

Tecnologías Espaciales, Desastres Naturales y Agricultura en países de Iberoamérica (I)

CYTED

Programa Iberoamericano de Ciencia
y Tecnología para el Desarrollo

UTEEDA

Red Iberoamericana

“Uso de las Tecnologías Espaciales
para la Evaluación Monitoreo y Manejo
de Desastres Naturales en la Agricultura”

Editor

Dámaso R. Ponvert-Delisle Batista

Esta obra fue realizada en el marco de una acción financiada por el CYTED Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo

Es una contribución de la Red Iberoamericana "Uso de las Tecnologías Espaciales para la Evaluación Monitoreo y Manejo de Desastres Naturales en la Agricultura (UTEEDA)"

Los criterios expresados en esta obra son responsabilidad exclusiva de los autores.

Título: Tecnologías Espaciales, Desastres Naturales y Agricultura en países de Iberoamérica (I)

Editor: Dámaso R. Ponvert-Delisle Batista

Dr., Profesor, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez" (UNAH)
Autopista Nacional km 23½ y Carretera de Tapaste, San José de Las Lajas,
Apartado Postal 18 y 19, Provincia La Habana, Cuba.

Tel.: (53 47) 86 4176, Fax: (53 47) 86 1271, E-✉: dponvert@isch.edu.cu

1ra. edición: 2007

2da. edición: 2009

Edición: José A. González Baragaño
Manuel P. Linares Herrera

Diseño computarizado: José A. González Baragaño

Editora: UNAH

© CYTED

© Todos los autores.

ISBN 959-16-0487-4

ÍNDICE

Prólogo a la segunda edición	7
Prefacio a la primera edición	9

Capítulo 1 – TECNOLOGÍAS ESPACIALES

1. Cartografía de los niveles de severidad en el incendio forestal de Minas de Riotinto (Huelva) a partir de imágenes Landsat 5 TM. (A. Roldán-Zamarrón, F. González-Alonso, S. Merino-de-Miguel, S. García-Gigorro, y J. M. Cuevas)	13
2. Sistema para la detección y monitoreo de incendios en la vegetación con el empleo de la teledetección. Pronóstico de peligro a corto y mediano plazo. (Eva Mejías Sedeño y Alberto W. Setzer)	21
3. Uso del modelo perceptron multicapa de una red neuronal y de una imagen multispectral satelital para la estimulación de la salinidad de los suelos. (Andrés Lau Quan, Edel B. García Reyes, Stefaan Lhermitte, María Elena Ruiz Pérez, Dámaso R. Ponvert-Delisle Batista)	46
4. Red de información UTEEDA. Un entorno virtual en red, para la colaboración y la gestión de la información. (Néstor Mena Díaz)	77
5. Utilización de imágenes satelitales en el análisis hidrológico. (Ximena Vargas, Karina López y Patricio Valck)	94
6. Algoritmos de estimación de superficies quemadas a partir de compuestos MODIS. (F. González-Alonso, S. Merino-de-Miguel, A. Roldán-Zamarrón, S. García-Gigorro y J. M. Cuevas)	103

Capítulo 2 – DESASTRES NATURALES

7. Metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad a los desastres de la variabilidad y el cambio climático. (Camila Teutsch, Paulina Aldunce y Alejandro León)	113
8. Vulnerabilidad ante las amenazas naturales. (Ricardo Batista Matos)	129

Sistema para la detección y monitoreo de incendios en la vegetación con el empleo de la teledetección.

Pronóstico de peligro a corto y mediano plazo

System for vegetation fire detection and monitoring with the use of remote sensing. Short-medium range fire risk forecast

Eva Mejías Sedeño¹ y Alberto W. Setzer²

RESUMEN. Se implementó, para Cuba, un "Sistema automatizado para la detección y monitoreo de incendios en la vegetación" empleando la teledetección satelital. Se incluye el pronóstico de peligro de incendios a corto y mediano plazos. La extracción de focos de calor, su localización, distribución espacial y evolución temporal se efectúan, mediante procesamiento digital de imágenes, aplicando el método de "Detección de puntos caliente" con el empleo de algoritmos multiespectrales. Se utilizan actualmente, imágenes de los satélites GOES, sensor I-M Imager y TERRA/AQUA, sensor MODIS. La información de focos detectados es integrada a informaciones cartográficas utilizando diferentes "Sistemas de Informaciones Geográficas" (SIG), que permiten visualizarlos en el medio donde ocurren y evaluar las posibilidades de combate y manejo del fuego. Se genera abundante información complementaria sobre los incendios detectados, con elevada frecuencia temporal y cobertura nacional. Mediante avisos y alertas tempranas son suministradas a los usuarios en tiempo casi real, utilizando diferentes servicios de redes electrónicas. Se desarrollaron aplicaciones especiales de avisos y transmisión de información para casos de focos detectados en "áreas protegidas". Desde marzo de 2004 el sistema se encuentra operando, a modo de prueba. La información generada es almacenada en "archivo de datos" habilitados en Brasil y Cuba que posibilitarán el desarrollo de futuras investigaciones aplicadas al tema. La detección temprana de los incendios constituye un complemento al sistema de vigilancia en tierra, contribuirá a disminuir la cantidad de áreas afectadas y los impactos negativos que ocasionan los incendios a la economía, la sociedad y el medio ambiente cubanos.

Palabras clave: teledetección, incendios en la vegetación, detección de incendios, monitoreo de incendios peligro de incendios.

¹ M.Sc., Instituto de Meteorología (INSMET), Carretera del Asilo s/n, Casablanca, Municipio Regla, Ciudad de La Habana, Cuba, CP: 11700, Tel.: 53 7 867 0714, Fax: 53 7 866 8010, E-✉: eva.mejias@insmet.cu

² Dr., Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), San José dos Campos, S P, Brasil, Tel: (55) 12 3945 6464, Fax: (55) 12 3945 6652, E-✉: asetzer@cptec.inpe.br

ABSTRACT. It was implemented, for Cuba, a system for the detection and monitoring of fires in the vegetation with using remote sensing technology. Short and medium range fire risk forecast is included. The extraction of hot spots, their location, space distribution and temporary evolution takes place, by means of digital processing of images, applying the method of "Detection of hot spots" with the use of multispectral algorithms. At the moment it is using images of GOES satellite, I-M Imager sensor and TERRA/AQUA, MODIS sensor. The information of detected fires is integrated to geographic information of Cuba using different SIG that allow to visualize them in means where they happen. Abundant complementary information is generated on detected fires, with high temporary frequency and national cover. By means of early warnings and alert they are provided to the users in almost real time, using different services of electronic networks. Were developed special applications of warnings and transmission of information for cases of fires detected in "protected areas". From March of 2004 the system is operating, as a test. The generated information is stored in "data file archive" in Brazil and Cuba that will make possible the development of own applications. The early detection of fires constitutes a complement to the system of earth monitoring, will contribute to diminish the negative amount of affected areas and impacts the Cuban fires to the economy, society and environment.

Keywords: remote sensing, vegetation fire, fire detection, fire monitoring, fire risk.

INTRODUCCIÓN

un gran número de incendios forestales ocurren cíclicamente alrededor del planeta, en la actualidad constituyen, un problema grave que afecta a muchos países (Oharriz, Valdés y Llorente, 1990). Particularmente en las últimas décadas ha habido en el mundo una importante tendencia al aumento de los incendios forestales (Vélez 2000) y Cuba no ha sido una excepción, el número de incendios ocurridos en las últimas décadas y la cantidad de áreas afectadas indican, que en el país existe necesidad de implementar nuevas acciones que contribuyan a revertir la actual situación, así como buscar mecanismos más efectivos de previsión, detección y control de incendios.

