

**TROPICO2008**  
**16 al 20 de junio de 2008**  
**La Haba, Cuba**

## **TITULO**

# **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS INCENDIOS DETECTADOS CON SATÉLITES EN CUBA, DURANTE EL PERÍODO 2004-2008**

***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](mailto: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](mailto:asetzer@cptec.inpe.br)

## **INTRODUCCIÓN**

Cada año, en el mundo se producen incendios en varios cientos de millones de hectáreas de bosques y otros tipos de vegetación (CGMI 2006) 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).

Debido a la magnitud destructiva y las grandes pérdidas económicas que provoca este fenómeno, así como sus implicaciones ambientales, constituye un problema grave motivo de preocupación de especialistas, directivos, políticas y la comunidad científica mundial.

Cuba, por sus características climáticas y composición de su vegetación, es un país sensible a la ocurrencia de incendios. Un gran número de estos siniestros ocurren cada año, en áreas de bosques, pastizales, etc. que dejan tras sí una estela de daños en su valor y utilización, así como, perjuicios importantes al medio ambiente, la economía y la sociedad. De allí que, en Cuba, los incendios rurales de grandes proporciones hayan sido tipificados como "Desastres" en la Directiva 1/2005 del Vicepresidente del Consejo de la Defensa Nacional, mediante la cual se planifica, organiza y prepara el país para el enfrentamiento a situaciones de desastres.

En este contexto de lucha contra los incendios, Cuba implementó el uso de sensores satelitales como herramienta para la detección y monitoreo del fuego. Acción acometida en el marco de la "Estrategia nacional del sistema de protección contra incendios forestales", concebida para el período 2001-2005 que contempló, entre sus acciones fundamentales el rediseño del sistema de detección de incendios y la ampliación de su cobertura para todo el territorio nacional, incorporando la **teledetección**. (Paveri M., Lama G. M., Linares L. E, Chávez B., M Díaz M.C. 2001).

La incorporación de la teledetección, resultó de un trabajo de cooperación científico-técnica, desarrollado entre el Instituto de Meteorología (INSMET) de Cuba y el Instituto Nacional de Pesquisas espaciales (INPE) de Brasil, mediante el cual se incluyó a Cuba como parte integrante del sistema “**QUEIMADAS**”, para la detección y monitoreo de incendios en la vegetación.

Con el empleo del sistema “Queimadas” se han monitoreado 5 años, durante los cuales se ha generado información útil para el análisis del fenómeno en el país. De allí que el objetivo del presente trabajo consista en realizar una evaluación del comportamiento de los incendios en Cuba, durante el período 2004-2008, a partir de datos de “focos de calor” detectados por satélites sobre el territorio cubano.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El sistema, comenzó a generar informaciones para Cuba, a partir del mes de marzo de 2004, inicialmente con el satélite GOES-12, sensor I-M Imager (Mejías y Setzer, 2004) al que posteriormente se adicionaron las detecciones con los satélites TERRA/AQUA, sensor MODIS con los cuales se garantiza mayor exactitud de geolocalización, frecuencia temporal elevada y cobertura espacial para todo el país (Mejías y Setzer, 2005).

Se utilizaron informaciones de focos de calor detectados por el satélite GOES-12 desde el 3 de marzo de 2004 y hasta el 4 de marzo de 2007, información GOES-10 a partir del 10 de abril de 2007 hasta la actualidad y a partir de julio de 2005 se incorporan al análisis, las informaciones generadas por el sensor MODIS.

Se considera foco de calor, al píxel (elemento de resolución espacial mínimo de la imagen) que presenta un comportamiento acorde con los parámetros establecidos para la detección de fuegos en los algoritmos empleados.

Considerando que un foco de calor indica la existencia de fuego en un píxel, cuyas dimensiones varían desde 1 hasta 4 km, según el satélite, un foco de calor (que en este caso significa un píxel de incendio) puede indicar tanto un solo incendio pequeño como uno muy grande o varios pequeños focos en su interior.

Para la detección de focos de calor a partir de las imágenes del satélite GOES se utiliza el algoritmo multiespectral “Queimada” desarrollado por Setzer W. A. y Yoshida C. M (2004). Dada la distancia a que se encuentra este satélite, la sensibilidad del sensor, para la identificación de fuego es menor que la de los satélites de órbita polar, que circundan la tierra a menores alturas.

