

Empleo de la teledetección espacial para la implementación del sistema avisos y alerta temprana de incendios en áreas protegidas de Cuba.

Autores: M.Sc. Eva Mejías Sedeño*, Dr. Alberto W. Setzer**, Tec. Yohadne Stable Sánchez*

*** Instituto de Meteorología (INSMET). Carretera del Asilo s/n. Casa Blanca. Mpio. Regla. Ciudad de La Habana. Cuba. CP: 11700. Tel: 53 78670714. Fax: 53 78668010. e-mail: eva.mejias@insmet.cu**

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

RESUMEN

Cada año las áreas protegidas de Cuba, son impactadas por grandes incendios. En el presente trabajo se presentan los resultados obtenidos, en la implementación del sistema de avisos y alerta temprana de incendios en "áreas protegidas" de Cuba con el empleo de satélites. Es un producto del sistema "**QUEIMADAS**", para la detección y monitoreo de incendios en la vegetación y resultado de la cooperación científico-técnica entre el Instituto de Meteorología (INSMET) de Cuba y el Instituto Nacional de Pesquisas espaciales (INPE) de Brasil. Son empleadas imágenes de los satélites GOES-12, sensor I-M Imager y TERRA/AQUA sensor MODIS, los cuales garantizan una cobertura temporal y espacial adecuada para la rápida detección y localización de los incendios. Los fuegos son localizados mediante procesamiento digital de imágenes, empleando algoritmos especializados. Con el empleo de SIG los focos son integrados a un banco de datos geográficos de Cuba que permiten visualizarlos en el "escenario" donde se desarrollan y evaluar las posibilidades reales con que se cuenta para combatirlos. Las informaciones son suministradas a los usuarios, en tiempo casi real, por correos automáticos y a través de Internet mediante tablas y mapas interactivos acompañados de abundante información complementaria, dando la posibilidad de adoptar, oportunamente, medidas de combate antes que los incendios alcancen mayores proporciones, y con ello reducir la cantidad de áreas afectadas, los daños y contribuir a la preservación de la integridad de las áreas protegidas cubanas. Con el empleo del sistema se han monitoreado las temporadas de incendios 2004 al 2007.

INTRODUCCIÓN

En el año 2003, como resultado de un trabajo de cooperación científico-técnica entre el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) de Brasil, y el Instituto de Meteorología (INSMET) de Cuba se diseñaron y fueron ejecutadas las primeras acciones para la implementación, para Cuba, del sistema brasileño “**QUEIMADAS**” con el empleo del cual se realizarían, de forma automatizada y operativamente las tareas de detección, monitoreo y pronóstico de peligro de incendios en la vegetación, con el empleo de la teledetección satelital. (Mejías, E; R. Vázquez; M. Peñate; R. Casals; T. Keibavu; L. Lavastida; J. Leiva y J. Pérez, 2005).

OBJETIVO

Considerando que las áreas protegidas en Cuba son cada año impactadas por incendios, el objetivo del presente trabajo consistió en presentar los resultados alcanzados hasta el momento con la implementación del sistema de avisos y alerta temprana de incendios en áreas protegidas de Cuba, a través de “**QUEIMADAS**”.

MATERIALES Y METODOS

Satélite **GOES-12**, Sensor **I-M IMAGER**: Situado a 36 000 Km. Constituye un elemento básico para las operaciones de vigilancia y pronóstico del tiempo. Por poseer el Sensor **I-M IMAGER** bandas en el infrarrojo de onda corta, es ampliamente utilizado también en labores de detección de incendios en la vegetación. (<http://www.gsfc.nasa.gov/>).

Satélite **TERRA/AQUA**, sensor **MODIS**: Poseen órbitas con ciclo diario sincronizado. Cada uno porta un sensor MODIS con 36 bandas espectrales que miden radiaciones en longitudes de onda desde el visible al infrarrojo termal. Tiene canales diseñados específicamente para la detección de fuego. (<http://gofc-fire.umd.edu/index.asp>).

