

**VI CONGRESO AGRIMENSURA 2013**  
**24 al 27 de septiembre de 2013**

II Congreso de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial

**Título: Sistema de Avisos y Alerta Temprana de Incendios para el sector forestal (SAATIN<sub>F</sub>). Una contribución al manejo integral del bosque.**

***Autores: M.Sc. Eva Mejías Sedeño, Lic. Carlos Leyva Peña, Lic. Dayasmín H. Rodríguez Caboverde.***

***Instituto de Meteorología. Carretera del Asilo s/n. Loma de Casa Blanca. Mpio. Regla La Habana. Cuba. Tel: 07 8686460-8670714. Correo: eva.mejias@insmet.cu***

**RESUMEN**

Los incendios constituyen el principal fenómeno de origen natural que atentan contra la integridad del patrimonio forestal cubano. El carácter súbito e imprevisible que caracterizan su surgimiento, hacen imprescindible la existencia de los sistemas de avisos y alerta temprana, cuyas informaciones, en manos de técnicos, especialistas y tomadores de decisiones, constituyen valiosas herramientas para la prevención, combate y mitigación de sus efectos. El sistema de alerta temprana de incendios, para el sector forestal, (SAATIN<sub>F</sub>), fue implementado a partir del año 2011 por el Centro de Meteorología Agrícola del Instituto de Meteorología con el objetivo de satisfacer las demandas informativas sobre incendios, existente en dicho sector e incluye, entre otras, informaciones de condiciones agrometeorológicas formadas y pronosticadas, propicias al surgimiento de los incendios, condiciones de riesgo, condiciones de peligro y la detección de incendios con satélites, información que contribuye a acortar el tiempo de enfrentamiento y duración del fenómeno. El sistema lo integran dos componentes, la "Componente informativa" y la componente de "capacitación". La primera conformada por datos, mapas, gráficos, etc. que se emiten en forma de boletines, informes científico-técnicos especializados, notas informativas, pronósticos, con frecuencias temporales que varían desde, el tiempo cuasi real, pasando por las diarias, decadales, hasta temporales y se transmiten en forma de correos automáticos, a través de páginas Web, etc. La componente de capacitación, garantiza la correcta interpretación y uso de las informaciones emitidas así como la superación de los especialistas emisores de informaciones y los receptores del sector forestal, incluyendo al personal técnico especializado y tomador de decisiones. Al concluir la temporada de incendios 2013 el sistema contaba con un total de 71 usuarios, distribuidos en las Empresas Estatales Forestales, Empresas Forestales Integrales, el Servicio Estatal Forestal, el Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña y la Dirección Nacional Forestal del MINAG.

**Palabras claves:** Incendios forestales, alerta temprana, sector forestal.

## Introducción

Los incendios forestales constituyen uno de los problemas más graves que amenazan a los bosques en todo el mundo. Cada año en el mundo se producen incendios en varios cientos de millones de hectáreas de bosques y otros tipos de vegetación (CGMI 2007) y cada día, en algún lugar de la Tierra, se queman miles de hectáreas de bosques, sabanas, pastizales, matorrales, tundra, desiertos, humedales y campos agrícolas, en todos los continentes, excepto en la Antártica (IGMF 2004).

En Cuba los incendios son considerados como uno de los principales fenómenos de origen natural que atentan contra la integridad del patrimonio forestal. Según información estadística de la Dirección Nacional del Cuerpo de guardabosques de la República de Cuba (ONEI, 2012) desde la década del 60 hasta la actualidad se ha observado una tendencia al aumento de la ocurrencia de incendios forestales, registrándose como promedio anual unos 300 incendios forestales con afectaciones a una superficie de 5 500 ha, como valor medio anual. Solamente entre los años 2008-2012 se registraron un total de 2 220 incendios forestales que afectaron un total de 44 504.5 hectáreas. El año 2011 fue el más activo de ellos con 723 incendios y 20 524 ha afectadas.

Cada uno de estos incendios forestales dejó tras sí una estela de daños al bosque en su valor y utilización y ocasionó importantes pérdidas económicas. Solamente en el año 2012 las pérdidas económicas ascendieron a 12 millones 618 428.81 pesos, debido a la ocurrencia de 461 incendios que afectaron 3 468.62 hectáreas. A estas pérdidas se suman los perjuicios a la sociedad, afectaciones a la salud humana y muertes, así como afectaciones ecológicas que pueden derivar en verdaderas catástrofes ambientales. Por otro lado es significativa la inyección a la atmósfera de grandes cantidades de gases de efecto invernadero que contribuyen al aumento de la temperatura del planeta.