Este fenómeno es la causa de grandes pérdidas económicas, producen verdaderas catástrofes, con importantes daños al medio ambiente, la destrucción de grandes extensiones de bosques tropicales, estos últimos, importantes sumideros del Dióxido de carbono. Los incendios ocasionan también, pérdida de la flora asociada al bosque, muchas veces formaciones vegetales primarias, afectaciones a la fauna y la muerte de numerosas especies animales autóctonas, aceleran los procesos de erosión del suelo, provocan transformaciones perjudiciales en la composición química del suelo y la pérdida de la microflora asociada con la consiguiente disminución de la productividad, producen la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, alteran la estructura paisajística y en general, provocan efectos severos de degradación del medio.

Significativas son actualmente las pérdidas de vidas humanas, propiedades, infraestructura social y económica, ocasionadas directamente por los incendios, así como las afectaciones a la salud humana, en las regiones afectadas y zonas vecinas, debido al aporte de humo y smog.

El impacto del fuego en la atmósfera terrestre es también de gran significación. Estudios meteorológicos y de composición química de la troposfera han demostrado que la ocurrencia de incendios provoca, sin dudas, contaminación atmosférica y tienen influencia en los cambios climáticos regional y global. Sus emisiones contribuyen a inyectar a la atmósfera grandes cantidades de gases de efecto invernadero y por tanto al aumento de la temperatura media del planeta. Gases como el CO, NO_x, SO₂, HCN y aerosoles provocan alteraciones en el balance radiactivo de la tierra. Otros gases producidos por la combustión, CH₄, CO y NO, desempeñan un rol importante en la formación de las moléculas de Ozono (O₃) el aumento de sus concentraciones troposféricas y reducciones del estratosférico, principal absorbente en la atmósfera de la radiación ultravioleta del sol.

El empleo de la teledetección satelital ha abierto al hombre, nuevas posibilidades para la detección temprana, mejor control y manejo de los incendios desencadenados en el medio forestal, lo cual resulta difícil y complejo utilizando los métodos tradicionales, incluido el empleo de aviones, cuyo costo operacional es sumamente alto y el que en ocasiones se ve altamente limitado por las grandes nubes de humo que impiden la visibilidad y el acceso a la zona. (Chuvieco y Martin 1994), (Castros y Chuvieco 1994).

Con el empleo de esta tecnología, desde las alturas siderales, los incendios son percibidos sistemáticamente por sensores remotos emplazados a bordo de plataformas satélites que orbitan la tierra (Liew, Kwoh, Lim, y Lim, 2001) y se ha convertido en una herramienta de bajo costo muy útil para el **pronóstico**, la **detección** temprana y **monitoreo** aceptable de la evolución de los focos activos de incendios en la superficie terrestre. Informaciones importantes para los estrategas de la lucha contra el fuego.

Comparado con los métodos convencionales de observación, la adquisición de datos de incendios con el empleo de satélites, tiene mayores ventajas al tener mayor cobertura, ya que logran obtener información detallada de grandes área en la superficie terrestre, ofrecen una visión sinóptica de los acontecimientos y la distribución espacial de los fuegos, tienen mayor frecuencia de observación y visitas del campo de interés, etc.

Tras la extinción del fuego las imágenes de satélite son útiles, son útiles para realizar la cartografía de áreas quemadas, realizar el cálculo aproximado del área afectada, evaluación del impacto producido y dar seguimiento a la evolución posterior y rehabilitación de las áreas quemada ya que las huellas digitales espectrales cambian a medida que las primeras hierbas y pastos, seguidas por árboles pequeños y luego árboles grandes repueblan el área. Estas imágenes también son empleadas para determinar la propagación del humo, realizar estimaciones de las emisiones de gases contaminantes y partículas emanadas a la atmósfera por los incendios.

Los datos de satélites son ampliamente empleadas para la realización de estudios e investigaciones sobre el fuego ya que proporcionan información sobre la cobertura geográfica y frecuencia de los incendios, requerida por muchas investigaciones biofísicas, análisis espacio-temporal de la actividad del fuego, entre otras. Actualmente un gran número de satélites se encuentra proporcionando información aplicable a los trabajos de incendios y otro gran número de satélites se están diseñando.

El comportamiento de algunos elementos meteorológicos que caracterizan el clima tiene efectos significativos sobre el comportamiento del fuego, influyendo decisivamente en la ignición y propagación de los incendios (Batista 2000). La rudeza del clima en Cuba, sometido a largos períodos de escasas precipitaciones —de entre cuatro y seis meses— lo convierte en un aliado indiscutible de los incendios forestales.

Paveri, Lama, Linares, Chávez y Díaz. (2001), establecieron en la *“Estrategia nacional del sistema de protección contra incendios forestales en Cuba,”* entre sus acciones para el período 2001-2005, el rediseño del actual sistema de detección terrestre y aérea de incendios, así como ampliar su cobertura para todo el territorio nacional, incorporando para ello la **teledetección**.

De allí que el objetivo del presente trabajo consistió en **“Implementar, un sistema para la detección y monitoreo de incendios en la vegetación para Cuba con el empleo de la teledetección satelital”**, incluido el pronóstico de peligro a corto y mediano plazo, mediante el cual se garantice:

- La detección de incendios en la vegetación en todo el territorio cubano, de forma operativa y permanente mediante el procesamiento digital de imágenes.
- La integración de las informaciones de focos de calor detectados a un “Banco de Datos Geográficos” de Cuba con el empleo de sistemas de informaciones geográficas (SIG).
- Suministrar a los usuarios las informaciones generadas por el sistema en tiempo real a través de un sistema de aviso y alertas tempranas utilizando diferentes opciones y servicios de redes electrónicas.
- Crear una base de datos de información de incendios en la vegetación, detectados con satélite para Cuba y otras informaciones y productos derivados del sistema para ser empleados en los posteriores estudios e investigación de este fenómeno en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Satélite GOES-12/Sensor I-M IMAGER: GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite): Satélite de órbita geoestacionaria. Altura de cerca de 36 000 km.

inclinación 0°, se constituye en una única órbita sobre el ecuador, sincrónico con la rotación de la tierra. Constituye un elemento básico para las operaciones de vigilancia y pronóstico del tiempo y además es ampliamente utilizado en labores de detección de incendios en la vegetación.

Como satélite geoestacionario tiene baja resolución espacial pero alta resolución temporal y su geometría de observación es constante. Consigue obtener datos de la misma parte de la superficie de la tierra cada 15 minutos y sus datos son de rápida transmisión, por lo cual es posible detectar de forma inmediata un fuego cuando se inicia. <http://www.gsfc.nasa.gov/>

Dada la distancia a que se encuentra, la sensibilidad del sensor disminuye, por lo que tiene menor capacidad de identificación de fuego que los satélites de órbita polar que circundan la tierra a menores alturas, en este caso, los eventos de fuego tienen que tener una temperatura mayor de 100° C para que puedan ser detectados por GOES.

El **Sensor I-M IMAGER** a bordo del GOES, es un radiómetro de baja resolución espacial. Posee cinco canales espectrales, uno en el visible y cuatro en el infrarrojo, diseñados para detectar la energía radiante y solar reflejada de las áreas muestreadas en la superficie terrestre, explora 3 000 por 3 000 kilómetros. Posee bandas en el infrarrojo de onda corta, lo cual le posibilita la detección de incendios. <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/imager.html>

Satélite TERRA/AQUA (EOS AM-1/PM-1) / Sensor MODIS: Los satélites AQUA y TERRA son parte de la *Earth Science Enterprise* de la NASA. Poseen órbitas con ciclo diario sincronizado, TERRA desciende a través del ecuador a las 10:30 de la mañana, hora local de la zona, mientras que AQUA asciende a través del ecuador a las 1:30 PM., lo cual permite observar los fenómenos de la tierra, por la mañana con TERRA y por la tarde con AQUA. Tiene una cobertura global continua de cada 1 a 2 días.

El **SENSOR MODIS** (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*) Proto-Flight Model (PFM). AQUA y TERRA portan cada uno un MODIS. Espectroradiómetro multiespectral de mediana resolución. Este posee 36 bandas espectrales que miden radiaciones en longitudes de onda desde el visible al infrarrojo termal. (21 bandas espectrales entre los 0,4-3,0 µm y 15 de 3 a 14,5 µm). Tiene canales diseñados específicamente para la detección de fuego.