Inicialmente para la detección de fuegos activos empleando los satélites TERRA y AQUA, sensor MODIS, se empleó el **algoritmo** determinado por Setzer (2003). Actualmente las detecciones son realizadas por la Universidad de Meryland, en los E.U.

Las recepción de las imágenes, decodificación, preprocesamiento, detección y análisis de los focos de calor, son realizadas por el INPE que además se encarga de transmitirlos permanentemente, en tiempo real, hacia el Instituto de Meteorología en Cuba, donde son archivados y constituyen la serie de datos de incendios partir de la cual se realizó el presente estudio.

Se procesaron estadísticamente miles de datos de focos de incendios y se realizaron análisis del comportamiento diario, mensual y anual de los fuegos. Se generaron tablas y gráficos que ayudan a interpretar mejor el comportamiento de las variables estudiadas.

## RESULTADOS

### SATÉLITES GOES.

#### *Cantidad de focos detectados.*

En la tabla 1 se puede observar la cantidad de focos de calor detectado, por meses, por el satélite GOES, durante el período 2004-2008. En general marzo se caracterizó por ser el mes con la mayor cantidad de focos. Destacándose el mes de marzo de 2005 con 2369 focos detectados. Presentaron, también, cifras significativas de focos los meses de abril y mayo, los que a pesar de tener datos faltantes por interrupción de la detección con GOES-12, sobrepasan en el período los 2000 y 1000 focos respectivamente.

Tabla 1: Cantidad de focos de calor detectados por meses y totales anuales con el satélite GOES.

Años	MESES												Total anual
	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
2004	/	/	1240	/	251	70	2	24	20	14	24	38	1683
2005	226	712	2369	2115	711	/	4	0	0	0	2	1	6140
2006	30	103	277	173	101	0	0	0	0	0	0	0	684
2007	31	95	6*	/	/	0**	0	0	0	0	0	0	132
2008	5	4	8	0	4								21
Total mensual	292	914	3900	2288	1068	70	6	24	20	14	26	39	8660

\*Interrupción de la detección con GOES-12.

\*\* Inicio de las detecciones con GOES-10.

En la figura 1a aparece la cantidad de focos de calor detectados, por meses, en cada año del período. En el mismo se aprecia que la mayor cantidad de focos de incendios se registraron en los primeros cinco meses del año, en el período de enero a mayo.

