

## Comportamiento temporal de los focos de calor detectados por satélites en la provincia de Cienfuegos

### Temporary behavior of hot spot detected by satellites in the province of Cienfuegos



<http://open.to/a/CmUu4>

Sinaí Barcia-Sardiñas✉, Marilin Fontes-Leandro, Endris Yoel Viera-González

Centro Meteorológico Provincial, Cienfuegos, Cuba

**RESUMEN:** El empleo de la percepción remota satelital cada día se convierte en una herramienta importante en la lucha contra incendios. Desde el 2012 el Centro Meteorológico de Cienfuegos implementa el Sistema de Aviso y Alerta Temprana de Incendios en la Vegetación, a través del cual se realiza la vigilancia de focos de calor a través del sistema brasileño “*Queimadas*” además del cálculo de índices de peligro de incendios en la vegetación para alertar de condiciones favorables para la ocurrencia de estos siniestros en la provincia. Este trabajo tiene como objetivo principal estudiar el comportamiento temporal de los focos de calor detectados en la provincia de Cienfuegos. Para ello se realizó una búsqueda en la base de datos de la página web “*Queimadas*” del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales de Brasil en el periodo 2001-2016. Los resultados mostraron la presencia de focos de calor en todos los meses de los años analizados reportándose el mayor número en el periodo poco lluvioso (noviembre-abril) y siendo marzo el mes con mayor frecuencia. Se demuestra la relación directa entre el comportamiento de las lluvias y el reporte de focos de calor en el territorio provincial.

**Palabras clave:** focos de calor, precipitaciones, incendio, satélite

**ABSTRACT:** The use of satellite remote sensing every day becomes an important tool in firefighting. Since 2012, the Meteorological Center of Cienfuegos has implemented the Early Warning System for Fire in Vegetation, through which the monitoring of hot spots through the Brazilian system “*Queimadas*” is carried out, in addition to the calculation of danger indices of fires in the vegetation to warn of favorable conditions for the occurrence of these incidents in the province. The main objective of this work is to study the temporal behavior of hot spots detected in the province of Cienfuegos. For this purpose, was used the database of the web page “*Queimadas*” of the National Institute of Spatial Research of Brazil in the period 2001-2016. The results showed the presence of hot spots in all the months of the analyzed years, reporting the highest number in the dry season (November-April) and March was the month with the highest frequency. The direct relationship between the behavior of the rains and the report of hot spots in the provincial territory is demonstrated.

**Key words:** hot spot, precipitation, fire, satellite

✉ Autor para correspondencia: Sinaí Barcia-Sardiñas. E-mail: [sinai@cfg.insmet.cu](mailto:sinai@cfg.insmet.cu)

Recibido: 20/7/2017

Aceptado: 20/6/2018

## INTRODUCCIÓN

Los incendios en la vegetación son unos de los procesos que rigen los ecosistemas naturales en muchas regiones del mundo donde, durante la estación seca o durante los años secos en las regiones húmedas, la vegetación se vuelve fácilmente inflamable. La Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (CLD) reconoce que las zonas de clima subhúmedo seco o semiárido son especialmente proclives a sufrir grandes incendios forestales. En cambio, las zonas más áridas no permiten la continuidad de la vegetación, lo que dificulta la propagación y extensión de los incendios. Las actividades humanas en zonas densamente pobladas son a menudo la causa de incendios y constituyen uno de los principales impulsores de los procesos de desertificación.

El papel del fuego en la vegetación es ambivalente. En algunos ecosistemas, los incendios son esenciales para mantener la dinámica de los ecosistemas, la biodiversidad y la productividad. Su utilización con fines agrícolas data de decenas de miles de años, para eliminar especies que se consideran nocivas, regenerar pastos, facilitar labores y evitar daños. Sin embargo, cada año, los incendios destruyen millones de hectáreas de bosques y otros tipos de vegetación, provocando la pérdida de muchas vidas humanas y animales y causando un inmenso daño económico, tanto en términos de recursos destruidos como en costos de la extinción. También hay impactos en la sociedad y en el medio ambiente, por ejemplo, daños a la salud humana por el humo, la pérdida de la diversidad biológica, la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero, los daños a los valores recreativos y otros.

