del Herat Science Data Interface, ESDI: <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/glcf/esdi?command=searchMap>

Características de las imágenes: Monocromáticas, ortorectificadas, formato del archivo: GEOTIFF, formato de los datos: byte, proyección: UTM, DATUM: WGS84, unidad: metros, resolución: 28.5, WRS: 2.

**DATOS RAW:** Son obtenidos permanentemente de las imágenes del satélite. La recepción, procesamiento, visualización, archivo y disseminación de estos datos y sus productos es realizada actualmente por el CPTEC-INPE de Brasil, poseedor de la capacidad operacional e infraestructura tecnológica y computacional requerida así como laboratorios y sistemas de comunicación. <http://www.cptec.inpe.br/>

**SISTEMA "PROARCO":** Sistema creado en 1998 para la vigilancia, prevención y control de incendios forestales en el "Arco de Deforestación del Amazona" en Brasil. Paulatinamente se fue extendiendo hacia el resto del territorio brasileño con énfasis en las unidades de conservación,. (<http://www.dpi.inpe.br/proarco/>). Sobrepasó las fronteras de Brasil, expandiéndose a Bolivia, Paraguay, Perú y Venezuela, Cuba podrá ser incorporada una vez concluido el presente trabajo y se cuente con las condiciones necesarias para ello.

### **PRINCIPALES SOFTWARE UTILIZADOS.**

**1. SPRING** Versión 4.0 para Windows (lanzado el 22 de agosto de 2003): Sistema de Procesamiento de Información Georeferenciada. Un SIG y al mismo tiempo un sistema de procesamiento de imágenes de percepción remota que integra representaciones de datos matriciales y datos con estructura vectorial en un único ambiente. <http://www.dpi.inpe.br/spring/espanhol/index.html>.

**2. SPRING-WEB - Versión 3.0:** Sistema de Información Geográfica "On line" un "servidor de mapas" que integra bases de datos asociados a mapas y a imágenes de satélites. Se utiliza para disponibilizar datos en la WEB. La visualización, es realizada por un navegador (browser), sin la necesidad de programas específicos. <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/sprweb/springweb.html>.

**3. REGEMY 0.2.33 "Automatic image registration and mosaicking system":** Sistema computacional para realizar registros y mosaicos de imágenes de satélites de forma automatizada. ( Fedorov et.al).

### **METODO**

La detección, localización, distribución espacial y evolución temporal de los fuegos activos es realizada por el método comúnmente conocido como de "*Detección de puntos calientes*".

Dada la elevada temperatura presente en los fuegos activos, estos presentan una fuerte emisión radiativa en las regiones visible e infrarroja del espectro electromagnético detectables por el sensor del satélite (figura 4), debido a lo cual es posible realizar su localización dentro de las imágenes.

La detección, es realizada de forma automatizada y consiste en comparar la radiancia espectral de una superficie en función de la temperatura de otras superficies que se encuentran a su alrededor, en una longitud de onda determinada.