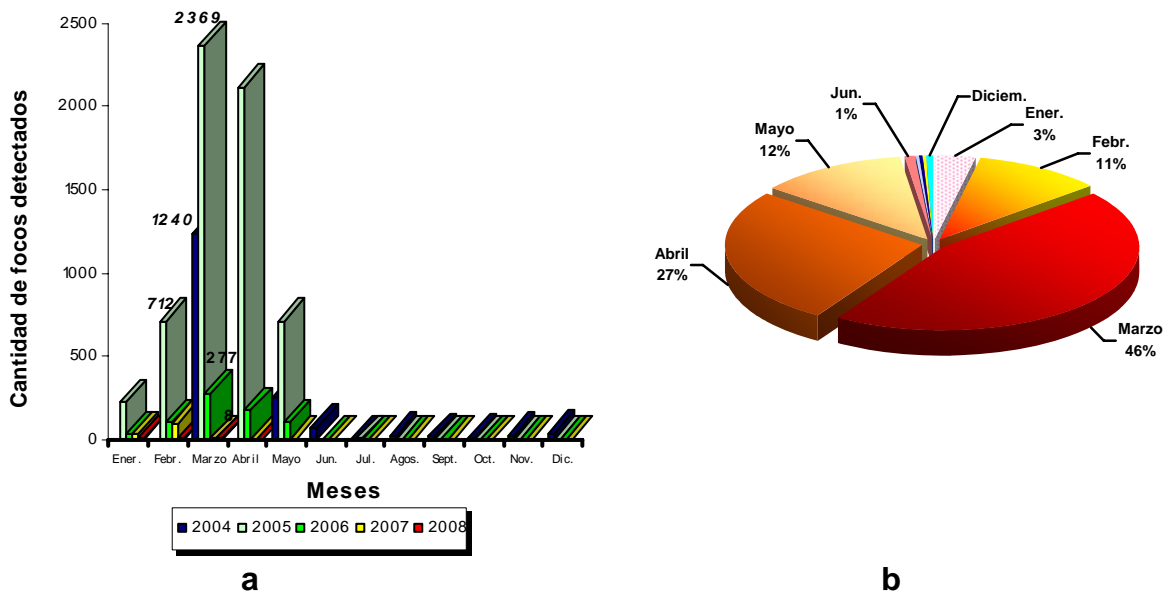


Figura 1: Cantidad de focos de calor detectados, por meses, cada año (a) y porcentajes del total de focos detectados en el período (b).

En la figura 1b se presentan los porcentajes de focos detectados por meses, los mayores porcentajes se observaron en los meses de marzo y abril, con el 46% y 27% respectivamente del total de focos registrados. El porcentaje de focos en los meses de febrero y mayo no superaron el 12% y entre los meses de junio-diciembre y enero no superan el 3%.

En total entre los años 2004 y 2008 fueron detectados por GOES 8660 focos de calor. El año con mayor cantidad de focos resultó ser el 2005 con 6140 focos.

### **Máxima cantidad de focos en un día.**

La tabla 2 muestra la cantidad máxima de focos detectados en un día, por meses y el día de ocurrencia. Aparecen además el día de mayor cantidad de focos detectados en el año y en el período 04/08, con sus respectivas fechas. Como se puede observar en la tabla la máxima cantidad de focos registrada en un día, fue de 292 focos, detectados el 30 de abril de 2005, el que resultó ser también el día con mayor cantidad de focos de incendios en el período.

Tabla 2: Máxima cantidad de focos de calor detectados en un día del mes, del año y el período, detectados por GOES.

Años	Enero	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos.	Sept.	Oct.	Nov	Dic	Max al Año
2004	/	/	106	/	33	15	2	15	7	5	7	8	106
<i>Día</i>	/	/	10	/	15	2	3	18	26	22	4	17	10/abr.
2005	26	63	247	292	119	/	1	0	0	0	2	1	<b>292</b>
<i>Día</i>	24	24	26	30	3	/	16,22, 23,25	-	-	-	26	14	30/abr.
2006	7	31	30	22	29	0	0	0	0	0	0	0	31
<i>Día</i>	17	26	19	20	6 y 7	-	-	-	-	-	-	-	26/feb.
2007	7	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<i>Día</i>	24	26	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26/feb.
2008	1	2	3	0	0	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Día</i>	14,15	5	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17/mar.
<b>Máx</b>	<u>26</u>	<u>63</u>	<u>247</u>	<u>292</u>	<u>119</u>	<u>15</u>	<u>2</u>	<u>15</u>	<u>7</u>	<u>5</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	30/abr/05

en períod.													
Día	24/2005	24/05	26/05	30/05	3/05	15/2004	3/04	18//04	15//04	22/04	7/04	1/04	

En la figura 2a se muestra el comportamiento del máximo valor de focos detectados en un día, por meses, donde se puede apreciar que, entre los meses de enero-abril, del año 2005 se registró siempre la máxima cantidad de focos en un día y que durante los meses de junio a diciembre este valor se observó, invariablemente, en el año 2004.

En la figura 2b se observan los valores máximos de focos en un día, pudiéndose apreciar que, los valores más altos se observaron durante los cinco primeros meses del año y pueden llegar a sobrepasar los 200 focos en los meses de marzo y abril. En el resto del año la mayor cantidad de focos en un día no superó los 15 focos.