El algoritmo *multiespectral*, empleado para detección de fuegos activos con el satélite GOES fue desarrollado por Setzer W. A. y Yoshida C. M (2004), utilizando los canales 1(0,63 μm) visible, 2 (3,9 μm) en el infrarrojo medio y 4 (11.0 μm) del infrarrojo lejano. El

algoritmo para la detección con los satélites TERRA y AQUA, sensor MODIS, fue determinado empíricamente por Setzer (2003).

La información de focos detectados es actualizada permanente, después del paso del satélite. La consulta/visualización de las informaciones sobre incendios, integrada a información cartográfica y geolocalización, en un único ambiente, se realiza con el empleo del SIG TerraLib/Queimadas desarrollado por el INPE. Este permite el acceso remoto al banco de datos que almacena permanentemente las informaciones de focos de incendios y al banco de datos geográficos que incluye la cartografía de Cuba, de interés para el combate a los incendios, el mapa de las áreas protegidas, entre otras informaciones.

RESULTADOS

El sistema ya ha monitoreadas cuatro temporadas de incendios, la del 2004, a modo de prueba y las del 2005, 2006 y 2007, sin dificultades.

Los avisos y alerta temprana de incendios en áreas protegidos de Cuba son difundidos empleando dos formas fundamentales:

1. Consulta/visualización de focos de incendios a través de mapas interactivos y tablas.
2. Avisos de alertas de fuegos en áreas protegidas a través de correos automáticos, incluida la visualización y consulta de datos.

1. Consulta/visualización de focos de incendios a través de mapas interactivos y tablas.

La consulta/visualización de focos de incendios, se realiza a través de Internet por la página Web “Banco de datos de incendios en unidades de conservación” (BD UConservación). Antes de poder acceder a las informaciones es necesario solicitar al sistema los parámetros de búsqueda. A la izquierda de la página, en la sección “**parámetros**”, como fecha inicial (“Data inicial”) y fecha final (“Data final”) aparecen

predeterminadas las últimas 24 horas, pero se pueden solicitar otros períodos de tiempo siempre y cuando estos no excedan los 366 días. Es necesario, además, seleccionar el país y el satélite.

Realizadas las restricciones deseadas, se hace clic en “Ejecuta” para poder visualizar la información en la ventana situada a la derecha de la página. Donde pueden aparecer como respuestas que, no se detectaron focos en áreas de conservación, (Fig. 1a) o aparecer la información de los focos detectados para el período seleccionado (Fig. 1b). Dicha información contempla, tipo de unidad de conservación, nombre, municipio, etc. Cada foco en el área es descrito de forma independiente y se relacionan, número del foco, coordenadas, fecha, hora y satélite que realizó la detección.



a

b

Figura 1. Información de focos detectados en áreas de conservación de Cuba mediante tablas informativas. a) No se detectaron focos, b) Detalles de los focos detectados.

En la muestra se aprecian informaciones de un foco detectado el día 6 de mayo de 2006 en la RFM Sierra de Contadores en el municipio Guane, Pinar de Río y otros dos focos detectados los días 7 y 12 de mayo de 2006 en el APRM Reserva de la Biosfera Buena Vista en Yaguajay provincia Sancti Spíritus.

El usuario tiene la posibilidad de ver a través de una imagen la geolocalización del incendio y el contexto donde este ocurre en tierra (Fig. 2) haciendo clic en el nombre genérico del foco, “*clique p/ver*”. La imagen es una versión interactiva que posibilita seleccionar diferentes temas para visualizar como fondo, agrandar la imagen, etc. La selección de temas a mostrar de fondo en el área del gráfico, es opcional. Las que se pueden seleccionar en la parte superior del área de presentación de los mapas.

El ejemplo en la figura 2 corresponde al foco detectado por el satélite GOES-12 en el interior del Área Protegida, RFM Sierra de Contadores, donde fueron seleccionadas como fondo para la visualización, las capas de áreas protegidas y una imagen del satélite Landsat.