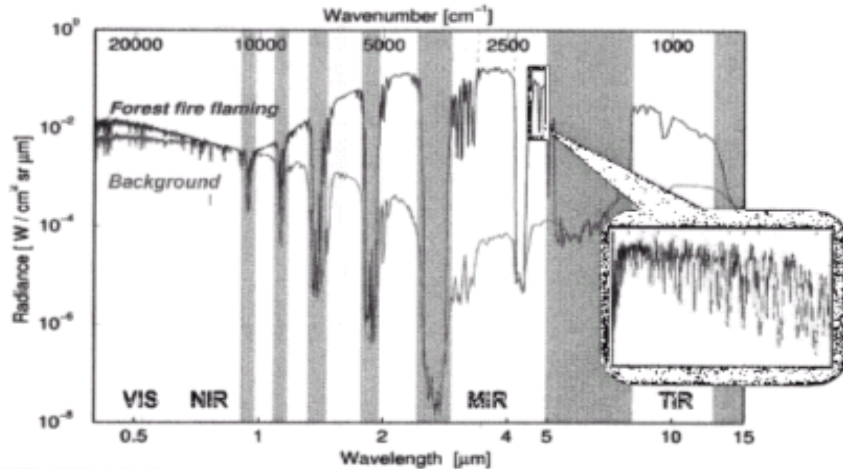


Figura 4: Comportamiento espectral del fuego

Físicamente el principio de detección se fundamenta en la ley de Planck (fórmula 1). Según la misma la emitancia espectral de un cuerpo negro, es función de su temperatura y la longitud de onda. Cuanto mayor es la temperatura mayor será la cantidad de energía radiante emitida, en una longitud de onda dada.

$$M\lambda = C_1 \lambda^{-5} / [\exp (C_2 / \lambda T) - 1] \quad (1)$$

Donde:

$M\lambda$  es la emitancia o exitancia espectral.

$C_1$  es igual a  $3,74151 \cdot 10^8 \text{ Wm}^{-2} \lambda \text{m}^4$ .

$C_2$  es igual a  $1,43879 \cdot 10^4 \lambda \text{m k}$ .

$\lambda$  es la longitud de onda.

T la temperatura absoluta del cuerpo en K.

Mediante este método es posible detectar incendios en áreas muy pequeñas (Figura 5) ya que una superficie de fuego en un por ciento de un píxel es capaz de elevar la temperatura de brillo de ese píxel en una magnitud perceptible (varios grados Kelvin) por el sensor por lo que hasta un frente de fuego con 30 m por 0,5 m es detectado.

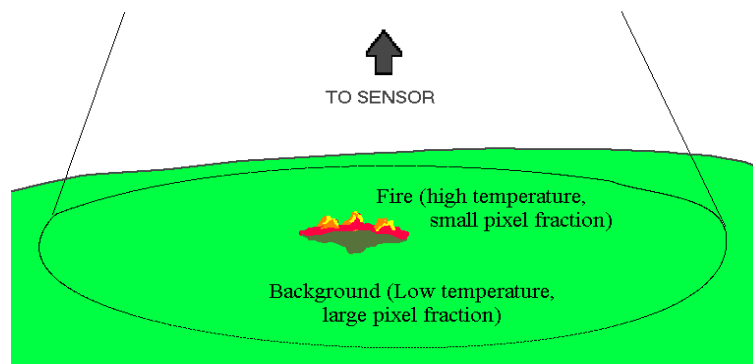


Figura 5. Subpixel de fuego



De esta forma, un píxel de incendio puede corresponder tanto a un pequeño foco de incendio, como a varios pequeños muy próximos o a un único incendio bien grande de 1Km<sup>2</sup>.

La confiabilidad del método radica en el tipo de relación física existente entre la “temperatura de brillo” (la que detecta el sensor) y la “temperatura real” (la existente en la superficie) expresada a través de la fórmula 2, según la cual, la temperatura aparente o de brillo es siempre menor que la temperatura real. De allí que las detecciones de focos resultantes, representan tan solo una fracción de lo que realmente están ocurriendo en la superficie. Realmente la situación en la superficie es más crítica que la que detecta el satélite y la seguridad en que esté ocurriendo el evento en la superficie.

$$T_b = E^{1/4} \cdot T_r \quad (1) \quad \text{Por tanto} \quad T_r = E^{-1/4} \cdot T_b \quad (2)$$

Donde:

T<sub>b</sub>- Temperatura de brillo.

E- Emisividad (capacidad de un cuerpo de emitir energía electromagnética en comparación con la de un cuerpo negro a la misma temperatura)

T<sub>r</sub>- Temperatura real

Sin embargo, desde plataformas satelitales, para poder lograr un alto nivel de selectividad y eficiencia en la detección de fuegos a nivel de subpíxel el análisis del comportamiento espectral del fuego, no puede basarse solo en el espectro de radiancia aparente utilizando solamente los umbrales simples de los datos del canal infrarrojo medio del sensor, si no que deben tenerse en cuenta también la influencia de factores exógenos como horario, ángulo zenital etc., que determinan su apariencia definitiva en las imágenes.