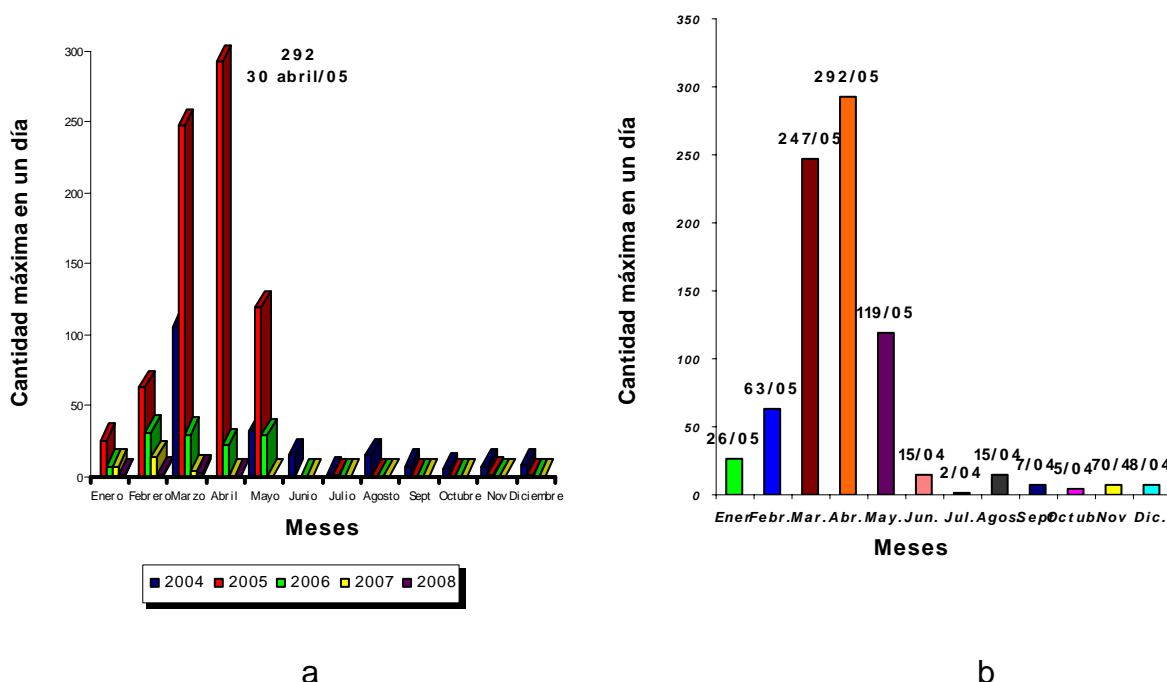


Figura 2: Máxima cantidad de focos de calor detectados en un día, por meses (a) y en un día por meses del período de años analizado (b).

### Cantidad de días con focos de incendios

En la tabla 3 se puede apreciar la cantidad de días con focos de incendios, por meses, la cantidad de días con focos al año y el porcentaje que representa del total de días del año. Según la tabla, durante los 5 primeros meses del año se detectaron focos, como mínimo en 2 días del mes. Fue especialmente drástico el año 2005 donde el mes de enero presentó 23 días con focos y los meses de febrero, marzo y abril, registraron focos todos los días.

Durante el segundo semestre del año generalmente la cantidad de días con focos de calor no sobrepasan los 15 días y es el período del año en que se pueden observar días sin focos incluso meses sin focos, como agosto, septiembre y octubre, de 2005 y todo el segundo semestre de 2006. En los años 2004 y 2007 se registró al menos, un días con focos, en cada mes del año.

Tabla 3: Cantidad de días con focos de incendios por meses, al año y porcentaje.

Años	Ene.	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.	Oct.	Nov	Dic.	Al año	%
2004	/	/	27	/	27	16	1	6	4	6	11	12	110	30
2005	23	28	31	30	20	/	4	0	0	0	1	1	138	38
2006	9	18	26	25	11	0	0	0	0	0	0	0	89	24
2007	6	6	7	4	5	3	4	3	3	3	4	4	52	14
2008	6	6	6	4	2								24	6
Máx por meses	23	28	31	30	27	16	4	6	4	6	11	12	411	-
Año	2005	2005	2005	2005	2004	2004	2005, 2007	2004	2004	2004	2004	2004		

En la figura 3a se representan los valores máximos de días con incendios por meses, (Tabla 3) donde se refleja que, aunque durante todo el año se registran focos, la época de mayor incidencia es la comprendida entre los meses de febrero a mayo.

En general, durante los cinco años estudiados, el año con mayor cantidad de días con incendios fue el 2005 (Tabla 3), con un total de 138 días, los que representan el 38% del total de días del año, seguido del 2004 con 110 días, los que representan el 30%, a pesar de no haberse realizado detecciones en enero, febrero y abril. (Fig. 3b).