En Cuba con una superficie cubierta de bosques de 3178.8 mil ha ([ONEI, 2015](#)), al igual que en el resto del mundo, los incendios forestales constituyen un fenómeno que ejerce una influencia negativa en la deforestación, la degradación de los suelos y la pérdida de la

diversidad biológica, entre otros. En el caso de la provincia Cienfuegos la superficie boscosa representa el 16.4 % del área total ([ONEI, 2015](#)) y durante el 2015 aproximadamente 50 ha de bosques naturales y plantaciones forestales se dañaron, debido a los incendios, con mayor afectación en los municipios de Cumanayagua, Abreus y Palmira, ([Perlavisión, 2016](#)).

El empleo de la percepción remota satelital cada día se convierte en una herramienta importante en la lucha contra incendios, ya que proporciona información en tiempo real a los equipos encargados en su extinción. Hasta el momento, las metodologías más empleadas en teledetección para la detección y monitoreo del fuego, así como para evaluar los impactos de los incendios se han basado en la información que brindan los focos de calor activos detectados por sensores con bandas en el infrarrojo medio (3 a 5  $\mu\text{m}$ ), ([Chuvieco \(2009\)](#)).

El foco o punto de calor (*hot spot*) es la expresión que generalmente se utiliza para referirse a un incendio potencial. Es decir, la presencia de un incendio asegura que en el mapa de focos aparecerá un punto indicador (siempre y cuando no haya nubes sobre la región). Sin embargo, que en el mapa de focos aparezca un punto indicador no significa que en ese lugar haya un incendio. En este último caso, las altas temperaturas del terreno detectadas (anómalas respecto de las temperaturas de la superficie del entorno de dicho punto) sólo están representando que puede haber o habrá en el corto plazo de horas un incendio, ([Rodríguez \(2012\)](#)).

Los sensores más empleados en esta tarea han sido el NOAA-AVHRR, el ERS-ATSR y el MODIS a bordo de los satélites Terra-Aqua. El primero es el que cuenta con una mayor tradición, ya que está operativo desde 1979 y aunque no se diseñó con este propósito, se ha empleado para detección de focos activos en zonas tropicales y boreales ([Kennedy et al., 1994](#); [Langaas, 1992](#); [Pinnock y Grégoire, 1999](#)), proporcionando imágenes diarias a 1 km<sup>2</sup> de resolución espacial.

El ATSR es un sensor instalado en los satélites de la agencia espacial europea (ESA) desde 1991 y actualmente trabaja una versión mejorada a bordo de satélite Envisat. El mismo ofrece una resolución temporal de dos días a 1 km<sup>2</sup> de resolución espacial. Esa misma resolución espacial tiene el sensor MODIS, a bordo de los satélites Terra y Aqua de la NASA. En este caso se incluyeron bandas específicamente para detección de incendios, con mucha mejor sensibilidad térmica, lo que ha permitido reducir sensiblemente los errores de detección ([Giglio et al., 2003](#); [Justice et al., 2002](#)). El MODIS se utiliza operativamente para transmitir información de incendios activos en tiempo real, siendo de especial utilidad en aquellos países que no tienen información de detecciones terrestres. La órbita del satélite Terra va a través del Ecuador de norte a sur, en la mañana; y Aqua pasa sobre el Ecuador de sur a norte, en la tarde; resultando en una cobertura global cada 1 a 2 días y una frecuencia de imágenes de al menos 2 por día.

Una alternativa a estos sensores de órbita polar es emplear la segunda generación de satélites geoestacionarios, que ofrecen mucho mejor resolución temporal, aunque peor resolución espacial que los de órbita polar. Por ejemplo el GOES realiza un pase cada 15 minutos, o sea que tiene una alta frecuencia temporal o de revisitas a la zona muestreada, pero se encuentra situado a una distancia de 36 000 km por lo que la señal que recibe de los incendios es débil, incendios de poca intensidad pueden ser no detectados. La ventaja de su alta frecuencia temporal permite detectar incendios entre los pases de los satélites Terra y Aqua que tengan la intensidad suficiente como para ser detectados por él.

Cuba utiliza con efectividad un sistema de vigilancia y pronósticos agro-meteorológicos para prevenir incendios de la vegetación en zonas rurales, procedimientos que incluyen, el acceso vía internet al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales de Brasil (INPE) donde se obtiene la información preliminar (focos de calor) de un posible incendio en áreas rurales de

nuestro país. Este instituto monitorea la ocurrencia de estos desastres en nuestra área geográfica fruto de la cooperación entre Cuba y Brasil.