Por lo que muchos algoritmos de detección de fuego, incluido el empleado en el presente trabajo, se basan en el uso de datos multiespectrales para identificar y catalogar los fuegos con mayor confiabilidad y poder reforzar aún más la selectividad mediante el procesamiento digital de información.

### ***DETECCIÓN DE FOCOS DE CALOR UTILIZANDO EL SATELITE GOES***

El algoritmo de detección fue elaborado después de obtenidos empíricamente los umbrales para determinar la presencia de fuegos utilizando los canales 1(0,63µm) visible, 2 (3,9µm) en el infrarrojo medio y 4 (11.0 µm) del infrarrojo lejano, mediante el análisis de millones de píxeles en imágenes del sensor Imager durante los períodos de incendio. Alberto Setzer y Marcos C. Yoshida (2003).

El canal 1, es utilizado para determinar el albedo. Los canales 2 y 4 son utilizados para la obtención de la temperatura y eliminación de detecciones erróneas durante el día. Se le concedió mayor importancia al canal 2 por ser el más adecuado para la detección de temperaturas en la superficie de la tierra, como la de la vegetación ardiendo con ~700 K(~427°C). El algoritmo de cálculo procede según es expresado en la tabla 6.

Tabla 6: Umbrales del algoritmo de detección de incendios en imágenes del GOES-12 , a partir del 27/Sep/2003.

Canal 1	Canal 2	Canal 4	
Albedo (0,6 $\mu\text{m}$ )	Tb2, (3,9 $\mu\text{m}$ )	Tb4 (11,0 $\mu\text{m}$ )	(Tb2-Tb4)
0% a 3%	> 303.15 K (30°C)	> 263.15 K (-10°C)	> 16 K (16°C)
3% a 12%	> 318.15 K (45°C)	> 263.15 K (-10°C); < 308.15 K (35°C)	> 22 K (22°C)
12% a 24%	> 323.15 K (50°C)	> 263.15 K (-10°C); < 303.15 K (30°C)	> 25 K (25°C)

Son despreciados los casos con albedos por encima de 24%, causados supuestamente por reflejos intensos y directos en cuerpos de agua, por suelos muy reflectivos , por ruidos en las imágenes, etc. El algoritmo y los umbrales utilizados en este caso son conservadores, por lo que deben ser eliminadas las detecciones erróneas. La detección es realizada con una frecuencia mínima de 8 veces al día, pueda ser realizada cada media hora si el satélite efectúa esta transmisión.

**Identificación de “Plumas de humo”:** Estas son observadas en las imágenes ópticas. Constituye otra de las formas utilizadas para la identificación de los fuegos activos, a partir del punto de origen de las plumas individuales del humo.

### **CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS GEOGRAFICOS.**

La base de datos geográficos permitirán visualizar los incendios en el medio donde ocurren, identificar el territorio administrativo, definir las características de la zona, tipo de vegetación afectada , evaluar las posibilidades de combatirlos, etc.

### **Transformación e importación de datos .**

Teniendo en cuenta que el SIG SPRING es el sistema previsto a emplear en el presente trabajo. Los archivos de datos que alimentarán el sistema, debieron ser transformados a formatos posibles de importar a SPRING.

Los archivos de datos vectoriales , límite político/geográfico, ríos, presas, carreteras, ciudades importantes y poblados de Cuba, adquiridos en formato e00 fueron convertidos a SHAPEFILE, utilizando la opción de conversión del Software ArcView.

Los archivos de áreas protegidas, adquiridos de MAPINFO en formato .mif, que es su formato de exportación, fueron convertidos para formato .spr utilizando el programa Mif2spr.exe, ejecutable en el sistema operativo MS-DOS.

Los archivos vectoriales con la división político-administrativa, en formato DXF-R12, no fue necesario transformarlos, este formato ser importado directamente a Spring.