En Cuba, cerca del 90% de las causas de los incendios forestales, están relacionadas con la actividad humana, principalmente con la negligencia y esta a su vez estrechamente relacionada con el desconocimiento de las condiciones meteorológicas y estado de la vegetación que son propicias al surgimiento y rápida propagación de los incendios. Y mientras no sea posible manipular o controlar el tiempo y el estado de la vegetación, resulta imprescindible conocer su estado presente y futuro, utilizando esas informaciones, para minimizar el riesgo y prevenir o mitigar sus afectaciones

Asimismo, la no detección a tiempo de los incendios, una vez que surgen, alarga el tiempo de enfrentamiento lo que contribuye a que la duración de los incendios y las pérdidas que ocasionan sean mayores.

Los sistemas de alerta temprana de incendios han sido diseñados para satisfacer esas necesidades de información, constituyen una forma de suministro de datos e informaciones actualizadas y confiables sobre la paulatina conformación de condiciones que propician los incendios en el presente y futuro. Dado el carácter súbito e imprevisible que caracterizan el surgimiento de los incendios forestales estos sistemas, constituyen una herramienta valiosa en manos de técnicos, especialistas y tomadores

de decisiones que les permiten lograr establecer programas eficientes de prevención, manejo y acciones extinción de incendios por lo que constituyen una verdadera contribución a los sistemas para el manejo integral de los bosques.

El Centro de Meteorología Agrícola (CeMAg) del Instituto de Meteorología (INSMET) y sus Centros Meteorológicos provinciales, además de la vigilancia permanente sobre el comportamiento de las condiciones meteorológicas y agrometeorológicas han desarrollado herramientas que les permiten, por una parte, realizar la evaluación y pronóstico de las condiciones de peligro de incendios en la vegetación para toda Cuba y por otra ha implementado el sistema brasileño “Queimadas” para la detección y monitoreo de focos de incendios activos en Cuba con el empleo de varios satélites.

Muchas de las informaciones generadas que resultaban de interés para la prevención y combate a los incendios se brindaban sistemáticamente a diferentes entidades interesadas a través del Sistema de Avisos y Alerta temprana de incendios (SAATIN) sin embargo el sector forestal no se encontraban dentro de los usuarios de dicho sistema de avisos. Este sector carecía del suministro sistemático de informaciones especializadas que les permitieran conocer a tiempo y mantenerse actualizados sobre el comportamiento de las condiciones agrometeorológicas, presentes y futuras, del peligro de incendios o la presencia de incendios activos en sus áreas, informaciones necesarias de tener en cuenta para la prevención, manejo y combate a ese flagelo.

De allí que surgiera la necesidad de concebir, desarrollar e implementar un “Sistema de Avisos y Alertas Tempranas de Incendios” dirigido, específicamente a las entidades pertenecientes al sector forestal en Cuba (SAATIN<sub>F</sub>) a través del cual se ofrecieran, oportuna y sistemáticamente, informaciones sobre el comportamiento de variables agrometeorológicas que conforman las condiciones para al surgimiento de los incendios, incluyendo pronósticos de su comportamiento e informaciones y otros datos sobre la detección temprana de incendios activos en áreas forestales con el empleo de satélites de modo que estas se constituyeran en herramientas útiles para ser utilizadas en la toma de decisiones para la prevención y combate de los incendios en todos los niveles del sector.

## **Materiales y Métodos**

Inicialmente se realizó un estudio diagnóstico que tenía como principal objetivo, conocer las condiciones técnico-materiales y de personal existentes en el INSMET y el sector forestal que facilitarían o limitarían la obtención de los resultados trazados por el proyecto.

El estudio abarcó, desde las entidades de la base hasta el nivel central de dirección del sector. Para ello se ideó una planilla de consulta donde se indagó sobre aspectos como las capacidades tecnológicas, estado de las comunicaciones, conectividad, recursos materiales y recursos humanos. Las consultas se realizaron a directivos, especialistas y técnicos vinculados a la emisión de informaciones en el INSMET y futuros receptores

de las informaciones especializadas de incendios, así como a personal relacionado directa o indirectamente con las actividades de prevención y combate a los incendios.

Para la emisión de informaciones sobre condiciones de riesgo o peligro de incendios observadas o futuras el CeMAg y los Centros Meteorológicos provinciales (CMP) emplean como fuente de datos, las informaciones meteorológicas y agrometeorológicas que como resultado de la vigilancia permanentemente sobre su comportamiento, suministra la red de estaciones meteorológicas y agrometeorológicas de superficie que opera el INSMET en todo el país y las informaciones de lluvia procedentes de la red pluviométrica informativa del Instituto de Recursos Hidráulicos.

Los pronósticos a corto y mediano plazos de variables meteorológicas como la lluvia y dirección y velocidad del viento son generados de forma automática por el CMP de Villa Clara, empleando el modelo meteorológico regional MECPT/GFS. Estos factores meteorológicos son de gran influencia en el comportamiento del fuego, su carácter cambiante los convierten en aspectos muy importantes a tener en cuenta, principalmente durante el combate de los incendios.