Desde el 2012 el Centro Meteorológico de Cienfuegos implementa el Sistema de Aviso y Alerta Temprana de Incendios en la Vegetación, a través del cual se realiza la vigilancia de focos de calor a través del sistema brasileño “Queimadas”, así como se calculan índices de peligro de incendios en la vegetación para alertar de condiciones favorables para la ocurrencia de estos siniestros en la provincia. En la actualidad se cuenta con una importante base de datos sobre los focos de calor así como de incendios en la vegetación las cuales no han sido introducidas en la investigación científica sobre esta temática y que su estudio pudiera arrojar importantes resultados que contribuyan a la prevención y combate más efectivo de estos fenómenos en la provincia Cienfuegos.

El presente trabajo formó parte del Proyecto Nacional “Estudio y evaluación del comportamiento de focos de calor detectados por satélites en Cuba. Automatización de procesos para el Sistema de Avisos (SAATIN)”. El mismo tiene como objetivo: analizar y evaluar el comportamiento temporal de los focos de calor detectados por los satélites en la provincia de Cienfuegos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caracterización de la provincia Cienfuegos

La provincia de Cienfuegos se ubica en el centro sur de Cuba. Limita al norte con las provincias de Matanzas y Villa Clara, al este con esta última y Sancti Spíritus, al oeste con Matanzas y al sur con el Mar Caribe. Está dividida en ocho administraciones con iguales intereses políticos correspondiéndose con sus municipios y cuenta con una extensión territorial de 4188.61km<sup>2</sup>, que representa aproximadamente el 4.0% de la superficie total del país, ([DPPF, 2015](#)).

De acuerdo al estimado de población realizado por la ONEI en el 2015, Cienfuegos

cuenta con 405823 habitantes, para una densidad de 96.9 hab/km<sup>2</sup>. Su economía es agro-industrial.

En la provincia existen 14 ríos que conforman las principales cuencas hidrográficas, en las que se destacan Damují, Arimao, Caunao y Hanábana.

En Cienfuegos el clima es tropical estacionalmente húmedo, modificado por la influencia marítima. La temperatura promedio anual es de 24.7 °C y el promedio anual de precipitaciones es de 1424 mm. Los vientos predominantes son los Alisios del nordeste, con gran influencia de los Sures y la Brisa marina (Barcia, 2005).

### Materiales y Bases de Datos

Se utilizó la base de datos de focos de calor del INPE en el período 2001-2016. La misma e obtuvo a partir de las informaciones existentes en el banco de datos SIG-Quemas referentes a Cuba que se encuentran disponibles en la página Web “BD Queimadas”: <https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas/>.

### Metodología utilizada

Se realizó un estudio estadístico-descriptivo de los focos de calor detectados por satélites

meteorológicos en el período 2001-2016 en la provincia Cienfuegos, realizando un análisis temporal (mensual, decenal, estacional y anual) del comportamiento de los mismos.

Se determinó la relación entre la cantidad de focos de calor con el comportamiento de las precipitaciones en la provincia.

Las tablas de datos y gráficos se realizaron en Microsoft Excel mientras que los análisis estadísticos se realizaron utilizando el SPSS 17.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Comportamiento temporal de los focos de calor en la provincia Cienfuegos

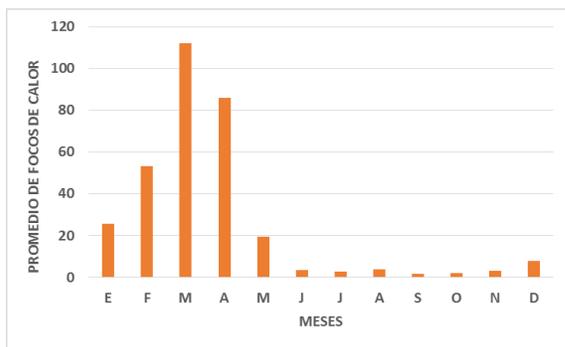
El comportamiento de la ocurrencia de focos de calor detectados por los satélites meteorológicos desde el año 2001 al 2016 en la provincia de Cienfuegos, mostró resultados muy elocuentes, pues en este período fueron detectados 5016 focos de calor en la provincia, indicando un promedio anual de 314 focos. El 91% de los focos que se detectaron en el año corresponden con el período poco lluvioso del año (noviembre-abril) indicando la estacionalidad de su comportamiento y la gran relación que guardan estos con el comportamiento de las lluvias, [Tabla 1](#).