La exactitud de geolocalización y las características radiométricas más convenientes permiten la elaboración de productos de mayor precisión sobre los fuegos activos y las áreas quemadas, conocer los ciclos diarios de los incendios en todas las regiones del planeta, velocidad de propagación así como obtener datos útiles para realizar la representación espacial de los fuegos. <http://gofc-fire.umd.edu/index.asp>

MÉTODO

Para efectuar la detección localización, distribución espacial y evolución temporal de fuegos activos de dentro de las imágenes de los satélites se empleó el método conocido como de “Detección de puntos caliente” (Liew, et. al 2001).

La “**Detección de puntos caliente**” consistente en la localización, dentro de las imágenes de los satélites, de píxeles con alta emisión radiativa en las regiones visible e infrarroja del espectro electromagnético, que generalmente se corresponden con la existencia de “**fuegos activos**” en el área.

La determinación de la existencia de puntos calientes se realiza mediante el procesamiento digital de imágenes con el empleo de algoritmos que realizan automáticamente la comparación de la temperatura radiométrica de una superficie (equivalente a un píxel de la imagen) en una longitud de onda determinada, en función de la temperatura de otras superficies que se encuentran a su alrededor a partir de umbrales de temperaturas preestablecidos. De esta manera se llegan a identificar focos de calor, cuando se observan temperaturas iguales o superiores a los límites predefinidos como incendios. Mediante este procedimiento es posible detectar incendios hasta en una superficie que ocupe solamente una pequeña fracción de un píxel o subpíxel.

Los algoritmos donde se establecen los umbrales de temperatura que deben existir, entre píxeles para, realizar la detección de incendios en las imágenes del satélite GOES-12, fueron establecidos por Setzer y Yoshida (2004), investigadores del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de Brasil [http:// www.inpe.br/](http://www.inpe.br/). El algoritmo para determinar la presencia del fuego en las imágenes de los satélites TERRA y AQUA sensor Modis, fue establecido por Setzer (2003), en ambos casos mediante el procesamiento digital y análisis de volúmenes considerables de información digital obtenida por los sensores, en los canales utilizados para la realizar la detección.

La confiabilidad en la detección de incendios, empleando este procedimiento se fundamenta en la relación física existente entre la “temperatura de brillo” (T_b), obtenida por el sensor (Fórmula 1) y la “temperatura real” (T_r) de la superficie, (Fórmula 2).

$$T_b = E^{1/4} T_r \quad (1)$$

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

Donde:

T_b - Temperatura de brillo. (K, °C)

E- Emisividad

T_r - Temperatura real (K, °C)

Los sensores de los satélites lo que miden, es *radiancia* espectral por unidad de ángulo sólido en Watts/m².sr.cm, la cual es posteriormente convertida para “temperatura radiométrica” (Tr), esta representa siempre valores menores que la temperatura real (Tr) de la superficie. Por tanto, la (Tr) indica solo una fracción de la temperatura que realmente existe en la superficie. Por tanto, la situación en la superficie es más crítica, en lo que a temperatura se refiere y es en este punto donde radica la seguridad de que se esté produciendo un incendio en el lugar.

Un poderoso SIG es empleado para la visualización de los incendios por Internet con varias capas de información cartográfica, el TerraLib/Queimadas. Un sistema rápido que posee su variante específica para informar sobre la detección de incendios en “Áreas protegidas”. <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>

La integración de la información de incendios con información cartográfica, se realiza utilizando el SIGSpring <http://www.dpi.inpe.br/spring/espanhol/index.html>. Las capas de información seleccionada de un Banco de Datos Geográficos de Cuba (GEOCUBA 2003) que resultan de interés para el combate a los incendios fueron exportadas para el SIG **SpringWeb 3.0** <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/sprweb/springweb.html> el cual posee una aplicación, que posibilita la visualización de la información cartográfica a través de Internet o Intranet a los usuarios. (Ho 2000).

La integración en tiempo real de las informaciones de **focos detectados**, con la **Información geográfica** de Cuba, se realiza automáticamente, luego del pase de los satélites. Se encarga de realizar esta operación la “División de Procesamiento de Imágenes” (DPI) del INPE <http://www.dpi.inpe.br>, con lo cual se garantiza mantener actualizada la información de focos detectados permanentemente.

Las evaluaciones y pronósticos del **“riesgo de incendios”** o condiciones potencialmente favorables al surgimiento de los incendios, se realizan mediante el modelo de cálculo de **“Riesgo básico de incendio”** (formula 3), basado en el análisis del comportamiento de la lluvia y tipo de vegetación. Al cálculo del riesgo básico, se le aplican factores de corrección de humedad relativa y temperatura del aire.

$$\text{Riesgo} = (1 + \sin(A * \text{No. Días} - 90)) / 2 \quad (3)$$

Donde:

A- Constante de vegetación.

No. Días- número de días sin lluvias.

Los valores de riesgo son enmarcados en clases de riesgo, mínimo, bajo, medio, alto y crítico, según aparece en la tabla 1 y sus representaciones gráficas varían según los colores asignados en las filas correspondientes.

Tabla 1. Clases de riesgo de incendio y colores asignados a su representación gráfica.

Clases de Riesgo	
Mínimo	0 a 0.15
Bajo	0.15 a 0.4
Medio	0.4 a 0.7
Alto	0.7 a 0.95
Crítico	> 0.95

La información meteorológica para el cálculo del riesgo **observado**, se obtiene de las observaciones realizadas en tierra por estaciones meteorológicas de intercambio mundial y regional existentes en Cuba. La información de riesgo observado mostrada es válida por 24 horas y el programa de cálculo es corrido a la 23:36 horas.

Los mapas de riesgo **previsto** para el primer día, segundo día (día actual +1) y el tercer día (día actual +2), con resolución de 5 km. son elaborados a partir de la información meteorológica pronosticada por el modelo meteorológico global T126. El programa de cálculo de riesgo previsto para el primer día es corrido a la 07:00 horas y el del pronóstico para la el 2do. y 3er. días a la 07:40 horas. El pronóstico es válido por 24 horas.

RESULTADOS

Las informaciones de incendio y diferentes productos generados, como resultado de la implementación del sistema **"QUEIMADAS"** para Cuba se distribuyen al público, en tiempo casi real a través de, correos automáticos, páginas Web en Internet, etc.

Distribución de las Informaciones de incendios a los usuarios

Detecciones con el satélite GOES: A partir la página principal del sistema "Queimadas" <http://www.cptec.inpe.br/queimadas/> se accede a la página Web principal de información del satélite GOES-12 para Cuba haciendo clic sobre la bandera cubana ubicada en el extremo inferior derecho de la misma.

En la parte superior de la página de información del satélite GOES-12 para Cuba, son divulgadas las últimas detecciones de incendio realizadas y los focos acumulados en las últimas 24 horas. http://tucupi.cptec.inpe.br/queimadas/risc_cuba/quei-map_cuba.html (figura 1).

Cuba - Microsoft Internet Explorer

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

Dirección http://www.cptec.inpe.br/queimadas/risco_cuba/queimad_cuba.html

Ministerio da Ciência e Tecnologia

Queimadas - Vegetation Fires

INSMET CPTec

Detección GOES

Los mapas a la derecha muestran las detecciones de incendios en la vegetación en Cuba, realizadas con el satélite GOES-12. En la imagen superior, aparece el resultado de la última detección. En la inferior los focos acumulados en las últimas 24 horas

Las coordenadas geograficas de las detecciones estan disponibles en el Instituto de Meteorologia de Cuba (INSMET). Los avisos de alertas sobre detecciones realizadas en areas de interés son enviadas por Email. Para mas informaciones contactar en el INSMET a: evan@met.inf.cu

Haga un click aquí para más detalles del trabajo (350kb en pdf) y del algoritmo de detección.