Las informaciones sobre riesgo y peligro de incendios a nivel nacional son generadas por varias entidades y calculadas por diferentes métodos. El CeMAg calcula el peligro de incendios empleando el Índice Agrometeorológico de Peligro de Incendios, obtenido como resultado de investigaciones desarrolladas por el propio centro. A partir este índice se generan los mapas de condiciones de peligro existentes al concluir la década y los mapas de pronóstico de peligro para el próximo mes. El diagnóstico se realiza utilizando como información primaria para el cálculo los datos obtenidos por la red de estaciones del INSMET y la red pluviométrica del INRH. Para el pronóstico de peligro a largo plazo se emplea como información básica el pronósticos climáticos emitidos por el Centro del Clima del INSMET.

El Centro Meteorológico Provincial de la provincia Villa Clara, genera para todo el país los mapas de pronóstico de riesgo de incendio a corto plazo (para el resto del día) y a mediano plazo (para los próximos 3 días) de forma automatizada, empleando como base para el cálculo los índices de peligro de Nesterov y Monte Alegre. Otros Centros Meteorológicos Provinciales, utilizando la fórmula de Nesterov, realizan diariamente de forma manual o automatizada el cálculo de peligro de incendios para sus respectivas provincias y sus resultados son incluidos en las informaciones de incendios que estos emiten.

Por su parte el INPE en Brasil, emite diariamente los mapas de riesgo de fuego para Cuba empleando su propio modelo de cálculo. El procedimiento de cálculo se realiza en dos fases, primeramente se determina un "riesgo básico" a partir del comportamiento de la lluvia y tipo de vegetación al que posteriormente se le aplican factores de corrección, referidos a la cantidad de focos de calor detectados por los satélites, la humedad relativa y temperatura del aire pronosticados por el modelo meteorológico global T213.

En todos los casos los valores de riesgo obtenidos se clasifican en clases o niveles de riesgo que suelen clasificarse como, riesgo mínimo, bajo, medio, alto y crítico.

Los incendios forestales debido a su intensa dinámica temporal y gran distribución espacial se convierte en un fenómeno que debe ser monitoreado permanentemente es por ello que el SAATIN incluyó dentro de sus informaciones la que obtiene como resultado de la vigilancia con el empleo de satélites. Con ellos se efectúa en tiempo cuasi real la detección, localización y monitoreo de focos de calor generados para Cuba por el sistema brasileño "Queimadas".

Los productos para Cuba son generados a partir de imágenes obtenidas por los satélites GOES (Mejías, Eva y Setzer, A. 2004) así como, Terra y Aqua (Mejías, E; Setzer, A. 2005). El uso del satélite GOES resulta especialmente importante dada la alta frecuencia temporal con que se obtienen las imágenes (cada 15 minutos) pero, dada la distancia a que se encuentra de la tierra (36 000 km) los incendios que detectan deben estar afectando una superficie suficientemente grande o generando una temperatura muy alta. El sensor MODIS, por su parte, posee canales especialmente diseñados para la detección de focos activos y es ampliamente utilizado en el mundo para la detección de focos de calor y la generación de productos globales de incendios.

La recepción y procesamiento de los datos obtenidos por satélites son realizadas por el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales (INPE) en Brasil. Los algoritmos de detección de los focos dentro de las imágenes, fueron desarrollados por la Universidad de Meryland, E.U, para el sensor MODIS y en el INPE por Setzer A, Yoshida M.(2004) para la detección con el satélite GOES.

La mayor parte de los productos finales generados sobre incendio en Cuba por el INSMET, el CMP de Villa Clara o en el INPE en Brasil, son divulgados en Internet en tiempo cuasi real a través de páginas webs de dichas instituciones, donde el acceso es libre. Sin embargo en el sector forestal, objeto de la nueva implementación, existen limitaciones para el acceso a Internet y una parte considerables de los futuros usuarios cuentan con este servicio.

Para los usuarios que presentan limitaciones con el acceso a Internet y tiene acceso al correo electrónico el INSMET habilitó una nueva cuenta de correo electrónico, [alerta.incendio@insmet.cu](mailto:alerta.incendio@insmet.cu) que tiene como único objetivo hacer llegar mediante esta vía las informaciones generadas por el SAATIN<sub>F</sub> a los usuarios del sector.

Esta cuenta es utilizada además, como emisora de los correos automáticos del Sistema Automatizado de E-mails con Focos de Incendio (SAEFI). Un sistema automatizado, desarrollado e implementado en el INSMET con el objetivo de hacerle llegar de manera permanente y de forma automática a los usuarios la información referente a los focos de calor detectados por los satélites Goes, Aqua y Terra. La generación automática del correo emisor se realiza cada vez que es detectado un nuevo foco, luego del acceso cada 5 minutos a un servidor de datos remoto localizado en el INPE de Brasil, que actualiza permanentemente la información para Cuba.

## Resultados

La implementación del “Sistema de Avisos y Alerta Temprana de Incendios” para el Sector Forestal, SAATIN<sub>F</sub> fue el principal resultado obtenido con lo cual se le dio cumplimiento al objetivo inicialmente trazado.