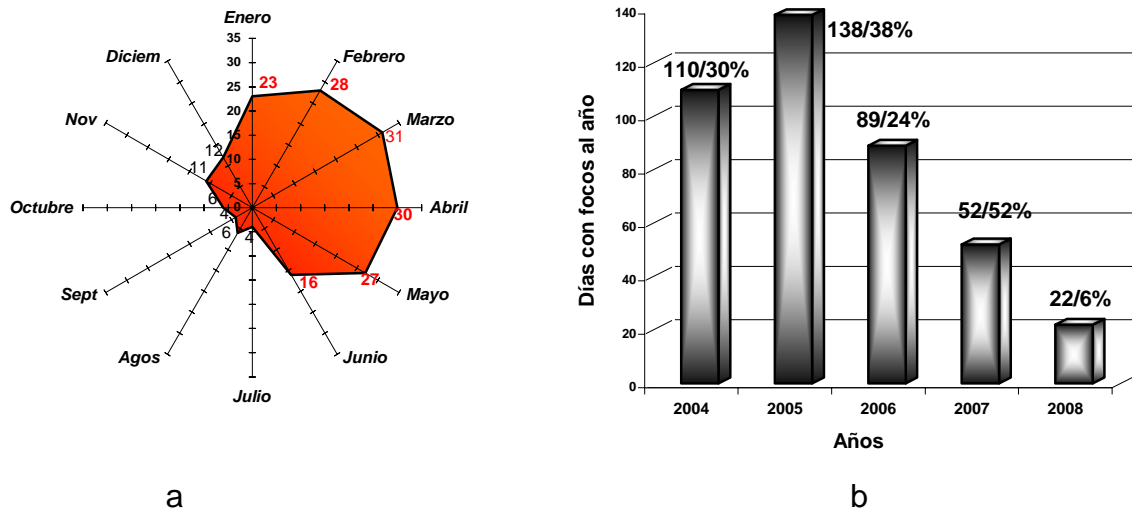


Figura 3: Máxima cantidad de días con incendios por meses (a) y porcentaje del total de días del año (b)

## SATÉLITES TERRA/AQUA, SENSOR MODIS

### **Cantidad de focos detectados.**

En la tabla 4 se puede observar la cantidad de focos de calor detectado por el sensor MODIS, durante los años 2005-2008. En la misma se puede observar que es intensa la actividad de fuego durante los primeros 5 meses del año. Con el inicio del año comienza un aumento paulatino de la cantidad de focos detectados con este sensor llegando a alcanzar los 1885 focos en el mes de abril del período comprendido entre los años 2005-2008. En mayo, aunque comienza una disminución de los focos, estos superaron los 1000. A partir de junio y hasta diciembre la disminución de la cantidad de focos es considerable, no llegando a superar los 20 focos en un mes.

Tabla 4: Cantidad de focos de calor detectados por meses y totales anuales por el sensor MODIS.

Años	Ene.	Feb.	Marz.	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total al año
2005	/	/	/	/	/	/	6*	19	0	0	2	3	30
2006	13	126	<b>800</b>	<b>811</b>	535	2	9	9	2	0	5	8	<b>2320</b>
2007	83	239	506	<b>853</b>	169	1	8	9	9	1	3	10	1891
2008	112	316	505	221	309								1102
T/periodo	208	681	1811	<b>1885</b>	1013	3	23	37	11	1	10	21	5704

\* Inicio detección Modis

Son de destacar los meses de marzo y abril de 2006 así como abril de 2007, como los más activos, durante los cuales la cantidad de focos detectados superaron los 800 focos.

En total en el período fueron detectados 5704 focos de calor por Modis. El año con mayor cantidad de focos resultó ser el 2006 con 2320 focos.

En la figura 4a aparece la cantidad de focos de calor detectados, por meses, en cada año del período. En el mismo se aprecia como la mayor cantidad de focos de incendios se concentra en los primeros cinco meses del año, período enero-mayo. En la figura 4b se presentan los porcentajes de focos detectados con respecto total de focos registrados en el período. Por meses, los mayores porcentajes se concentran en marzo y abril, con el 35% y 34% respectivamente. El porcentaje de focos en los meses de febrero y mayo fue del 13% y entre los meses de junio-diciembre y enero no superan el 4%.