Queimas de Vegetación GOES-12

[Historico de Focos](#) | [RANGO DE DATOS FUERAS](#) | [Focos en las Areas de Conservación](#)

Riesgo Observado

[Historico de Focos](#) | [RANGO DE DATOS FUERAS](#) | [Focos en las Areas de Conservación](#)

Queimadas - Vegetation Fires

Risco de Fogo - Fire Danger - Risco de Fuego

El riesgo de fuego es generado para Cuba a partir de los datos meteorológicos de superficie, considerando el comportamiento histórico de precipitación en los últimos 120 días, la temperatura máxima y la humedad relativa mínima del aire. Los pronósticos de riesgo hasta 4 días son generados utilizando las mismas variables por modelos de predicción numérica de tiempo.

[Historico de Focos](#) | [RANGO DE DATOS FUERAS](#) | [Focos en las Areas de Conservación](#)

Para detalles, haga click en estas figuras

[Home queimadas](#)

Figura 1. Página Web principal del sistema, para Cuba, con las detecciones GOES-12 e información de "RIESGO".

La imagen superior derecha muestra el mapa con el resultado de la **“última detección”** realizada por el satélite GOES-12 en Cuba. Cada punto que aparezca en el área de los mapas indica un píxel con temperatura de algunas centenas de grado, lo que normalmente está asociado a incendios. Al mapa con la **“última detección”** se puede acceder por: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/actual/qda/qda_cu.gif

La imagen inferior derecha muestra los focos de **“Incendios acumulados”** en Cuba, durante las últimas 24 horas, detectados con el satélite GOES-12. Cada punto en el mapa indica un incendio producido en el transcurso de las horas indicadas en el extremo superior derecho del área del mapa. Al mapa con la información de **“focos acumulados”** se puede acceder directamente además accediendo a la página Web: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/actual/acm/goes/agc_cu.gif.

El color de los puntos que aparecen alertando sobre la existencia de los incendios varía de acuerdo con el albedo en la región en el momento de efectuarse la detección. El punto de color negro, indica detecciones nocturnas (albedo 0-3%), rosado, que la detección es diurna (albedo 3-12%) y el rojo detecciones en superficie recalentada, con albedo entre el 12 y 24%.

En la parte inferior de la página (figura 1) se encuentra la información primaria referente al **“RIESGO DE INCENDIO”** para Cuba que incluye el vínculo con la página principal la cual es descrita, con mayor nivel de detalles, más adelante en el presente trabajo.

Se encuentran incluidos además enlaces a otros tipos de informaciones generadas por el sistema, documentos e informaciones elaborados por los autores referentes al procedimiento de detección, algoritmo empleado, etc.

A las *últimas informaciones* de incendios en Cuba con el satélite GOES-12, además se tiene acceso a través de la página principal del GOES, dentro del sistema **“Queimadas”** http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/index_goes.html.

La página Web de *focos acumulados* por GOES, también se tiene acceso a través de: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/NxGxM/principal_goes_sn.html donde aparece la información para todos los países del subcontinente.

Para acceder, a partir de las páginas anteriormente mencionadas, a las informaciones de focos detectados específicamente en Cuba y poder visualizar los mapas de forma independiente, el usuario debe hacer clic sobre el mapa de Cuba.

Información de las detecciones TERRA/AQUA, sensor MODIS para Cuba

A las detecciones de incendio realizadas con los satélites Terra/Aqua, sensor Modis para Cuba, se accede a través de la página Web <http://www.cptec.inpe.br/products/>

queimadas/NxGxM/index_sats_sn.html , donde se pueden visualizar las informaciones de incendios detectados con el sensor MODIS, haciendo clic en el acceso **MODIS**, en la sección “Satélites” situada a la izquierda de la página.

Haciendo clic sobre el mapa de Cuba, el usuario es redireccionado a la página Web: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/acm/eos/amc_cu.gif (figura 2) donde es mostrado el mapa de Cuba ampliado, con las detecciones Modis, en este caso siempre son mostrados los focos acumulados, durante el período de tiempo indicado en la figura, debido a la relativamente baja resolución temporal de los satélites portadores.

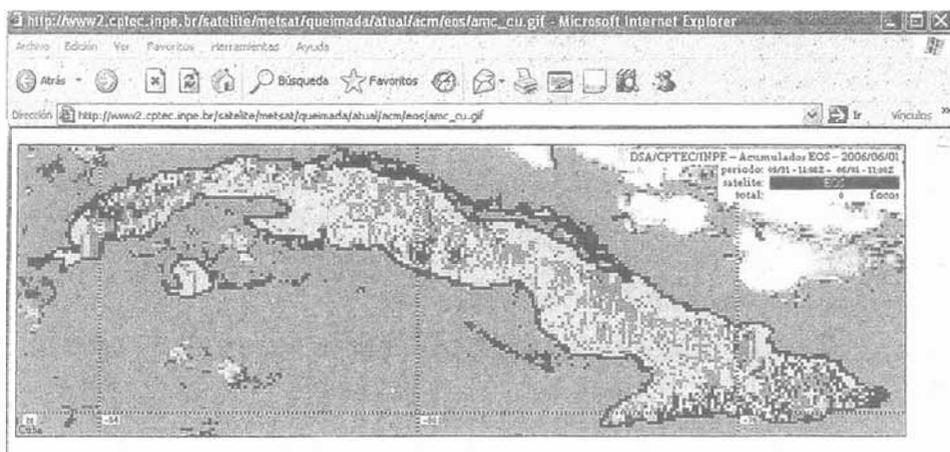


Figura 2. Focos de incendios acumulados, observación realizada con los satélite EOS para Cuba, de las 11:00 Z del día 31 de mayo a las 11:00 Z del 1de junio/2006.

Detecciones con todos los satélites para Cuba

En la página http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/NxGxM/index_sats_sn.html se hace clic en el Consulta **NOAA+GOES+MODIS**, en la sección “Todos los satélites” situada a la izquierda de la página (figura 3). Se hace clic sobre el mapa de Cuba y el sistema redirecciona al usuario a la página Web de todos los satélites para Cuba, donde es posible visualizar sola la imagen y ampliada con la suma, solo de las detecciones GOES+MODIS, por el momento. http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/acm/all/acc_cu.gif

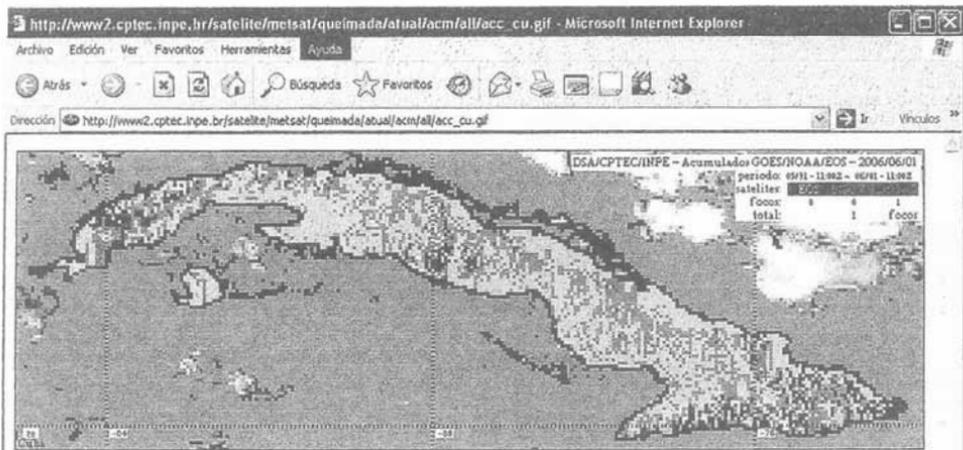


Figura 3. Suma de las detecciones realizadas por los satélites **GOES + MODIS**, para Cuba de las de las 11:00 Z del día 31 de mayo a las 11:00 Z del 1 de junio/2006.