El resultado del diagnóstico fue utilizado para concebir e implementar un sistema práctico y funcional que respondiera a la demanda de información demandada por el sector forestal a partir de sus condiciones reales existente lo que le indicó al INSMET las adecuaciones que debería realizar al SAATIN para ser asimilado por los nuevos usuarios y se convirtiera en el SAATIN<sub>F</sub>.

Para lograr el resultado esperado en la implementación del SAATIN<sub>F</sub> el proceso debía estructurarse teniendo en cuenta dos componentes fundamentales, la “Componente informativa” y la “Componente de capacitación” y ambas debían interactuar y complementarse entre sí.

A través de la componente informativa se establecieron las formas y vías que garantizan la emisión sistemática y entrega operativa de las informaciones a todos los niveles y la componente de capacitación garantizó que los receptores de las informaciones pudieran asimilarla e interpretarla correctamente para que fueran revertidas en la concepción de planes para la prevención y acciones de combate de los incendios.

Igualmente el diagnóstico demostró que para lograr establece una entrega operativa y sistemática de las informaciones, a todas las entidades del sector forestal, sería necesario emplear la vía del correo electrónico, como principal forma de transmisión ya que en su inmensa mayoría los usuarios tenían garantizados los medios de cómputo y los niveles de acceso necesarios al correo para su recepción.

### **“Componente informativa”**

Los servicios especializados de incendios que brinda el INSMET son variados están diseñados para ser ofrecidos en diferentes formas y tipos de informaciones que pueden ser: avisos, boletines, pronósticos, alerta temprana, informes, etc. en los plazos que establezcan los usuarios y pueden ser rediseñados o adaptados, según necesidades y exigencias de los usuarios.

Los tipos de informaciones que quedaron establecidos para ofrecer a los usuarios del sector forestal fueron:

#### **1. “Boletín diario de incendios para áreas forestales”.**

Se confecciona solo durante los meses del período crítico a escala nacional, por el CeMAg del INSMET cuando son detectados, por los satélites, focos de calor en áreas forestales. La frecuencia de emisión es diaria y se transmiten a los usuarios por el correo electrónico [elerta.incendio@insmet.cu](mailto:elerta.incendio@insmet.cu) antes del mediodía.

En no más de 3 páginas el boletín (Fig. 1) informa sobre la cantidad y distribución de la lluvia caída en las últimas 24 horas en todo el país acompañado de su correspondiente mapa y con un breve análisis comentado de su comportamiento. Esta información es de gran utilidad para la evaluación de la posible evolución de incendios que persisten en el tiempo sin condiciones reales de poder ser combatidos con los recursos hídricos o logísticos existentes en la zona de afectación.

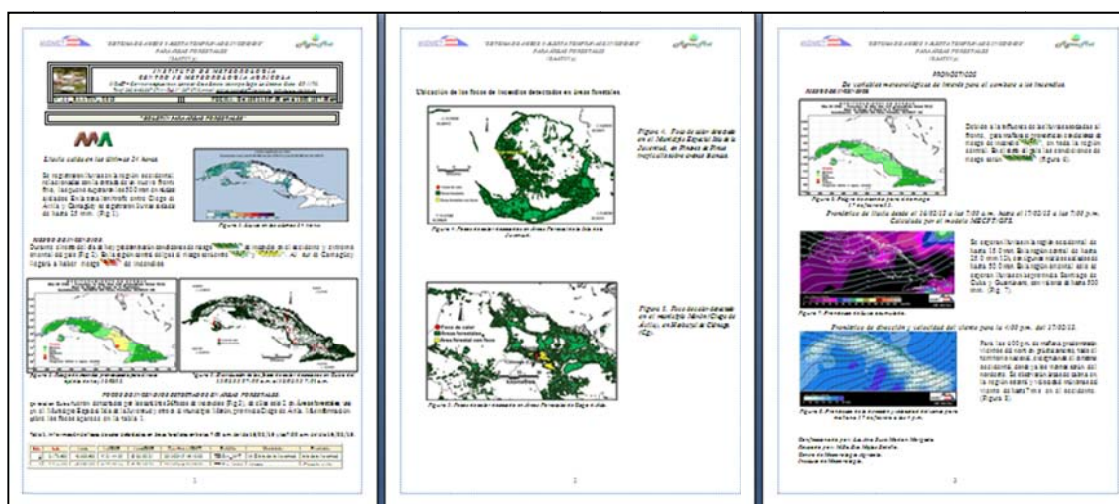


Figura 1: Boletín diario de incendios para áreas forestales correspondiente al día 16 de febrero de 2013.

Las condiciones de riego de incendios para el resto del día se suministran a través de un mapa y se acompaña de un pequeño comentario especializado. A partir de la información sobre el riesgo de incendios los encargados de adoptar acciones de prevención de incendios pueden adoptar medidas en el corto plazo al igual que los responsabilizados con el combate.