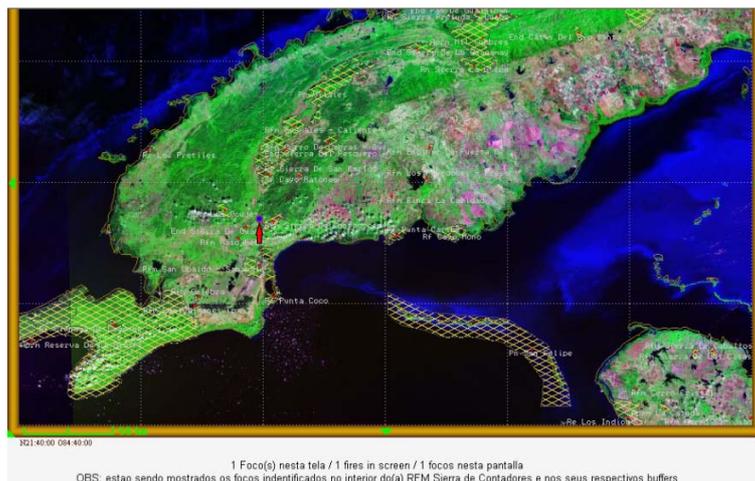


Figura 2: Visualización, con acercamiento, de focos de incendio detectado por el satélite GOES en el áreas protegidas RFM Sierra de Contadores el 6 de mayo de 2006.

En la última sección de la tabla se brinda la posibilidad al usuario de importar los archivos de datos con las informaciones de los focos, en formato texto.txt y Shape file .SHP. En la figura 3 se muestra como ejemplo el archivo .txt generado para el foco detectado el día 20 de mayo de 2006 en el APRM Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario en el municipio Bahía Honda en la provincia Pinar del Río.

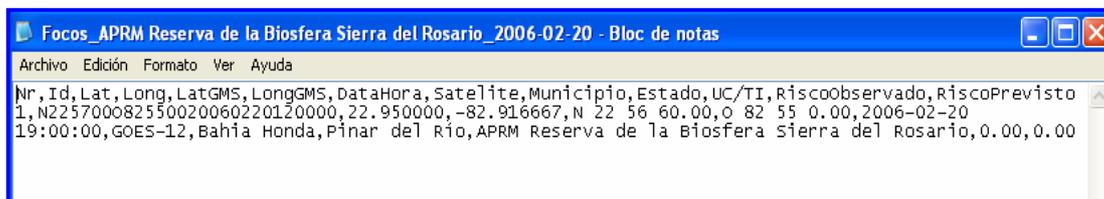


Figura 3: Archivo en formato de texto .txt del foco detectado el día 20 de mayo de 2006 en la APRM Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario en el municipio Bahía Honda en la provincia Pinar del Río.

La opción “**Histograma**”, permite al usuario ver en gráficos de barra, el comportamiento de los incendios para el período seleccionado. En la figura 4 aparece el gráfico con la cantidad de detecciones de focos de incendio realizadas por el satélite GOES, en las áreas protegidas de Cuba en el período del enero al junio de 2006, donde se observa la mayor afectación en el PN Ciénaga de Zapata con un total de 9 focos.

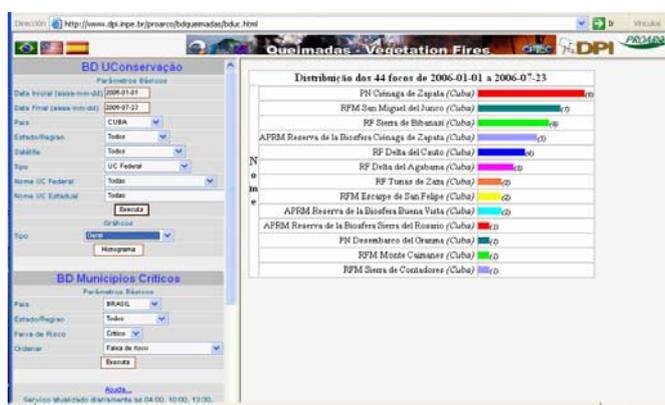
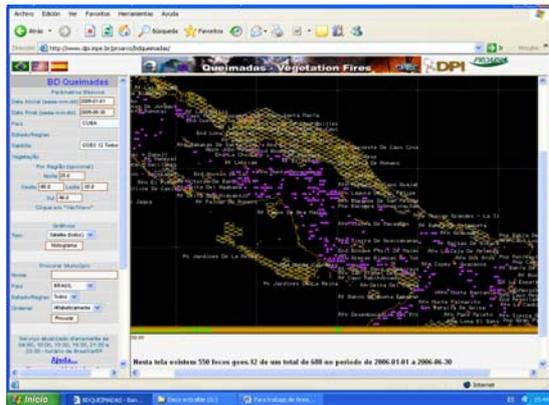