Otros productos de incendio del sistema “Queimadas”

• **Persistencia de incendios detectados con el satélite GOES.**

Este producto indica sobre la cantidad de tiempo que permanecen activos los incendios detectados por el satélite, los que son divididos a su vez, según su persistencia en 4 clases:

- Clase I - focos detectados ya, entre 0-6 horas.
- Clase II - focos detectados ya, entre 6-12 horas.
- Clase III - focos detectados ya, entre 12-24 horas.
- Clase IV - focos detectados ya, entre 24-48 horas.

En la última fila de la información se muestra el total general de focos con diferentes persistencias.

A la página principal de “**persistencia**” de focos, se accede a través de la página Web: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/pw_body.html

A la información específica sobre Cuba se accede haciendo clic sobre el mapa de Cuba, donde el usuario es redireccionado a la página Web: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/pst/pst_cu.gif o accediendo directamente a esta página.

En la figura 4 aparece un mapa con la información de persistencia de focos de incendios para Cuba de las 18:45Z del día 22 de enero de 2005, donde se puede observar que en Cuba persisten 2 focos de Clase I.

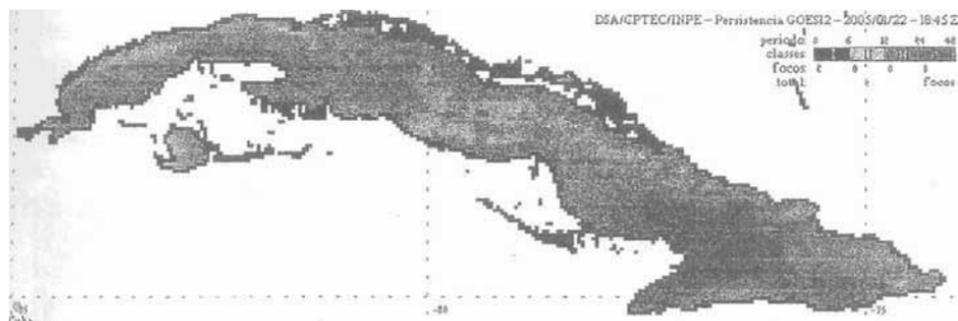


Figura 4. *Página de persistencia de focos detectados por el satélite GOES-12 para Cuba a las 18:45Z del día 22 de enero de 2005. Persisten 2 focos de Clase I.*

- **Consulta a las últimas Imágenes:** Se accede a las imágenes anteriormente elaboradas con la información en los horarios de observación seleccionado por el usuario en la página principal o accediendo a las páginas. <http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/>
- **Animación de los incendios detectados durante las últimas 24 horas:** Se muestra según opciones dadas por el usuario animaciones de los focos de incendio detectados por el satélite GOES, dentro de las últimas 24 horas. http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/qw_anima.html
- **Actualizar imagen:** Se emplea para visualizar la imagen más reciente. Las detecciones son actualizadas cada 30 minutos, pueden llegar a 15. http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/qw_main.html
- **Visualizar los mapas con cobertura nubosa:** Las imágenes pueden ser vistas en dos tipos de mapas, con y sin cobertura nubosa. http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/qc_body.html
- **Documentos.** Para visualizar el documento con la descripción del algoritmo y proceso de detección de incendios con el satélite GOES. http://www.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/relat_goes.htm y,
- Otras.

Información de focos de incendios integrada a información cartográfica y de geolocalización

La figura 5 muestra un ejemplo de como es mostrada esta información en la Web para Cuba, las selección de las capas de información que se desean visualizar es realizada a voluntad por el usuario, utilizando la barra de selección mostrada en amarillo en la parte superior de la página.

BD Queimadas
Parâmetros Básicos

Data Inicial (aaaa-mm-dd) 2005-08-14
Data Final (aaaa-mm-dd) 2005-08-15
País CUBA
Estado/Região
Satélite GOES 12 Todas
Vegetação

Por Região (opcional)
Norte 25.0
Oeste 90.0 Leste 30.0
Sul 40.0
Clique em "Ver-View"

Gráficos
Político
Histograma

Procurar Município
Nome
País BRASIL
Estado/Região Todos
Ordenar Alfabeticamente
Procurar

Serviço atualizado diariamente as 04:00, 10:00, 13:30, 19:30, 21:30 e 23:30 - horário de Brasília-DF

[Ajuda...](#)
[Focos nas Unidades de Conservação...](#)

Queimadas - Vegetation Fires
Resultado: 0 focos em 0 imagens Satélite: 0 focos em 0 imagens Mapa: 0 focos em 0 imagens Temáticos: Tamanho da Tela: N28 00 00 O72 00 00

Mosaico NASA Landsat 2000 (AMS)/Divisão Política

Cidade de La Habana
Pinar Del Rio
Isla de la Juventud
Camaguey
Cienfuegos

N16 00 00 O63 00 00

0 NOAR 12H 0 NOAR 12D 0 NOAR 16T 0 NOAR 15H 0 MODIS 01 0 MODIS 010 0 MODIS 01H 0 GOES 12

Nesta tela existem 0 de um total de 0 focos no periodo de 2005-08-14 a 2005-08-15

Saída dos dados/Export data/Salida de los datos: [Selecionar/Select/Seleccional](#)

Figura 5. Información de incendios detectados conjuntamente con el límite geográfico de Cuba, un mosaico de imágenes Landsat y los límites provinciales, del día 14 al 15 de agosto de 2005, con el satélite GOES, donde no se detectaron focos en Cuba.

Quando aparecen focos de incendios, estos se pueden visualizar con sus coordenadas y otros atributos a él asociados solamente colocando el mouse sobre el foco. En la parte izquierda se brindan Consultas a una serie de opciones como son: seleccionar el país, el tipo de satélite, etc. y en la parte inferior se ofrecen informaciones variadas, incluida la información de cantidad de focos detectados presentes en la pantalla, del

total detectados para toda la zona además, brinda la opción de poder obtener los datos de coordenadas de los incendios del área en tres formas diferentes a seleccionar por el usuario como son: documento html, archivo txt o por email, a partir de que el usuario pueda contar con esta información este puede desarrollar, sus propias bases de aplicaciones de estos datos.

Teniendo en cuenta que, todos los posibles usuarios en Cuba no tienen acceso a las páginas Web, por no contar con los servicios de Internet, pero que sí es posible transmitirles las coordenadas de los focos detectados, utilizando el sitio ftp://150.163.133.245/ y otras formas y medios de comunicación electrónicas, se desarrolló y probó una alternativa diferente para facilitar la integración de la información de focos de incendios a la base cartográfica con el empleo de SIG de fácil manejo para los usuarios.

En la figura 6 se muestra un ejemplo de integración, de la información de incendios con la división político administrativa provincial. En la misma se pueden apreciar algunos atributos del foco como son, las coordenadas, fecha y hora del foco de incendio seleccionado así como las características de la provincia donde este se encuentra localizado.

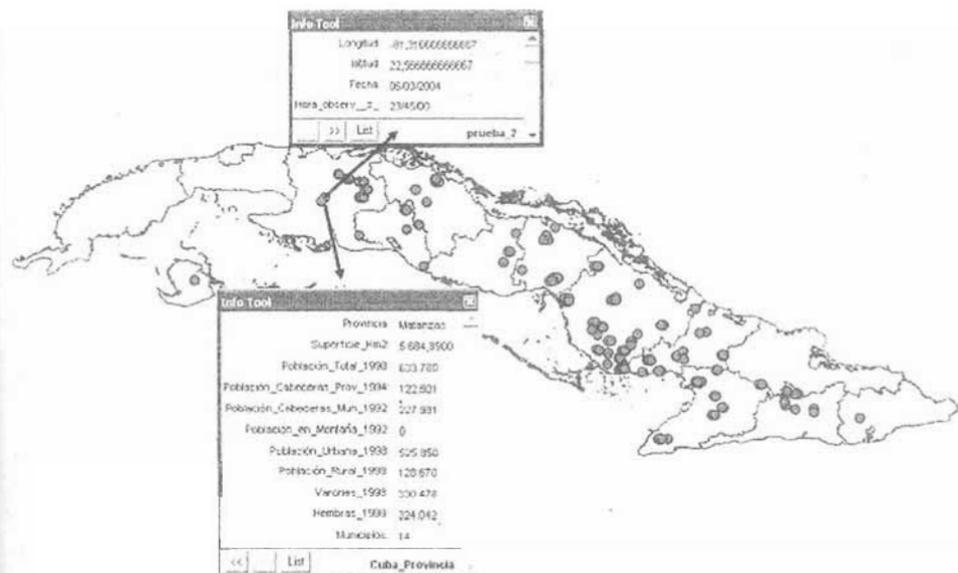


Figura 6. Información de focos de incendios integrada a la división político-administrativa provincial y visualización de las informaciones no espaciales asociadas.