En este boletín se informa además la cantidad de focos de calor detectados por los satélites en áreas forestales con informaciones concernientes a coordenadas, fecha, hora, nombre del satélite que realizó la detección, municipio, provincia, tipo de formación forestal afectada y de ser posible la tenencia de la tierra. Esta información se acompaña de mapas donde se muestra la ubicación del foco dentro del área afectada y comentarios especializados.

Finalmente se ofrecen los pronósticos de condiciones de riesgo de incendio para las próximas 24 horas, el pronóstico de lluvia y su posible distribución así como el de dirección y velocidad del viento. Estos pronósticos constituyen informaciones altamente apreciadas y necesarias para la adopción de medidas preventivas y de enfrentamiento al fuego para el siguiente día.

Todos los Centros Meteorológicos Provinciales del país también se encuentran en condiciones de confeccionar y brindar estos boletines como forma de servicio especializado ya que cuentan con especialistas capacitados dedicados al tema de

incendios y poseen las mismas informaciones y datos sobre sus respectivas provincias con posibilidades de obtener y ofrecer mayor interacción con los usuarios a escala local.

## 2. Alerta temprana de incendios a través del SAEFI.

Durante todo el año el **SAEFI** genera y transmiten correos automáticos en tiempo cuasi real (aproximadamente 30 minutos después del pase de los satélites) cada vez que es detectado un nuevo foco de calor por los satélites en Cuba (Fig. 2). Este servicio se mantiene operativo durante todo el año y la actualización es permanente.

Mediante esta herramienta informativa es transmitida a los usuarios solo la información concerniente al área de interés expresada por este, es decir, los usuarios y tomadores de decisiones en los niveles nacionales reciben las informaciones de todo el país y el resto las informaciones de la provincia a la cual pertenecen.

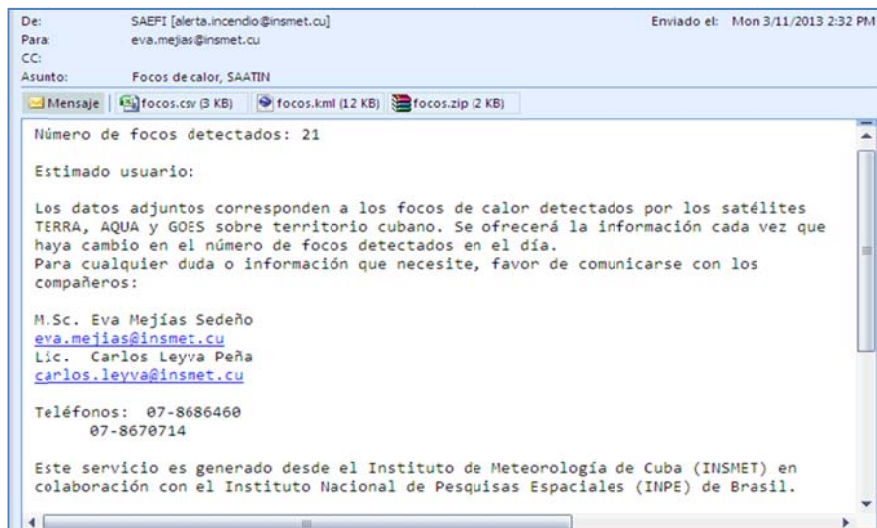


Figura 2: Correo automático SAEFI correspondiente al 11 de marzo de 2013.

Los datos de focos de calor detectados son transmitidos conteniendo los siguientes atributos: coordenadas, fecha y hora de la detección, municipio, provincia, satélite que realizó la detección y nombre de las áreas protegidas afectadas de ser detectado en alguna de estas áreas.

Al correo SAEFI se adjunta la información en tres diferentes formatos de archivo. Un archivo de datos en formato .shp, para la asimilación y visualización por los usuarios directamente en su computadora con el empleo de algún Sistema de Información Geográfica (SIG) para su visualización en el contexto donde está ocurriendo. Un segundo archivo de datos es transmitido en formato .csv el cual al abrirse por el usuario le brinda una información rápida y completa sobre los focos detectados en una tabla de Excel, incluido el nombre de las áreas protegidas afectadas, en caso de estar siendo afectada alguna de ellas.



Con más tiempo el usuario, igualmente, puede realizar la importación obtenida en este formato a un SIG para obtener una visualización espacial del fenómeno. El archivo en formato .kml, se incluye para propiciar una visualización con mayor alcance en el Google Earth de los focos de calor por los usuarios con acceso a Internet.

### 3. Informe científico-técnico especializado.

El informe científico-técnico especializado se confecciona y transmite al concluir la década. En el mismo se analiza el comportamiento de las condiciones agrometeorológicas observadas y su influencia en la conformación de condiciones propicias para el surgimiento y propagación de los incendios. Se incluyen mapas que representan la distribución espacial de variables meteorológicas de interés como la lluvia registrada y la desviación con respecto a la norma, acompañada de sus respectivos mapas de distribución, así como, el comportamiento la humedad relativa del aire y la velocidad media, máxima y mínima absoluta del viento, entre otros factores que pueden ser incluidos a solicitud del usuario.