**Tabla 1.** Parámetros estadísticos asociados a la cantidad de focos de calor detectados por satélites meteorológicos en la provincia Cienfuegos. Período 2001-2016.

	Total	Media	Mediana	S	CV	Asimetría	Curtosis	Mínimo	Máximo	Año del Máximo
<b>ENE</b>	411	26	20.0	18.2	0.7	0.6	-0.9856	1	60	2004
<b>FEB</b>	853	53	52.5	36.3	0.7	0.6	-0.4931	10	129	2005
<b>MAR</b>	1794	112	101.0	56.8	0.5	0.1	-1.0279	19	213	2005
<b>ABR</b>	1377	86	59.0	73.0	0.8	2.4	6.21585	26	314	2009
<b>MAY</b>	293	20	13.0	18.8	1.0	1.6	1.81558	1	65	2006
<b>JUN</b>	33	4	3.0	3.2	0.9	1.7	3.6	1	11	2004
<b>JUL</b>	26	3	1.5	2.2	0.9	1.2	-0.0869	1	7	2015
<b>AGO</b>	53	4	3.5	2.8	0.7	0.9	0.29806	1	10	2009
<b>SEP</b>	14	2	1.0	1.2	0.7	1.4	0.6205	1	4	2011
<b>OCT</b>	17	2	2.0	1.2	0.6	0.9	-0.7058	1	4	2015-2016
<b>NOV</b>	42	3	2.0	2.8	0.9	1.4	1.75935	1	10	2003
<b>DIC</b>	103	8	5.0	9.4	1.2	2.3	5.7023	1	35	2016
<b>AÑO</b>	<b>5016</b>	<b>314</b>	<b>288.5</b>	<b>156.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.7</b>	<b>0.15967</b>	<b>80</b>	<b>665</b>	<b>2009</b>
<b>Período Lluvioso</b>	436	27	23.0	19.3	0.7	1.2	0.97082	7	71	<b>2009</b>
<b>Período Seco</b>	4580	286	260.5	143.8	0.5	0.7	-0.0961	70	594	<b>2008-2009</b>

El análisis por meses mostró que en Cienfuegos se registraron puntos calientes en todos meses del año identificándose como período de mayor detección los meses entre enero y mayo, donde ocurrieron el 95 % del total anual, [Figura 1](#). Dentro de este, el bimestre marzo-abril presentó los mayores valores así como la mayor desviación estándar, coincidiendo con los meses finales del período estacional poco lluvioso. En este bimestre se registran los menores valores de humedad relativa, la mayor insolación y pueden ocurrir temperaturas diurnas muy altas con valores por encima de los 30°C. Como es lógico también coincide con la temporada de mayor cantidad de incendios en la vegetación en el país.

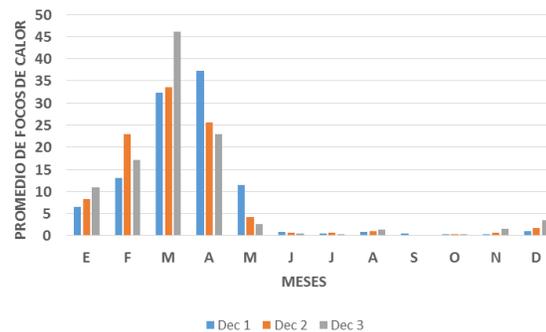
El máximo anual se presentó en el mes de marzo con un promedio que supera los 100 focos de calor y el mínimo ocurrió en los meses de septiembre y octubre, [Figura 1](#), últimos meses del período lluvioso del año y que presentó los valores más altos de la humedad relativa.