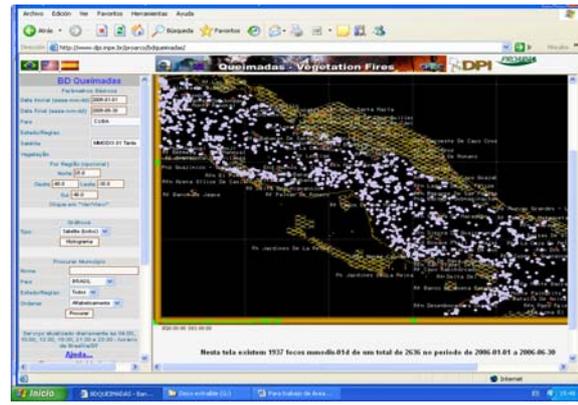
Figura 4: Cantidad de focos detectados por el satélite GOES-12 en áreas protegidas de Cuba durante el período enero- junio de 2006.

Otra consulta/visualización de focos de incendios en unidades de conservación de Cuba, es posible realizarla a través de la página Web del “Banco de datos del sistema “Queimadas”. Donde es posible visualizar, además de las detecciones GOES, las realizadas por TERRA/AQUA, superponiendo a la información de incendio, la capa de áreas protegidas.

En la figura 5 aparece el esquema general del portal y una visualización parcial de los focos de incendios detectados por el satélite GOES-12 (Fig. 5a) y el sensor MODIS (Fig. 5b) durante el período enero-junio de 2006, utilizando como fondo las capas de la división político-administrativa y la de áreas protegidas de Cuba.



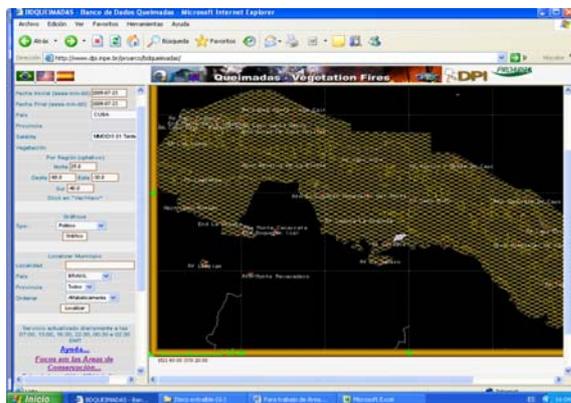
a



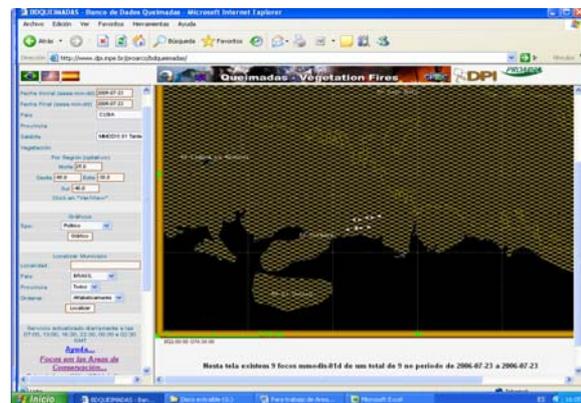
b

Figura 5: Esquema general de la página y visualización de focos detectados durante el período enero-junio de 2006. a) Detecciones realizadas por el satélite GOES-12 y b) detecciones con el sensor MODIS.

En la figura 6, se puede observar un acercamiento para la visualización de los focos detectados por el sensor Modis el día 23 de julio de 2006, dentro del área protegida APRM Humedales al norte de Ciego de Ávila, en el municipio Bolivia, provincia Ciego de Ávila.