Se informan cuáles fueron las condiciones de peligro de incendios en la vegetación observadas al concluir la década y su distribución por el territorio que representa a su vez las condiciones con que se inicia la década siguiente. A través de un gráfico muestra la dinámica de comportamiento del porcentaje de áreas en condiciones de peligro de incendios en el país y se compara con el observado en igual década del año anterior y la media de los últimos años.

Se realiza un análisis del comportamiento de la cantidad de focos detectados por los satélites en la década que concluye y su distribución por municipios y provincias mediante tablas, gráficos, mapas, etc. además se compara con el comportamiento de la década anterior.

El informe concluye con el pronóstico de las condiciones meteorológicas para la próxima década y se valora su posible influencia en la conformación de condiciones de peligro de incendios. Al concluir la tercera década de cada mes se elabora e incluye en el informe el mapa de pronóstico de peligro de incendio en la vegetación para el próximo mes.

### 4. Otros servicios especializados disponibles:

- **Pronóstico de condiciones de riesgo de incendios en la vegetación, para las próximas 48 y 72 horas.** La información se elabora por el INPE y se encuentra pública en Internet. Se puede transmitir diariamente a los usuarios que lo demanden en Cuba en las primeras horas de la mañana. Incluye los mapas de riesgo de incendios, correspondientes a los días pronosticados con comentarios especializados.

La transmisión diaria del pronóstico de riesgo a los usuarios cesa, en el período lluvioso cuando se establece de forma permanente el “riesgo mínimo” en todo el

país. Se mantiene la generación de la información y vigilancia sobre su comportamiento solo por los especialistas del INSMET, quienes evalúan las condiciones y deciden el momento en que se debe realiza algún aviso y transmisión.

- **Pronóstico de velocidad y dirección del viento, para las próximas 24 y 36 horas.**

La información es elaborada diariamente por el CMP Villa Clara y se transmite diariamente en las horas del mediodía. Incluye los mapas de dirección y velocidad del viento, correspondientes a los días pronosticados con comentarios especializados.

Generalmente los servicios de incendios se brindan priorizando los meses de enero a abril, considerado como período crítico en Cuba y su posible extensión hasta el mes de mayo.

### **“Componente de superación”**

Conocida la necesidad de desarrollar acciones de superación a través de la “Componente de superación” se diseñó una estrategia de capacitación a todos los niveles, tanto para los especialistas emisores de las informaciones en el INSMET, como para los receptores en el sector forestal que incluía al personal técnico especializado y tomador de decisiones.

Con este objetivo se planificó y ejecutó cada año un programa de actividades de superación cuyas acciones contribuyeron a dar cumplimiento a la estrategia general. Las principales acciones se centraron en la realización de seminarios-talleres. Se realizaron en total cinco seminarios-talleres regionales entre los años 2009 y 2012, los que se desarrollaron en las provincias, La Habana (2), Camagüey, Holguín y Santiago de Cuba.

La participación en los talleres de especialistas del sector forestal, el Cuerpo de Guardabosques y los Centros Meteorológicos Provinciales propició que además de adquirir conocimientos se propiciaron un intercambio de experiencias muy útil, entre los especialistas participantes.

Se realizaron además visitas técnicas, principalmente al personal del INSMET en Cuba y una en el extranjero y se participó en eventos científicos nacionales e internacionales como forma de contribuir a la superación especializada y de divulgar resultados obtenidos en Cuba en el tema de los incendios.

### **Evaluación de impacto y efectividad del sistema.**

La implementación del SAATIN<sub>F</sub> constituye en sí misma una contribución, por un lado, a la disminución de los impactos negativos que ejercen los incendios en áreas del sector forestal y por otro el impacto positivo que causa en el personal la adquisición de nuevos

conocimientos a través de la capacitación que les permita asimilar las informaciones que les llegan y utilizarlas convenientemente.

Permanentemente se fue trabajando en la evaluación del impacto de la implementación del sistema tanto en el INSMET como en el sector forestal. En el INSMET, según criterio de especialistas y técnicos, relacionados con el tema la implementación del sistema para el sector forestal ha contribuido a lograr el cumplimiento de objetivos de trabajo propuestos que establecen el incremento de los usuarios y los servicios científico-técnicos que contribuyan a salvaguardar la economía del país y a proteger el medio ambiente y la sociedad de las afectaciones de fenómenos peligrosos.

Por otra parte se ha introducido en la institución nuevos métodos para la obtención y transmisión de las informaciones con el empleo de las técnicas de la informática y las comunicaciones (TIC) que resultan novedosas para la institución.