**Figura 1.** Promedio mensual de focos de calor en la provincia Cienfuegos. Período 2001-2016.

La década, espacio de tiempo constituido por un período de diez días, es en la actividad agrometeorológica la principal frecuencia o plazo de tiempo a partir del cual se generan todos los servicios científicos técnicos estatales o convenidos entre los cuales se incluye el servicio especializado de incendios que se brinda a diferentes organismos, [Mejías \(2009\)](#). En la [Figura 2](#) se puede ver como a partir de la primera década del mes de enero empiezan a

augmentar gradualmente los registros de focos de calor en la provincia Cienfuegos hasta alcanzar el máximo en la tercera década del marzo con un promedio de 46 focos. A partir de esta última comienza una disminución sistemática que se hace casi imperceptible a partir de la tercera década de junio manteniendo los niveles de detección muy bajos en el resto de las décadas del año con promedios inferiores a 5 focos.



**Figura 2.** Promedio decadal de focos de calor en la provincia Cienfuegos. Período 2001-2016

La cantidad de días con focos es un indicador de comportamiento de los incendios, necesario a tener en cuenta por un país, para conocer el grado de exposición a que se encuentra con respecto al fenómeno de los incendios y otra información importante a tener en cuenta para la planificación de los recursos y las fuerzas que se utilizan en el combate a los incendios.

El comportamiento de los días con focos de calor tiene una gran correspondencia con la cantidad de focos por meses y por años. Como se observa en la [Tabla 2](#) y [Figura 3](#) el mes de marzo es el que reporta un mayor número de días con focos de calor seguido por Abril ambos con más de la mitad del mes con presencia de este fenómeno.

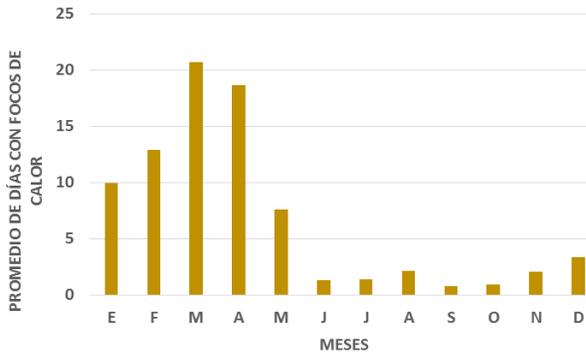
El 2004 fue el año que más días con focos de calor reportó destacándose los meses de febrero, marzo y abril con más de 20 días cada uno, [Tabla 3](#). También se destacan los años 2009, 2015 y 2011 con más de 100 días al año con reportes de focos de calor.

**Tabla 2.** Días con focos de calor. Provincia Cienfuegos. Período 2001-2016

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Max	Año
<b>ENE</b>	6	8	4	16	16	1	13	16	9	10	10	9	12	9	17	3	<b>17</b>	<b>2015</b>
<b>FEB</b>	6	5	18	21	19	8	17	7	19	11	16	10	12	12	19	6	<b>21</b>	<b>2004</b>
<b>MAR</b>	18	6	19	27	24	24	24	17	27	20	21	22	23	16	28	15	<b>28</b>	<b>2015</b>
<b>ABR</b>	15	8	16	26	22	25	13	15	20	19	23	21	17	15	21	22	<b>26</b>	<b>2004</b>
<b>MAY</b>	0	3	1	11	7	15	10	7	15	12	13	3	4	8	2	11	<b>15</b>	<b>2006-2009</b>
<b>JUN</b>	1	0	0	8	0	0	1	1	0	1	0	0	2	3	2	2	<b>8</b>	<b>2004</b>
<b>JUL</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	4	1	1	1	5	5	<b>5</b>	<b>2015-2016</b>
<b>AGO</b>	1	4	2	3	1	0	3	0	6	2	1	1	2	2	6	1	<b>6</b>	<b>2009-2015</b>
<b>SEP</b>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	4	1	0	0	3	1	<b>4</b>	<b>2011</b>
<b>OCT</b>	0	1	2	1	0	0	0	1	2	0	0	1	0	0	4	3	<b>4</b>	<b>2015</b>
<b>NOV</b>	1	0	6	3	4	0	1	0	1	1	4	1	1	4	5	2	<b>6</b>	<b>2003</b>
<b>DIC</b>	1	2	1	4	1	0	0	0	6	3	4	5	2	8	4	13	<b>13</b>	<b>2016</b>
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>38</b>	<b>69</b>	<b>120</b>	<b>94</b>	<b>74</b>	<b>83</b>	<b>65</b>	<b>108</b>	<b>81</b>	<b>100</b>	<b>75</b>	<b>76</b>	<b>78</b>	<b>116</b>	<b>84</b>	<b>120</b>	<b>2004</b>