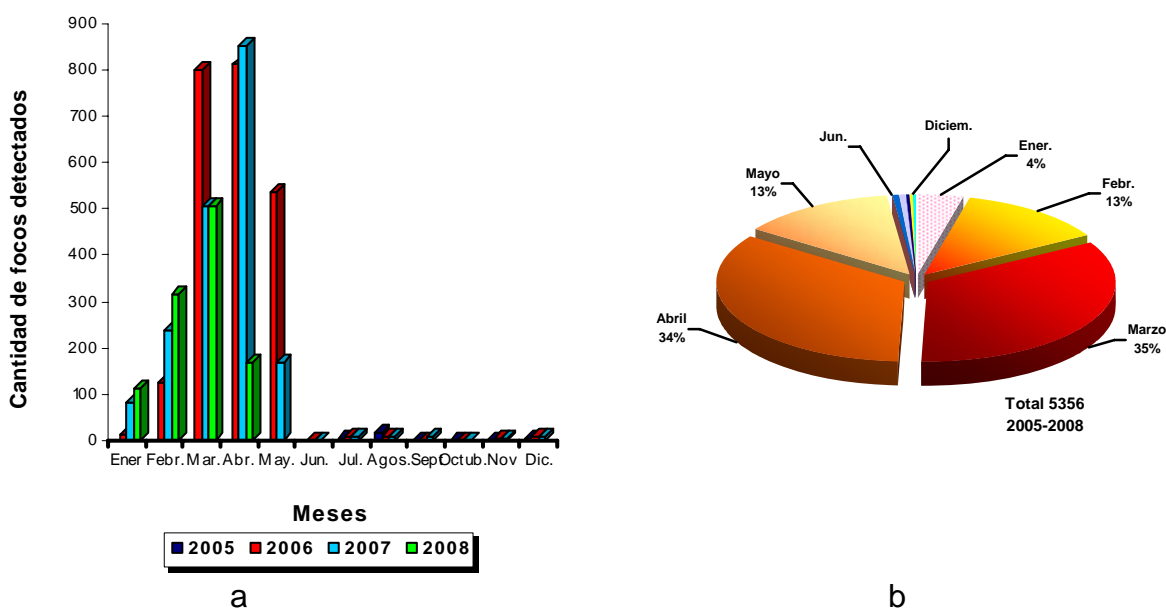


Figura 4: Cantidad de focos de calor detectados, por meses, cada año (a) y porcentajes del total de focos detectados en el período (b).

**Máxima cantidad de focos en un día.**

En la tabla 5 aparece la cantidad máxima de focos detectados en un día, por meses y el día de ocurrencia, se incluye además el día de mayor cantidad de focos detectados en el año y en el período 05/08. Como se puede apreciar en la tabla la máxima cantidad de focos registrada en un día fue de 145 focos, detectados el 21 de

abril de 2006, el que resultó ser también el día con mayor cantidad de focos de incendios en el período de años analizado.

Tabla 5: Máxima cantidad de focos de calor detectados en un día del mes, del año y el período, detectados por el sensor MODIS.

Años	Ener	Febr.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sept	Octub.	Nov	Dic.	Máx año
2005	/	/	/	/	/	/	4*	7	0	0	1	2	7
2006	1	19	87	145	112	1	9	5	2	0	23,30	14	4/agos. <b>145</b>
2007	28	25	22	21	7	4 y 28	23	18	7	30	2	28	21/abr. <b>138</b>
2008	13	33	43	138	25	1	4	3	3	1	1	4	1/abr. <b>132</b>
	25	21	25	1	12	20	10	6	2	23	6,16,29	15	132
	26	45	132	30	3								18/mar.
	28	6	18	19	2								
Máx periodo	26	45	132	<b>145</b>	112	1	9	7	3	1	2	4	145
Año	28/2008	6/08	18/08	21/06	7/06	2006, 2007	23/06	4/05	2/07	23/07	30/06	15/07	21/abr/06

\* Inicio detección Modis.