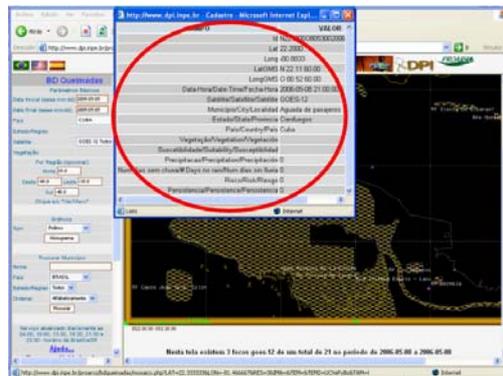
a



b

Figura 6: Acercamiento a los focos de incendios detectados por el sensor MODIS dentro del área protegida APRM Humedales al norte de Ciego de Ávila, el 23 de julio de 2006.

Para cada fuego detectado, la alerta de Incendios presenta información sobre latitud, longitud, luminosidad, fecha y hora de detección, municipio, provincia, país, etc. a través de una tabla que muestra los atributos descriptivos del foco que es desplegada en una pantalla auxiliar al hacer clic sobre el mismo en la pantalla de visualización.(Fig. 7).



Lat	22.23000
Long	80.80000
Luminosidad	1422.1182100
Fecha y hora de detección	2006-07-23 00:00:00
Municipio	Ciego de Ávila
Provincia	Ciego de Ávila
País	Cuba
Provincia	Ciego de Ávila
Municipio	Ciego de Ávila
País	Cuba
Provincia	Ciego de Ávila
Municipio	Ciego de Ávila
País	Cuba

Figura 7: Tabla de los atributos descriptivos del foco desplegada en pantalla auxiliar.

En este mismo portal, en la opción “Histograma” el sistema posibilita ver varios tipos de informaciones gráficas:

En la opción “**Político**” muestra el gráfico con el total de focos, por provincias. En “**Todos los Satélites**”, los focos detectados por cada satélite. En “**Mensual**” la cantidad de focos detectados en cada mes del periodo elegido, en la opción “**Anual**” el total anual con todos los satélites y en la opción “**Semanal**” los focos detectado por semanas.

En la parte inferior del portal se encuentra la opción “Salida de datos” (Fig. 8), a partir de la cual el usuario puede importar los archivos de datos de los focos **en tabla con formato** Html, archivo de texto txt, archivo Shape file (Shp), recibirlo por correo electrónico en formato txt, o archivo Kmz para el Google Earth.

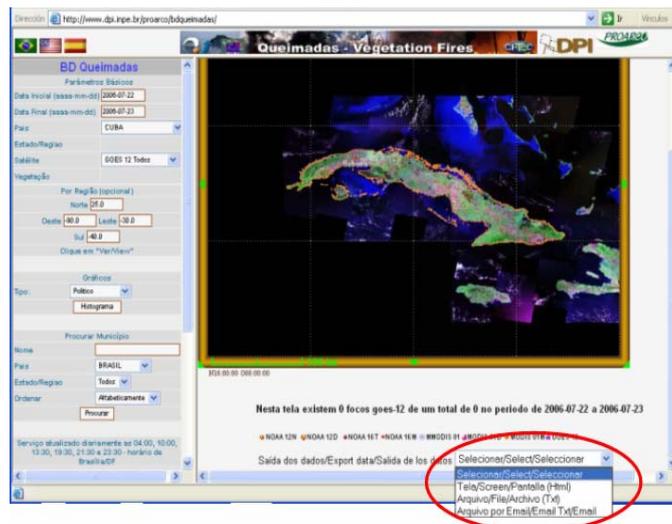


Figura 8: Forma en que aparece la opción de “Salida de datos” para los usuarios.

En general la consulta/visualización de la información, vía Internet, de los focos de incendios de conjunto con cualquier capa de información del “Banco de datos geográficos” es realizada de forma simple e interactiva y no es necesario la utilización de ningún programa específico o “plug-ins”, basta utilizar un navegador (Internet Explorer 6.0, Netscape 7.0, Mozilla y Opera), posibilitando así el acceso a cualquier tipo de usuario.

2. Alertas de fuegos en áreas protegidas a través de correos automáticos.

Además de ser divulgadas en las formas anteriormente mencionados, las informaciones de focos de incendios detectados en “áreas protegidas”, se transmiten en tiempo real, por medio de correos automáticos de alerta, para cualquiera de las 365 unidades de conservación existentes en Cuba, atendiendo a necesidad individuales de los usuarios.