**Tabla 3.** Máxima cantidad de focos de calor en un día. Provincia Cienfuegos. Período 2001-2016

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Max	Fecha
<b>ENE</b>	5	3	5	19	10	1	4	7	9	15	3	4	2	4	10	2	19	26-ene-04
<b>FEB</b>	5	3	10	12	19	5	9	4	23	21	14	9	11	5	15	7	23	17-feb-09
<b>MAR</b>	11	7	10	17	22	15	27	19	16	18	27	13	17	12	34	6	34	15-mar-15
<b>ABR</b>	10	5	6	19	12	29	19	8	75	9	8	13	13	11	16	8	75	24-abr-09
<b>MAY</b>	0	1	1	5	3	15	7	4	14	5	10	3	3	3	3	2	15	02-may-06
<b>JUN</b>	1	0	0	2	0	0	3	1	0	1	0	0	4	1	3	2	4	14-jun-13
<b>JUL</b>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	1	2	1	2	13-jul-11 8-Jul-15 14-jul-15
<b>AGO</b>	5	2	3	1	1	0	2	0	3	1	1	1	7	1	1	1	7	14-ago-13
<b>SEP</b>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	2	0	0	1	1	2	08-sep-12
<b>OCT</b>	0	1	1	2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	2	2	22-oct-04 13-oct-16
<b>NOV</b>	2	0	3	1	2	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	3	25-nov-03
<b>DIC</b>	1	2	2	2	1	0	0	0	3	1	3	3	1	5	5	7	7	25-dic-16
<b>Max</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>19</b>	<b>75</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>34</b>	<b>8</b>	<b>75</b>	24-abr-09
<b>Fecha</b>	25-mar	16-mar	16-feb 16-mar	08-abr	03-mar	21-abr	27-mar	18-mar	24-abr	11-feb	27-mar	31-mar 25-abr	09-mar	26-mar	15-mar	18-abr		



**Figura 3.** Promedio de días con focos de calor por meses. Provincia Cienfuegos. Período 2001-2016

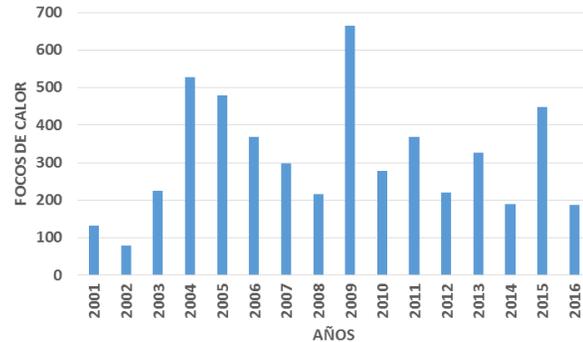
La [Tabla 3](#) muestra la mayor cantidad de focos que se detectaron en un solo día por cada uno de los meses del año y en todo el período de estudio. Como se puede observar la mayor cantidad de focos registrada en un solo día, osciló entre 1 y 75 focos, este último correspondió al día 24 de abril de 2009. Le siguieron en importancia, el 15 de marzo de 2015 con 34 focos detectados, el 21 de abril de 2006 con 29 y el día 27 de marzo de 2007 con 27 focos.

Muchas son las causas que pueden influir en la variación del comportamiento de la cantidad de focos que puedan ser detectados entre un año y otro. Según [Mejías \(2009\)](#) estas pueden estar asociadas con el comportamiento de factores que condicionan o inciden en su surgimiento, como son: las condiciones meteorológicas, la acción antrópica, intensidad del incendio, condiciones en el momento del pase del satélite, cantidad de satélites que realizan el monitoreo, problemas operacionales con el satélite, etc.

El análisis interanual en la provincia Cienfuegos mostró que en el período estudiado el año 2009 fue el de mayor reporte con un total de 665 focos de calor, seguido por los años 2005, 2004 y 2015, con valores por encima de los 400 focos, [Figura 4](#).