Los criterios de los usuarios, se recibieron, mediante intercambios personales o por el propio correo alerta.incendio, innumerables mensajes de satisfacción por las informaciones que se estaban brindando y su calidad y fácil entendimiento e incluso se recibieron y se reciben actualmente nuevas solicitudes de inclusión en el sistema por parte de interesados que inicialmente no fueron incluidos en las listas de distribución.

El funcionamiento y efectividad del sistema, desde el punto de vista técnico fue evaluado durante las temporadas de incendios 2011, 2012 y 2013. El sistema se mantuvo funcionando correctamente, combinando sin dificultad la entrega de informaciones obtenidas por los sistemas meteorológicos convencionales existentes en tierra con información satelital.

Durante este período se continuaron implementando mejoras técnicas al sistema y se desarrollaron e introdujeron nuevas herramientas que contribuyeron a mejorar su efectividad, como fue, por ejemplo la creación en el INSMET de un nuevo sitio web para el manejo interno de la información de incendios por personal especializado y la vinculación de todos los Centros Meteorológicos provinciales del país a la generación de informaciones de incendios y con ello poder brindar un servicio más cercano y personalizado a los usuarios.

### **Impacto ambiental, social y económico.**

Si las informaciones que se brindan a través del SAATIN<sub>F</sub> son empleadas correctamente como herramientas para la adopción de medidas preventivas y de acción para el combate a los incendios, sin lugar a dudas el uso del sistema impactará positivamente en la economía, la sociedad y medio ambiente del país.

Conocer con tiempo las informaciones sobre los niveles de riesgo o peligro de incendios existentes y que se pronostican en una zona determinada, ofrece una magnífica oportunidad para en correspondencia, planificar y adoptar las medidas de prevención necesaria para evitar que se desencadene el fuego y con ello sus negativos impactos.

Por otro lado, conocer tempranamente sobre la presencia de focos activos de incendios en áreas forestales con toda la información asociada al foco que suministra el sistema, constituye una información vital para combatir a los incendios, principalmente en las áreas que carecen de un sistema eficiente de vigilancia en tierra.

Esta información posibilita organizar el enfrentamiento al incendio y combatirlo, antes de que alcancen grandes proporciones, con lo cual se disminuyen considerablemente las afectaciones que pudieran haber tenido de haberse propagado libremente por mucho tiempo por falta de una detección oportuna.

La reducción de los incendios evitando que se desencadenen o enfrentándolos a tiempo, por otro lado, contribuye a proteger el medio ambiente de las afectaciones que sufre directa e indirectamente la flora, la fauna, muchas veces endémicas, el suelo, etc. y además serían incorporados a la atmósfera, menor cantidad de gases de efecto invernadero y disminuiría la contaminación atmosférica en general.

Al disminuir los incendios se evita que se propaguen el humo y las emisiones de gases contaminantes tóxicos y material particulado y con ello las afectaciones por contaminación a la salud de la población que habita en zonas aledañas e incluso de áreas lejanas al lugar de origen de los incendios. Las afectaciones a la calidad de vida de las personas serían las mínimas posibles ya que podrían respirar un aire más puro. También se evitarían las muertes que se pudieran producir por inhalación de altas concentraciones de monóxido de carbono solo o en combinación con otros gases contaminantes.

El monitoreo permanente a la evolución de los incendios con el empleo de satélites permite adoptar oportunamente medidas para la evacuación de la población en caso de ser necesaria. La población experimenta una disminución de la amenaza de que sus viviendas, la infraestructura social y productiva que poseen, sean invadidas por el fuego, e incluso del peligro a sufrir afectaciones directas. También contribuiría a lograr una mayor seguridad alimentaria, al quedar más protegidos los cultivos de ser arrasados totalmente por el fuego.

Desde el punto de vista del impacto económico que tendría para el país, se conoce que la adopción y uso eficiente de un sistema de información como el SAATIN<sub>F</sub> que suministra datos e informaciones oportunas y confiables da la posibilidad de evitar pérdidas económicas mayores, a las que se producirían cuando no se adoptan medidas por desconocimiento de la situación realmente existente.

Estudios de costo-beneficio ya realizados en el CeMAG han demostrado que los costos de la implementación de un sistema de aseguramiento agrometeorológico incluyendo, suministro de información, capacitación, adquisición de equipamiento y el desarrollo de investigaciones aplicadas a este sistema, representan entre el 3 y 5% del valor en pérdidas que podría ahorrarse el país al prevenir los incendios forestales. Es decir que todas pueden ser ejecutadas y sostenidas con sólo una parte muy pequeña del beneficio que reporta la reducción de los daños causados por los incendios, los cuales el sistema puede, con eficiencia, evitar.