En la figura 5a se muestra el comportamiento del máximo valor de focos detectados en un día, por meses, donde se puede apreciar que, hasta el momento, la máxima cantidad de focos, en un día, en los meses de enero-marzo, se registró en el presente año 2008, con valores de 26, 45 y 132 focos. Los meses de abril y mayo presentaron la mayor cantidad de focos en un día, en el año 2006 con 145 y 112 focos respectivamente. Siendo el valor de 145 focos registrados el 21 de abril de 2006, el mayor de todo el período analizado. Durante los meses de junio a diciembre el valor máximo osciló entre 1 y 9 este último registrado en julio de 2006.

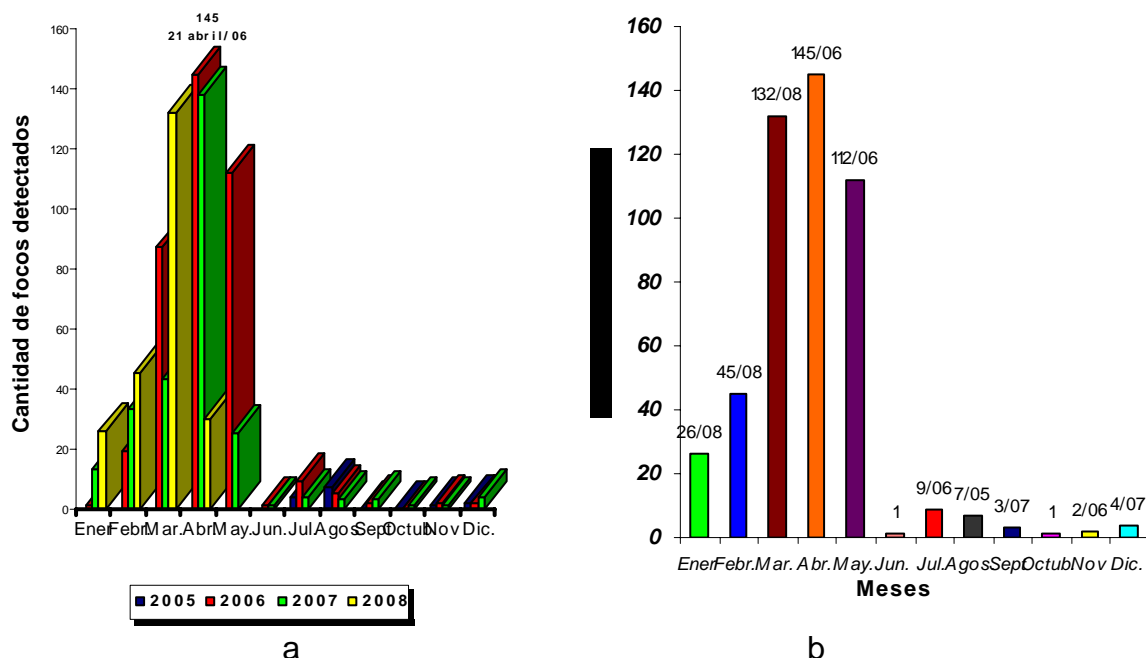


Figura 5: Máxima cantidad de focos de calor detectados en un día, por meses (a) y en un día por meses, del período de años analizado (b).

En la figura 5b se pueden apreciar los valores máximos de focos en un día por meses, pudiéndose apreciar que, los valores más altos se observaron durante los cinco primeros meses del año y llegaron a sobrepasar los 100 focos en los meses de



marzo, abril y mayo. En el resto del año la mayor cantidad de focos en un día no superó los 10 focos.

### Cantidad de días con focos de incendios

En la tabla 6 se puede apreciar la cantidad de **días** con focos de incendios por meses, la cantidad de días con focos al año y el porcentaje que representa del total de días del año. Según esta tabla, durante el primer semestre del año se pudieron observar, generalmente, entre 15 y 30 días con focos de incendios, siendo especialmente drásticos los meses de febrero, con más de 23 días con focos todos los años y los meses de marzo y abril que se caracterizaron por registrar focos casi la totalidad de los días del mes.

Durante el segundo semestre del año, generalmente, la cantidad de días con focos de calor no sobrepasó los 10 días y se pueden observar días sin focos, incluso meses, como septiembre y octubre de 2005 y octubre de 2006. En el año 2007 se registró, al menos un día con foco, durante todos los meses.