Las 48 escenas de imágenes Landsat, adquiridas en formato .Tiff, fueron convertidas a formato Grib (.grb) utilizando el aplicativo IMPIMA 4.0 de SPRING.

### Creación del proyecto Cuba

Una vez activado el banco de datos “**PROARCO**” se procedió a crear dentro del mismo el proyecto “CUBA”: Fueron creadas o adicionadas nuevas “categorías de datos” a las ya existente en el banco, en dependencia de los tipos de archivos previstos a importar. ” (Tabla 7 )

Tabla 7: Nombres de las categorías de datos en SPRING, modelo de datos planos de información asociados y tablas de atributos.

<b>N</b>	<b>Categorías de datos</b>	<b>Modelo de datos</b>	<b>Planos de información y tablas de atributos.</b>
1	Áreas proteg_Cadastral	Cadastral**	1.AreasProtegidas_Cuba
2	Cuba_municipios	Cadastral	1.Division_municipal 2. Núcleos_Urbanos
3	Cuba_provincias	Cadastral	1.Divic_provincial
4	Distancias_AreasProt	Temático	1.Aproteg_Cuba
5	MNT	MNT	1.Distancias_AreasP
6	País	Cadastral	1.Ciudades_important 2.LimiteCuba
7	Red_HidrográficaCuba	Cadastral	1.Embalses 2.Ríos
8	Redvial_Cuba	Cadastral	1.red_vial
9	FocosDeQueimadas*	Cadastral	1.Focos
10	Imagen*	Imagen	1.Banda 3 2.Banda 4 3.Banda 5 4. Combinación a color
11	Ciudades_Importantes	Objeto	Ciudades_Importantes
12	Embalses_Cuba	Objeto	Embalses_Cuba
13	Límite_Cuba	Objeto	Limite_Cuba
14	Focos*	Objeto	Focos
15	MunicipiosCuba_atributos	Objeto	MunicipiosCuba_atributos
16	Poblados_Cuba	Objeto	Poblados_Cuba
17	Provincias_Cuba	Objeto	Provincias_Cuba
18	Red_vial_Cuba	Objeto	Red_vial_Cuba
19	Rios_Cuba	Objeto	Ríos_Cuba
20	UConservación_Cuba	Objeto	UConservación_Cuba

\* Categorías ya existentes en el banco

\*\* Nombre de la categoría en portugués.(“Catastral” en español)

El proyecto “Cuba” fue creado con proyección POLYCONIC/SAD69, en coordenadas geográficas, rectángulo envolvente entre los 19° 30' 0.00" y 23° 30'

0.00" de latitud norte y los 73° 50' 00" y 85° 0' 00" de longitud oeste y creados los "planos de información" que conformarían el banco de datos.

Las representaciones gráficas, fueron importados utilizando como unidad: grados, escala: 1:100000, como proyección y el rectángulo envolvente son asumidos los mismos del proyecto.

Las tablas de atributos no espaciales asociadas a los geo-objetos, LimiteCuba, ríos, presas, carreteras, ciudades importantes y poblados, importadas del DCW, fueron automáticamente importadas para Spring. Las tablas de atributos de los Planos de información, MunicipiosCuba\_atributos y Provincias\_Cuba fueron confeccionadas durante el trabajo y realizada la asociación de los objetos geográficos a las tablas de atributos. Posteriormente fueron completados los campos, de acuerdo con el nivel de información al que se tuvo acceso.

Con las escenas de imágenes del satélite LANDSAT fueron creados los mosaicos de Cuba, bandas 3, 4 y 5. Estos fueron elaborados en dos etapas. En la primera etapa con el empleo del software Regeemy versión 0.2.33 se confeccionaron 2 grandes mosaicos de la isla de las 3 bandas, las imágenes .tiff generadas fueron convertidas a .grb y posteriormente generados en Spring 3 mosaicos de la isla completa, uno de cada banda.

A partir de estas tres bandas se generó la composición a color 3, 4,5 (B, G, R) y el Plano de información denominado "Combinación" representación sintética.