Con el empleo de un SIG que opera fuera del sistema integrado a Internet, se satisfacen, de igual forma, las necesidades de los órganos encargados de combatir los incendios, de visualizar la información de focos detectados de conjunto con las informaciones no espaciales incluidas en sus correspondientes tablas de información, que ayudan de forma eficiente con la labores de enfrentamiento al fuego.

Visualizar los focos de incendios al unísono con las capas de información correspondientes a la división político-administrativa provincial o municipal, posibilita ubicar los focos en la provincia o municipio donde está ocurriendo y mediante consulta de sus atributos no espaciales, conocer las principales características del territorio en cuestión e informar certeramente a los encargados de controlar los incendios.

Las informaciones de focos de incendios pueden ser integradas a muchas otras series de informaciones cartográficas digital, siempre que sean incluidas y formen parte del banco de datos geográfico. La cantidad de información necesaria para evaluar el contexto donde ellos se desarrollan los incendios depende de la disponibilidad de las informaciones en formato digital y las necesidades de los usuarios.

Con el empleo los SIG, los usuarios pueden de forma sencilla interactuar con la información, sin necesidad de reelaborar ni procesar datos los que no requieren ser tampoco especialista en geoprosesamiento de información ni poseer gran preparación para su manejo.

Información de focos de incendios en áreas protegidas

- **Focos detectados en áreas de interés especial a través de correos automáticos.**

Las informaciones de focos de incendios detectados en áreas de interés especial, en este caso de las “áreas protegidas”, además de ser divulgados a través de los portales anteriormente mencionados, se transmiten en tiempo real, por medio de mensajes automáticos de alerta, atendiendo a necesidad individuales de los usuarios, un ejemplo de ello son los correos automáticos.

Para recibir esta información el usuario debe inscribirse a través de página Web <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/cadastro/>

Si el foco de incendio es detectado en dichas áreas, el mensaje es elaborado y transmitido automáticamente, ya que al programa que genera los correos le fue incorporada, la relación de “áreas protegidas” en Cuba.

La figura 7 muestra el último correo automático generado por el sistema partir de detecciones del satélite GOES-12 para Cuba y enviado a el 22 de mayo de (29 de mayo de 2006) a las 16:00 horas Z, donde se detectó un foco en el área protegida PN Ciénaga de Zapata perteneciente al Municipio, Ciénaga de Zapata de la provincia Matanzas.

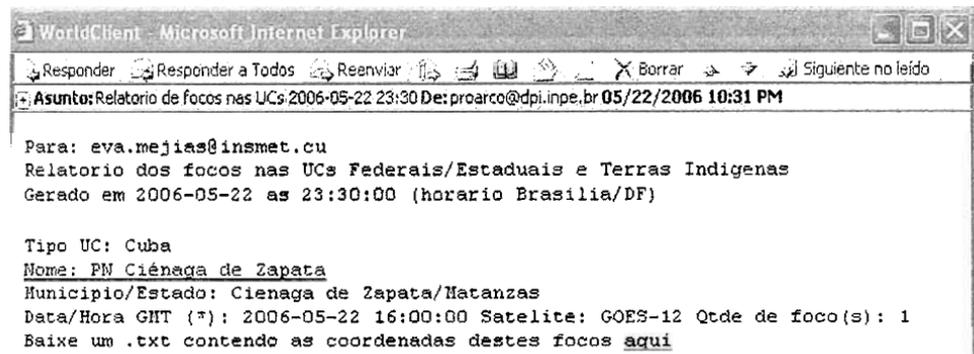


Figura 7. Último correo automático con información de focos de incendios detectados en áreas de conservación de Cuba del 22 de mayo de (29 de mayo de 2006).

En el mismo se brindan informaciones detalladas sobre las coordenada del foco, hora de detección etc., a las cuales se tiene Consulta haciendo clic en aquí.

La información de focos, es generada para cualquiera de las 365 unidades de conservación existentes en Cuba, por "OPERASAT", en la División de procesamiento de imágenes (DPI) del INPE. <http://www.dpi.inpe.br>.

Posteriormente podrán ser incorporadas otras áreas en dependencia de las necesidades de los futuros usuarios del sistema, siempre que se disponga de la información digital requerida sobre las áreas de interés.

Los mensajes son enviados automáticamente, en tiempo casi real, aproximadamente 20 minutos después del pase de los satélites, con el nombre de las áreas protegidas donde fueron detectados los incendios, así como la cantidad de focos, a partir de lo cual el usuario puede desarrollar sus propias estrategias de lucha.

• **Focos de incendios en áreas protegidas a través de páginas Web.**

Empleando el mismo SIG TerraLibre y su opción para "**Áreas de conservación**" subtitulada "**BD UConservación**" es posible visualizar los focos en estas áreas, detectados por todos los satélites, donde además se ofrecen múltiples informaciones sobre los focos detectados y es posible visualizarlos de conjunto con cualquier capa de información del "Banco de dato geográfico" de Cuba, confeccionado al efecto.

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

En la figura 8 aparece un ejemplo de la forma en quees ofrecida a los usuarios la información de focos detectados en áreas de conservación, donde por cada área con focos de incendios es descrito, el tipo de unidad, nombre, etc., es relacionado el foco con su número, coordenadas, fecha, hora y satélite que realizó la detección.

Queimadas - Vegetation Fires

Modis Terra/RapidResponse 2005-10-06/Áreas Protegidas Bolivia/Paraguay/Perú/Ecuador/Brasil/Noruega

As imagens MODIS/RapidResponse são cortesia do MODIS Rapid Response Team - NASA GSFC.
Nesta tela existem 0 de um total de 0 focos no período de 2005-10-06 a 2005-10-07
Saída dos dados/Export data/Saída de los datos

Figura 8. Acercamiento a la información de incendios detectados conjuntamente con el límite geográfico de Cuba y las áreas protegidas de Cuba, del 6 al 7 de octubre de 2005, satélite Terra, donde no se detectaron focos en Cuba.

Al hacer clic en (clicar p/ver) la opción situada al lado del número del área, el usuario es remitido al mapa y aparece en pantalla el área especificada con los incendios detectados y un resumen abajo del total de focos en el área. Al colocar el mouse sobre el foco, son ofrecidas las informaciones existentes sobre el mismo.

Todos los datos e informaciones que ofrece el sistema “Queimadas” son actualizados operativamente varias veces al día y permanentemente, durante todo el año.

INFORMACIÓN DE “RIESGO DE INCENDIOS” OBSERVADO Y PRONÓSTICO A TRAVÉS DE PÁGINAS WEB

En la porción inferior de la página Web principal del sistema “**QUEIMADAS**” para Cuba, http://tucupi.cptec.inpe.br/queimadas/risc_cuba/queimap_cuba.html, se encuentra el aviso de información de “**RIESGO**” (figura 1).

En la misma aparece a la izquierda el mapa de riesgo observado el día anterior, el cual puede ser ampliado haciendo clic sobre el mismo y a la derecha, una información general sobre los datos a partir de los cuales se genera la información de riesgo y un vínculo con la página principal de riesgo para Cuba, donde aparecen múltiples informaciones referentes al riesgo observado y el pronosticado para los próximos 3 días, mapas con las fuentes de datos, etc.