## **Posibles contribuciones al sector forestal**

Al sector forestal la implementación del sistema de alerta temprana de incendios en debe contribuir a:

- Disminuir las afectaciones y pérdidas que producen los incendios en sus áreas forestales, por concepto del uso de informaciones oportunamente que alertan sobre la conformación de condiciones propicias o no para el surgimiento de los incendios.
- Proteger el patrimonio forestal cubano del flagelo de los incendios mediante la adopción de las medidas de prevención correctas en los plazos oportunos, tomando en cuenta el comportamiento de las condiciones de riesgo y peligro de incendio que brinda el sistema de alerta.
- Impedir que se produzcan grandes conflagraciones en las áreas donde se inevitablemente surjan los incendios manteniéndose informados permanentemente sobre las detecciones por satélites, en los casos de no contar con sistema de detección terrestre. Esta información posibilita que disminuya considerablemente el tiempo de respuesta para el combate.

## **Estado de introducción en la práctica y su sostenibilidad.**

La introducción del sistema en la práctica se inició en el año 2011 y paulatinamente se fueron adicionando los usuarios pertenecientes al sector forestal, hasta alcanzar en enero del presente año al iniciarse de la temporada de incendios/2013 la cifra de 71 usuarios.

Entre los principales usuarios de las informaciones del SAATIN<sub>F</sub> se encuentran 6 usuarios en Empresas Estatales Forestales (EEF) 33 en Empresas Forestales Integrales (EFI) 14 del Servicio Estatal Forestal (SEF) 9 en el Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña e igual cifra en la sede central del MINAG.

Los trabajos de implementación del sistema desarrollado hasta el momento en el marco del proyecto se cumplieron y su funcionamiento es correcto mas, este período fue considerado como la etapa de prueba. Para lograr la sostenibilidad del sistema una vez concluido el proyecto, dependerá entre otras acciones de la aprobación oficial del sistema propuesto por las autoridades competentes en el MINAG, la presentación de una solicitud o demanda oficial de los servicios a la dirección del INSMET o de los Centro Meteorológicos Provinciales por parte de los interesado en recibirlo y la firma de contratos para el suministro de informaciones al sector empresarial o convenios de trabajo para el sector estatal, donde cada entidad establece sus compromisos y se establecen aspectos como las formas y tipos de servicios que necesita recibir se convenían precios, etc.

Para lograr la sostenibilidad del sistema en el INSMET se debe trabajar permanentemente en el mejoramiento tecnológico, adecuando el sistema siempre que sea necesario a los nuevos avances en el campo de la informática y las telecomunicaciones. Adecuarlo a nuevas necesidades de los usuarios o desarrollando nuevos productos, mientras resulte necesario y posible, manteniendo un intercambio

permanente con los interesados y con todos los que de una forma u otra aseguran o tributan informaciones al sistema.

## Conclusiones

1. Fue cumplido el objetivo principal trazado por el proyecto para la tarea 120-A al quedar implementado el Sistema de Avisos y Alertas Tempranas de Incendio para el Sector Forestal en Cuba (SAATIN<sub>F</sub>).
2. Las formas y frecuencias de emisión de las informaciones que se generan y transmiten por la "Componente informativa" del SAATIN<sub>F</sub>, constituyen una valiosa herramienta en manos de especialistas, directivos y técnicos del sector forestal ya que les permiten, mantenerse actualizados en tiempo y forma, sobre el comportamiento de las condiciones, presentes y futuras necesarias de tener en cuenta, para la organización oportuna de acciones de prevención y combate a los incendios forestales.
3. La "Componente de capacitación" del sistema, permitió que se apropiaran de nuevos conocimientos, tanto los emisores de las informaciones como los receptores, ofreciéndose por un lado la posibilidad de brindar a los usuarios informaciones de calidad y con elevado nivel técnico y por el otro que se lograra una mejor asimilación, adecuada interpretación y utilización de las informaciones por parte de los receptores.
4. La implementación del SAATIN<sub>F</sub> constituyó un ejemplo de cooperación integrada en un único sistema por parte de instituciones provinciales, nacionales y extranjeras que trabajaron mancomunadamente y dedicaron esfuerzo y recursos para que se materializaran las tareas previstas.

## Bibliografía

Oficina Nacional de Estadísticas (2012). a partir de la información del Cuerpo Nacional de Guardabosques

CGMI (Centro Global para el Monitoreo de los Incendios). Incendios Globales - Un Mensaje del **CGMI**. Disponible en:<http://articulo%20%201%20Goldammer%20spa.pdf>. Acceso en 2007.

IGMF. The Nature Conservancy (2004). **El Fuego, los Ecosistemas y la Gente**. Una evaluación preliminar del fuego como un tema global de conservación. Disponible en : <http://nature.org/initiatives/fire/science> . Acceso en 2007

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](http://www.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/200502_vigeomatica_barcelona_mejias&setzer.pdf)- y [http://tucupi.cptec.inpe.br/queimadas/risc\\_cuba/queimap\\_cuba.html](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.

Setzer A, Yoshida M.(2004). Detecção de Queimadas nas Imagens do Satélite Geoestacionário GOES-12 .Versão 3.4, 03/Março/2004. DSA / CPTEC / INPE.