Tabla 6: Cantidad de días con focos de incendios por meses, total anual y el porcentaje que representa de días del año

Años	Ene.	Febr.	Marz.	Abril	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov	Dic.	Al año	%
2005	/	/	/	/	/	/	3	7	0	0	2	2	14	4
2006	13	23	30	30	21	2	1	4	1	0	4	7	136	37
2007	16	26	29	30	16	1	4	5	6	1	3	4	141	39
2008	15	27	28	21	2								93	25
Máx por meses	16	27	30	30	21	2	4	7	6	1	4	7	382	-
Año	2007	2008	2006	2006	2006	2006	2005	2006	2007	2007	2006	2006		

En la figura 6a se representan los máximos valores de días con incendios, por meses, lo cual permitió definir que la época comprendida entre los meses de febrero a mayo fue la de mayor incidencia de incendios del año.

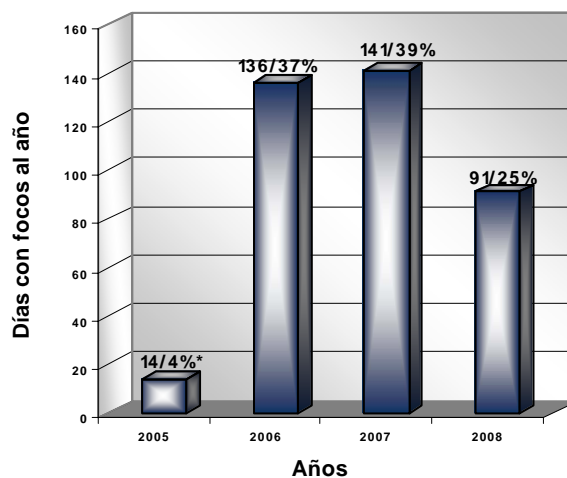
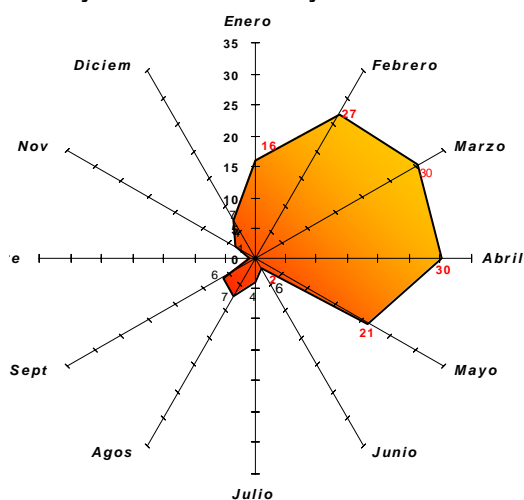


Figura 6: Máxima cantidad de días con incendios por meses (a) y porcentaje del total de días del año (b)

En general, durante los cuatro años estudiados, el año con mayor cantidad de días con incendios fue el 2007 (Tabla 6), con un total de con 141 días, los que representan el 39% del total de días del año, seguido del año 2006 con 136 días que representan el 37% (Fig. 6b).

## CONCLUSIONES

Desde el año 2004 en que comenzó a operar el sistema “Queimadas” para Cuba y hasta la actualidad, esta no ha dejado de ser vigilada ni un día por los satélites con el objetivo de detectar incendios.

Durante los cinco años estudiados se generó abundante información, útil para el análisis del comportamiento del fenómeno en el país, las que han posibilitado dejar demostrado que:

- Se observó una alta incidencia del fenómeno en el país al ser detectados miles de focos de incendios. Con los satélites Goes 12 y 10 un total de 8660 focos (2004-mayo de 2008) y con Modis 5704 focos (2005-mayo de 2008).
- Se pudieron detectar focos de incendios en todos los meses del año, cuya cantidad comienza a aumentar paulatinamente a partir de diciembre y a disminuir a partir del mes de junio, siendo los meses de marzo y abril los más críticos por representar los mayores porcentajes de focos detectados, con respecto al total anual.
- Durante los meses más críticos, se llegar a observar focos de incendios en el total de los días del mes y la cantidad de focos de incendios, puede llegar a superar los 200 focos, en un día (292 el 30 de abril de 2005).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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

Setzer, W.A (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](http://www.cptec.inpe.br/products/queimadas/documentos/relat_goes.htm) [consulta: julio de 2006].