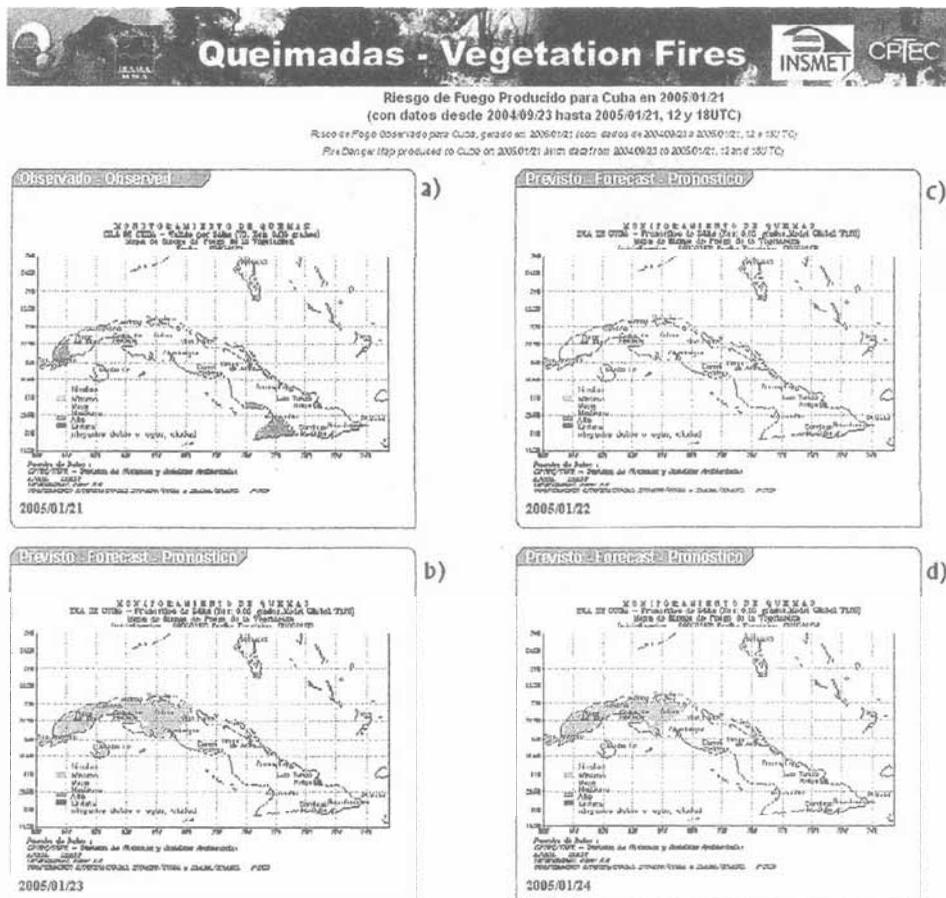


Figura 9. Página principal de información de riesgo de incendio para Cuba en la Web. Riesgo observado el día 21 de enero de 2005 y pronosticado para los días 22, 23 y 24 del propio mes.

La figura 9 muestra la forma en que es mostrada la información de riesgo de incendio para Cuba en la Web. En la sección a) de la propia figura, aparece el mapa del “Riesgo observado” el día anterior al presente, en la sección b) se muestra, el “Riesgo previsto para el presente día” (primer día), elaborado el día anterior al presente, en la sección c) aparece el “Riesgo previsto para el siguiente día” (segundo día) y en la d) el “Riesgo previsto para el tercer día”.

Paralelamente al cálculo y divulgación del riesgo, son generados y presentados en la Web los mapas con el comportamiento de cada uno los componentes del riesgo empleados para los cálculos. Al hacer doble clic sobre el mapa de riesgo observado o los de pronóstico, cada uno puede ser visualizado de conjunto con los mapas del comportamiento de dichas variables.

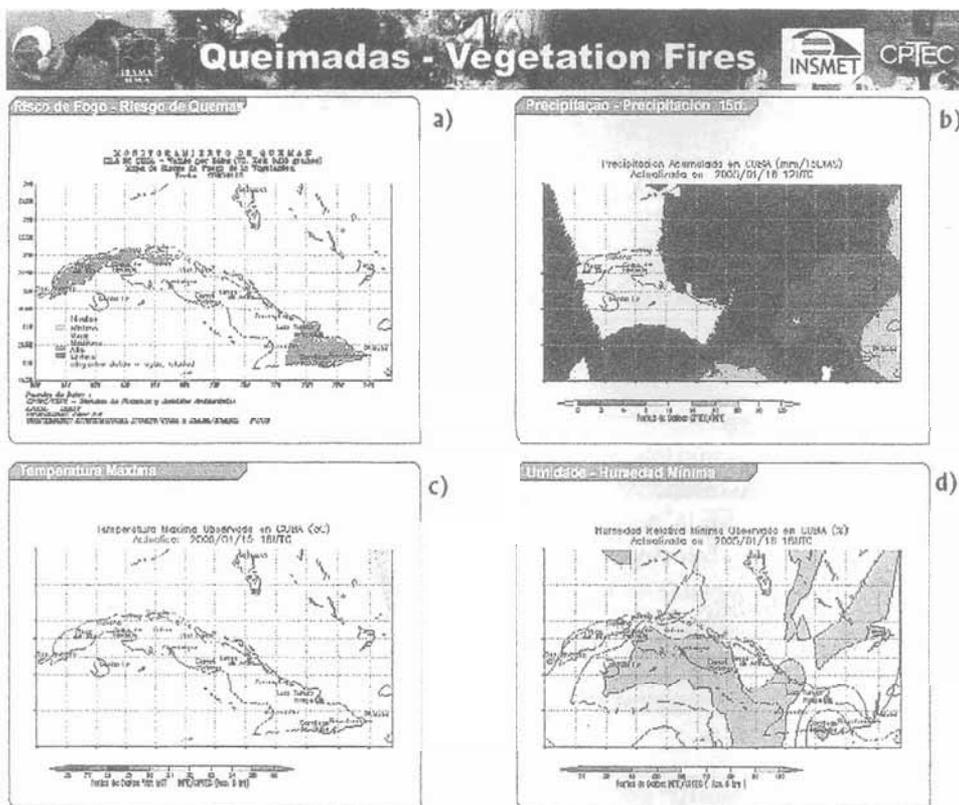


Figura 10. Representación en la Web de los mapas de los componentes del riesgo observado para Cuba.

En el caso de riesgo observado, (figura 10) la primera imagen a) corresponde al propio mapa de riesgo observado, a la derecha en la imagen b) aparece la precipitación acumulada (solamente la de 15 días, que no es la única utilizada para el cálculo), en la parte de abajo a la izquierda, imagen c) aparece la temperatura máxima observada y a la derecha en la imagen d) la humedad relativa mínima observada.

En el caso de riesgo pronosticado, también son ubicados en Internet los mapas que muestran el comportamiento futuro de los diferentes componentes (variables) utilizadas en el cálculo del riesgo pronosticado, según pronóstico del modelo meteorológico global T126, de donde son extraídos los datos para el cálculo.

En todos los casos al hacer doble clic sobre cualquiera de las imágenes estas son ampliadas, con lo cual se facilita su visualización y manejo de las imágenes por los usuarios.