El plano de información "**focos de calor**" es la salida de información resultante de la extracción diaria de los focos a partir de las imágenes del satélite. El conjunto de datos de focos es integrado permanentemente al Sistema de Información Geográfica. En el momento de integrar la información al banco de datos geográfico cada foco es considerado en "objeto" con sus correspondientes atributos que aparecen en la pantalla clicando sobre el foco. Este plano de información es renovado siempre, luego del pase del satélite.

**DISPONIBILIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN INTERNET:** Creado el proyecto "Cuba" se procedió a la exportación de las informaciones para SpringWeb 3.0 para su posterior visualización en Internet. La exportación fue realizada utilizando el aplicativo **springclient.jar** en Java.

Para disponibilizar la aplicación en la Web, fueron colocados todos esos archivos en un directorio en el servidor WWW, que se encuentra en las dependencias de la División de Procesamiento de Imagen (DPI) del INPE. Brasil [www.cptec.inpe.br/products/queimadas/proarco/geopro.html](http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/proarco/geopro.html).

La visualización de las informaciones en Internet puede ser utilizando un navegador Netscape o Internet Explorer.

**DIVULGACIÓN DE LAS INFORMACIONES** :Las informaciones de incendios son brindadas a los usuarios por dos vías:

1. Por Internet, accesibles a través de las página Web:

<http://www.cptec.inpe.br/queimadas/>

<http://www.dpi.inpe.br/proarco/>

[http://www.cptec.inpe.br/queimadas/queima\\_goes\\_v3.0/index\\_goes.html](http://www.cptec.inpe.br/queimadas/queima_goes_v3.0/index_goes.html)

2. A través de e-mail automáticos.

Actualmente, la presentación en Internet es realiza utilizando la página Web principal del Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climático (CPTEC) del INPE. <http://www.cptec.inpe.br>. clicando sobre el icono QUEIMADAS situado en la parte inferior del portal, se puede acceder directamente a la página <http://www.cptec.inpe.br/queimadas/>.

En este mismo portal se encuentran los enlaces con las páginas del satélite GOES y la página de SPRINGWEB, donde se encuentra el banco de datos "PROARCO" con las informaciones geográficas y de incendios referente a todos los países incluidos en el programa.

El proceso de difusión de la información es realizado a través del servidor de datos geográficos de la DPI. <<http://www.dpi.inpe.br>. Alternativa más recomendada para casos de grandes bancos de datos de informaciones con gran contenido dinámico donde se desea solamente realizar consultas. También para los casos en que una parte significativa de usuarios no tengan conocimiento específico en geoprocesamiento y desea apenas consultar informaciones espaciales ya disponibles.

El programa que genera los e-mail tiene incorporada la relación de áreas y si el foco es detectado en áreas de interés especial como, áreas protegidas, pastos, etc. El mensaje es elaborado y transmitido automáticamente al usuario.

Estos mensajes son enviados en tiempo casi real (aproximadamente 20 minutos después del pase de los satélites) con las coordenadas geográficas de los incendios a partir de lo cual el usuario puede desarrollar sus propias estrategias de lucha.

## **RESULTADOS**

Con este trabajo se ha concluido la primera etapa de un sistema para el monitoreo satelital de incendios en la vegetación en Cuba. La detección de focos de calor se realiza de forma automatizada, prácticamente en tiempo real, a partir de las imágenes del satélite GOES. El sistema determina la posición geográfica, de los incendios activos y permite mantener una cobertura temporal adecuada de su evolución y desplazamiento.

La integración de informaciones geográficas con la información de incendios en un único ambiente, con el empleo del SIG SPRING, permite mediante mapas visualizar y comprender el escenario donde está ocurriendo el incendio , definir de forma rápida los recursos más cercanos con que se cuenta para combatirlos, determinar el tipo de zona afectada, tipo de vegetación, importancia del área, cercanía a lugares de interés, etc.