La generación de correos automáticos para áreas protegidas de Cuba a partir de detecciones del satélite GOES-12 se inició el 1 de abril de 2005.

Para recibir diariamente, por correo electrónico, las notificaciones de fuegos detectados en las áreas protegidas de Cuba el usuario debe suscribirse a través de la página Web <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/cadastro/> (Fig.9), indicando su nombre de correo y seleccionando la opción “cadastrar” en el cuadro “Cadastro de Usuários”.

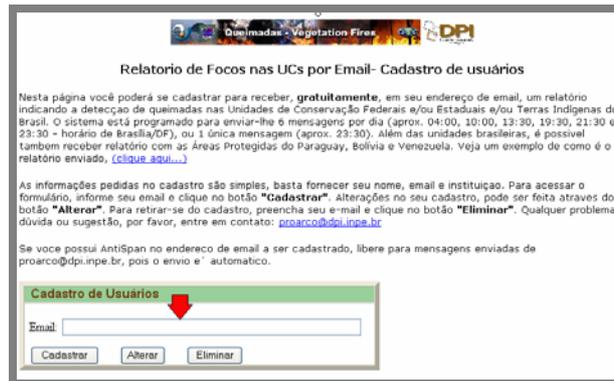


Figura 9: Página habilitada para realizar la suscripción al servicio de correos automáticos de alerta de incendios en áreas protegidas.

La Alerta de Fuegos es enviada según la selección realizada por el usuario en la planilla “Formulario de Cadastro” que aparece en la figura 10a, donde, además de indicar informaciones generales solicitadas por el sistema, es posible seleccionar el país de interés, varios países o todos, así como la cantidad de mensajes que desea recibir en el transcurso del día, los cuales pueden ser hasta 6 en los horarios de las 03:00 AM., 09:00 AM, 12:00 M, 6:00 PM, 8:00 PM y 10:00 PM o recibir un único mensaje a las 23:00 horas con un resumen de todas las detecciones del día.

Cualquier cambio en la condición del usuario o en sus necesidades de información se realiza seleccionando la opción “alterar”, para lo cual se encuentra habilitada la planilla de “Alteración de Cadastro” (Fig. 10b) o “Eliminar”, si no se desea continuar recibiendo el servicio.

a

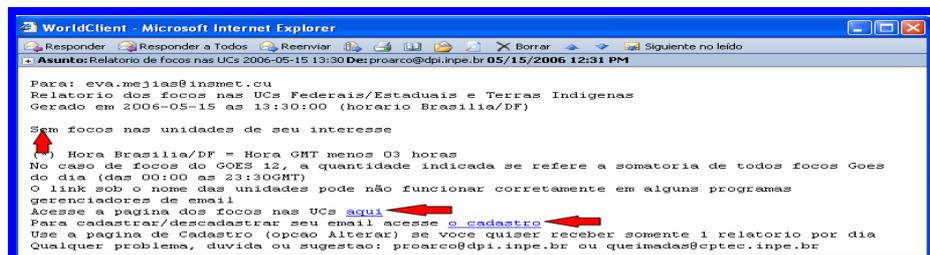
b

Figura 10: Planilhas de dados de los usuarios y necesidades informativas.

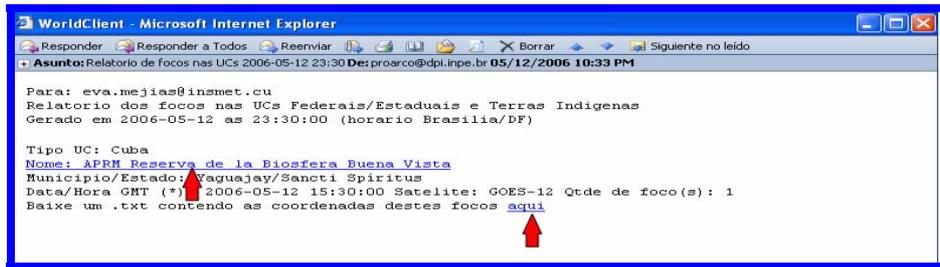
a) Informaciones generales b) alteración de información.

Una vez realizada la suscripción, comienzan a ser elaborados y enviados, automáticamente, al usuario los correos según las condiciones prefijadas. Los mensajes son generados, en tiempo casi real, aproximadamente 20 minutos después del pase del satélite. Como nombre del remitente aparece “**proarco@dpi.inpe.br**”.