CONCLUSIONES

- 1) Se ha implementado para Cuba un **“Sistema automatizado para la detección y vigilancia de incendios forestales con el empleo de satélites”**, tecnología con la que no contaba, mediante el cual se ha establecido un sistema de trabajo conciso y permanente que permite:
 - Realizar la **detección temprana y vigilancia de los incendios** desencadenados en cualquier tipo de vegetación de forma operativa y permanentemente con 3 satélites, con lo cual se garantiza una frecuencia temporal elevada y cobertura espacial para todo el país.
 - **Integrar las informaciones de focos de calor detectados a un “Banco de Datos Geográficos”** con el empleo de diferentes SIG, lo cual permite visualizar los incendios en el medio donde ocurren, identificar el territorio administrativo, definir las características de la zona, tipo de vegetación afectada y evaluar las posibilidades de combatirlos.
 - Evaluar y pronosticar el **riesgo de incendio** en la vegetación de forma operativa a través de mapas de riesgo a corto y mediano plazos a escala nacional a partir de cuya información pueden permitirse activar con mayor acierto las medidas preventivas contra el fuego en el área donde está enfocado el mayor riesgo y así optimizar esfuerzos y recursos en su lucha.
 - Crear un potente archivo de datos de información (coordenadas, imágenes, etc.) de incendios detectados por satélite para Cuba y otros productos de incendios generados por el sistema a los cuales Consulta es libre y que pueden ser empleados en el desarrollo posteriores estudios e investigaciones de este fenómeno en el país.

- Establecer un sistema de avisos y alertas tempranas de las informaciones generadas por el sistema a los usuarios en tiempo real, utilizando diferentes servicios de redes electrónicas (Internet, correo electrónico, Intranet, etc.) con el empleo de mapas activos de incendio y otras formas fácilmente asequibles a los usuarios, así como el desarrollo de aplicaciones especialmente dirigidas al manejo de incendios en áreas protegidas.
- 2) El **“Sistema de detección y vigilancia de incendios forestales con satélites”** constituye por un lado, un valioso instrumento de trabajo y una contribución importante a las acciones de combate y manejo del fuego, un complemento al sistema a la vigilancia en tierra, limitado en ocasiones, de valorar la magnitud del fuego y las características de su desplazamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, A. C.: “Mapas de riesgo. Una alternativa o planeamiento de controle de incendios forestales”, *Fundacao de pesquisas forestais do Parana*, Curitiba, Brasil, vol. 30: 45-54, 2000.
- CASTROS, R. R. y CHUVIECO, S. E.: “Clasificación digital de combustibles forestales a partir de imágenes de alta resolución y modelos digitales de terreno”, *Revista SELPER*, vol. 10 (1-2), 1994.
- CHUVIECO, S. E. y MARTÍN PILAR, M.: “Global Fire Mapping and Fire Danger Estimation using AVHRR images”, *PE and RS May.*, vol. 60(5), 1994.
- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, (en línea), disponible en: <http://www.cptec.inpe.br/>, consulta 29 de mayo de 2006.
- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, página principal, (en línea), disponible en: <http://www.cptec.inpe.br/queimadas/>, consulta 29 de mayo de 2006.
- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos Queimadas-Vegetation, FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, página principal, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/index_goes.html. consulta: 29 de mayo 2006.
- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos Queimadas-Vegetation, FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, Focos acumulados, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/queimadas/queima_goes_v3.0/index_goes.html, consulta 29 de mayo 2006.
- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, última detección en Cuba, (en línea), disponible en: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/actual/qda/qda_cu.gif. consulta 29 de mayo 2006.
- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, Página Web con los focos acumulados en Cuba

- durante las últimas 24 horas, (en línea), disponible en: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/acm/goes/agc_cu.gif, consulta 29 de mayo 2006.
- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con todos los satélites, página principal, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/NxGxM/index_sats_sn.html, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas- Vegetation FIRE, Focos acumulados en Cuba con todos lo satélites, (en línea), disponible en: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/acm/all/acc_cu.gif, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con los Satélite Terra/Aqua, sensor MODIS, en Cuba, (en línea), disponible en: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/acm/eos/amc_cu.gif, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, persistencia, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/pw_body.html, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, Persistencia de focos en Cuba, (en línea), disponible en: http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/pst/pst_cu.gif, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Página últimas imágenes archivas para visualización, (en línea), disponible en: <http://www2.cptec.inpe.br/satelite/metsat/queimada/atual/>, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, Animación de focos, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/qw_anima.html, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, Imagen actualizada, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/qw_main.html, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, Descripción algoritmo de detección por los autores, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/relat_goes.html, consulta 29 de mayo 2006.
 - CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12 y "Riesgo" para Cuba, (en línea), disponible en: http://tucupi.cptec.inpe.br/queimadas/risc_cuba/queimap_cuba.html, consulta 29 de mayo 2006.

- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas- Vegetation FIRE, "RIESGO" de incendios para Cuba, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/queimadas/risc_cuba/risco_cuba.html, consulta 29 de mayo 2006.
- CPTEC, INPE: Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos, Queimadas-Vegetation FIRE, Detección con el Satélite GOES-12, Posibilidad de visualizar la información con y sin cobertura nubosa, (en línea), disponible en: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/queima_goes_v3.0/qc_body.html, consulta 29 de mayo 2006.
- EOS: The Earth Observing System (EOS): Program Office, (en línea), disponible en: <http://eos.gsfc.nasa.gov/>, consulta 29 de mayo de 2006.
- GEOCUBA: *Base cartográfica digital oficial de Cuba*. (Escala 1 : 250 000), 2003.
- GOFc/GOLD: Fire Monitoring and Mapping Implementation Team, (en línea), disponible en: <http://gofc-fire.umd.edu/index.asp>, consulta 29 de mayo 2006.
- HO, S. N.: *Manual de SpringWeb. Divisão de procesamiento de imagem (DPI)*, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000.
- INPE: División de procesamiento de imágenes, (en línea), disponible en: <http://www.dpi.inpe.br>, consulta 29 de mayo 2006.
- INPE: División de procesamiento de imágenes, Software SPRING, (en línea), disponible en: <http://www.dpi.inpe.br/spring/espanhol/index.html>, consulta 29 de mayo 2006.
- INPE: División de procesamiento de imágenes, Software SpringWeb, (en línea), disponible en: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/sprweb/springweb.html>, consulta 29 de mayo 2006.
- INPE: División de procesamiento de imágenes, Página, Banco de datos de incendios "BD Queimadas" visualización de focos con el SIG Terra/libre, (en línea), disponible en: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas>, consulta 29 de mayo 2006.
- INPE: División de procesamiento de imágenes, Registro de usuario para recibir correos automáticos con detecciones de incendios en áreas protegidas de Cuba, (en línea), disponible en: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/cadastro/>, consulta 29 de mayo 2006.
- INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (en línea), disponible en: <http://www.inpe.br/>, consulta 29 de mayo 2006.
- LIEW, S. C.; KWOH, L. K.; LIM, O. K. y LIM, H.: "Remote sensing of fire and haze". En: *Forest fires and regional haze in Southeast Asia*, Chapter 5, pp. 67-89, ed. P. Eaton and M. Radojevic, New York: Nova Science Publishers, 2001.
- NASA: Goddard Space Flight Center, (en línea), disponible en: <http://www.gsfc.nasa.gov/>, consulta 29 de mayo 2006.
- NOAASIS GOES: Imager Instrument, (en línea), disponible en: <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/imager.html>, consulta 29 de mayo 2006.
- OHARRIZ, S.; VALDÉS, C. y LLORENTE, B.: *Estadística de los incendios Forestales en Cuba durante el período 1981-1985*, CIDA, La Habana, Cuba, 1990.
- PAVERI, M.; LAMA, G. M.; LINARES, L. E.; CHÁVEZ, B. M. y DÍAZ, M. C.: *Estrategia y programa nacional para la actividad de protección contra incendios forestales en la República de Cuba*, La Habana, PROYECTO FAO TCP/CUB/0066, 2001.

- SETZER, W. A. y YOSHIDA, M. C.: *Detecção de queimadas nas imagens do satélite GOES-12*, Versão 3.4, DSA/CPTEC/INPE, 2004.
- SETZER, W. A.: *Detecção de queimadas nas imagens do satélite TERRA/AQUA*, sensor Modis, DSA/CPTEC/INPE, 2003.
- VÉLEZ, R.: *La defensa contra incendios forestales. Fundamentos y experiencias*, Mc GrawHill/ Inter-Americana de España, S.A.U., España, 2000.