El sistema posibilita transmitir de forma automatizada y operativamente todas las informaciones generadas a especialistas, investigadores, tomadores de decisiones y el público en general a través de Internet y de e-mail automáticos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los objetivos plantados en el trabajo fueron cumplidos, Cuba ya cuenta con un Sistema satelital para la detección y vigilancia de los incendios forestales a partir de las imágenes del satélite GOES. Dadas las posibilidades e informaciones que brinda constituye un valioso instrumento de trabajo y una contribución importante a las acciones de combate y manejo del fuego.

Aunque un sistema de detección no es la solución a todos los problemas que implican los incendios y no necesariamente evitan que estos ocurran si contribuye de forma decisiva a prevenirlos, controlarlos de la mejor forma y disminuir sus impactos negativos a la economía la sociedad y el medio ambiente.

El sistema se encuentra actualmente operativo en fase de prueba en las dependencias del INPE y podrá ser transferido para Cuba en cuanto las condiciones lo permitan.

## **REFERENCIAS**

Centro Nacional de Áreas protegidas (CANAP) Cuba. Disponible en:  
<<http://www.cuba.cu/ciencia/citma/ama/cnap/>>. Acceso en: 2003

Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos(CPTEC).INPE. Disponible en:  
<http://www.cptec.inpe.br/> . Acceso en 2003.

Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos(CPTEC).INPE. Queimadas Vegetation FIRE. Disponible en: <http://www.cptec.inpe.br/queimadas/> . Acceso en: 2003.

Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos(CPTEC).INPE. Queimadas Vegetation FIRE. Satélite GOES. Disponible en:  
[http://www.cptec.inpe.br/queimadas/queima\\_goes\\_v3.0/index\\_goes.html](http://www.cptec.inpe.br/queimadas/queima_goes_v3.0/index_goes.html). Acceso en: 2003.

Digital Chart of the World Server. Disponible en: <http://www.maproom.psu.edu/dcw/>. Acceso en: 2003

División de procesamiento de imágenes. INPE .Disponible en: <http://www.dpi.inpe.br>  
Acceso en: 2003

División de procesamiento de imágenes. INPE. Software SPRING. Disponible en:  
<http://www.dpi.inpe.br/spring/espanhol/index.html>. Acceso en: 2003.

División de procesamiento de imágenes. INPE. Software SPRINGWEB. Disponible  
en: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/sprweb/springweb.html>. Acceso en 2003.

División de procesamiento de imágenes. INPE. Visualização dos focos de calor via  
SPRINGWEB para Brasil, Bolívia, Paraguay y Peru. Disponible en:  
<http://www.dpi.inpe.br/proarco/> .Acceso en: 2003.

Fedorov D., Fonseca L.M.G., Kenney C., Manjunath B.S.,  
"Automatic Registration and Mosaicking System for Remotely Sensed Imagery."  
9th International Symposium on Remote Sensing, 22-27 September 2002, Crete,  
Greece.

Herat Science Data Interface ESDI: Data Download Interface. Disponible en:  
<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/glcf/esdi?command=searchMap>. Acceso en:  
2003.

Goddard Space Flight Center. Disponible en: <http://www.gsfc.nasa.gov/>. Acceso en:  
2003.

GOFC/GOLD Fire Monitoring and Mapping Implementation : Disponible en:  
<http://gofc-fire.umd.edu/index.asp>. Acceso en: 2003.

Paveri M., Lama G. M., Linares L.E, Chávez B., M Diaz M.C. Estrategia y programa  
nacional para la actividad de protección contra incendios forestales en la República  
de Cuba. La Habana, 2001.PROYECTO FAO TCP/CUB/0066.

Setzer, W.A y Yoshida. M. C. Estrutura do projeto de detecção e análise de  
queimadas através de imagens goes-12. Junio de 2003.

S. C. Liew, L. K. Kwoh, O. K. Lim, and H. Lim (2001), Remote sensing of fire and  
haze, in "Forest fires and regional haze in Southeast Asia", ed. P. Eaton and M.  
Radojevic (New York: Nova Science Publishers), Chapter 5, pp. 67-89.