Al abrir el mensaje si no se han detectados focos, aparece un mensaje, indicando que no hay focos en las unidades de su interés, (Fig. 11 a). Si se detectaron incendios, en el mensaje se especifican el nombre del área protegida, municipio a que pertenece, provincia, fecha, hora, satélite que lo detectó y la cantidad de focos detectados. (Fig. 11b).



a)



b)

Figura 11: Estrutura de los mensajes automáticos generados por el sistema.

a) En caso de no detectarse focos y b) Para caso de detecciones de focos.

En el caso de ser detectado algún foco el sistema brinda la posibilidad de visualizarlo, mediante un acceso que implementó, al hacer clic en el nombre del área protegida. En ese caso es mostrado el foco y la zona donde se generó el fuego.

En la última sección del mensaje se brinda la posibilidad, al usuario de importar el archivo de los datos en formato .txt, que contiene las informaciones del foco, incluidas las coordenadas para lo cual debe hacer clic en la palabra “aqui” (Fig. 11b).

CONCLUSIONES

En el contexto de la lucha contra el fuego y la necesidad de colocar a Cuba en la misma línea de desarrollo tecnológico con que se enfoca este problema actualmente, ha quedado implementado, de forma satisfactoria, el sistema que alerta tempranamente, con el empleo de satélites, sobre la ocurrencia de incendios en áreas protegidas de Cuba.

Los resultados alcanzados hasta el momento demuestran no solo las potencialidades del sistema, también la posibilidad real de su funcionamiento y aplicación en Cuba, así como la posibilidad de ser utilizado como una herramienta que permitirá que la información esté a disposición de gran cantidad de usuarios de Cuba y el mundo, en tiempo casi real, en formas de fácil manejo por los usuarios del sistema.

El empleo de SIG permite contar con informaciones que brindan mayor seguridad para el combate y certeza en la información que se ofrece para la toma de decisiones, informar mejor al público y a la vez obtener más apoyo de este en el manejo del fuego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centro de Previsión del Tiempo y Estudios Climáticos (CPTEC).INPE. Queimadas-Vegetation FIRE. Detección con el Satélite GOES-12. Inscripción para recibir correos automáticos de incendios detectados en áreas protegidas. Disponible en: <http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/cadastro/> [consulta: julio de 2006].

GOFC/GOLD Fire Monitoring and Mapping Implementation Team. Disponible en: <http://gofc-fire.umd.edu/index.asp> [consulta: julio de 2005].

Mejías, Eva; Setzer, Alberto. W. (2004). Detección y vigilancia de incendios en la vegetación para Cuba con el empleo del satélite GOES. XI Simposio Latinoamericano sobre Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (22-26 de noviembre de 2004 Santiago de Chile). [en línea]. Disponible en: www.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200502_vigeomatica_barcelona_mejias&setzer.pdf- y http://tucupi.cptec.inpe.br/queimadas/risc_cuba/queimap_cuba.html [consulta: julio de 2006].

Mejías, E; Setzer, A. (2005). Incorporación de los satélites *Terra/Aqua* sensor *Modis* al "Sistema de Detección y Monitoreo de incendios forestales con satélites para Cuba". Memorias, III Congreso Cubano de Meteorología. Ciudad de la habana, 5 al 9 de diciembre del 2005.

Mejías, E; R. Vázquez; M. Peñate; R. Casals; T. Keibavu; L. Lavastida; J. Leiva y J. Pérez (2005). Sistema de "Detección, vigilancia y pronóstico de peligro" de incendios forestales con el empleo de la percepción remota satelital. Informe científico-técnico

final del proyecto de investigación No 4063. Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba.

Setzer, W.A (2003). Detecção de queimadas nas imagens do satélite TERRA/AQUA, sensor Modis. DSA/CPTEC/INPE.

Setzer, W.A y Yoshida. M. C (2004). Detecção de queimadas nas imagens do satélite GOES-12. Versão 3.4. 03/Março/2004. DSA/CPTEC/INPE. [en línea]. Disponible en: http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/documentos/relat_goes.htm [consulta: julio de 2006].