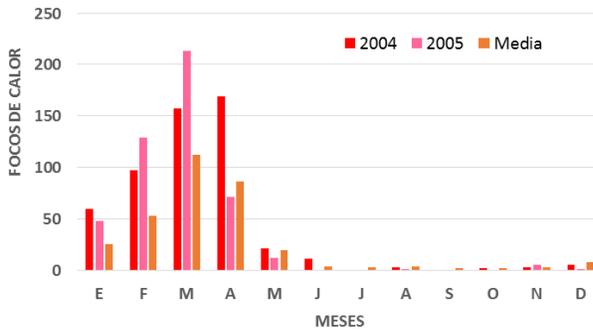
El comportamiento antes descrito está muy relacionado con los principales procesos de sequía meteorológica que han afectado a la provincia en este período. Está comprobado que

cuanto más largo sea el período seco más puede descender la humedad del combustible forestal. El peligro de ignición crecerá a medida que se prolonga la sequía, ya que los combustibles ligeros, en los que se inicia el fuego, tendrán cada vez menor contenido de humedad, ([Vélez, 1995](#)).



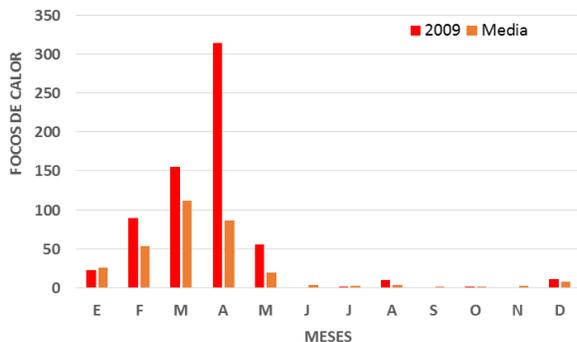
**Figura 4.** Comportamiento anual de focos de calor en la provincia Cienfuegos

En el período 2003-2005 el país estuvo afectado por una intensa y extensa sequía meteorológica que en la provincia Cienfuegos tuvo su período más crítico en el año hidrológico mayo/04-abril/05, aunque vale destacar que desde noviembre del 2003 ya se presentaban déficits de precipitación notables en la provincia. Este comportamiento en las precipitaciones se evidenció en la marcha mensual de los focos de calor en el período de enero- abril del 2004 y el 2005, superando ampliamente los valores medios, [Figura 5](#). En el 2004 se observa un aumento gradual de los focos de calor desde inicio del año, alcanzando el máximo en el bimestre marzo-abril. Por su parte en el año 2005 se observa un comportamiento similar, aunque los máximos se presentan en el bimestre febrero-marzo presentándose una disminución relativa en el mes de abril. El aumento notable en el mes de febrero está relacionado con las escasas precipitaciones en los meses de diciembre (2 mm), enero (5 mm) y febrero (1 mm) en los que prácticamente no llovió en la provincia, ([Boletines climáticos de la Provincia Cienfuegos 2004 y 2005](#)).



**Figura 5.** Comportamiento de los focos de calor en los años 2004 y 2005 en la provincia Cienfuegos

Los escasos registros de precipitaciones en el 1er trimestre del año 2009 tuvieron una gran influencia en el ascenso gradual de la cantidad de focos de calor detectados desde enero alcanzando el máximo en el mes de abril, [Figura 6](#). En este último mes la mayor cantidad de puntos calientes fue reportada en las dos primeras decenas con valores por encima de los 100.

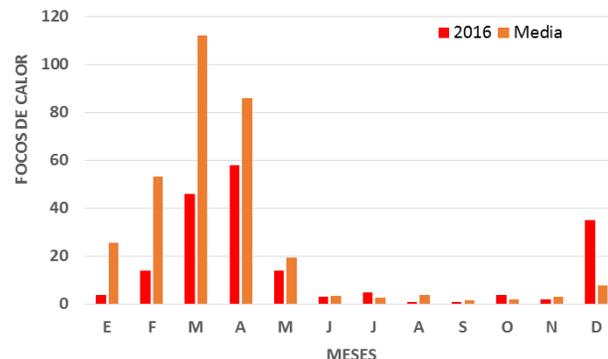


**Figura 6.** Comportamiento de los focos de calor en el año 2009 en la provincia Cienfuegos

Por su parte los años 2002, 2001 y 2016 fueron donde menos se apreciaron la detección de focos de calor, [Figura 4](#). En algunos casos estos registros también guardan una estrecha relación con el comportamiento de las lluvias en los meses del período poco lluvioso. Por ejemplo, la temporada de incendios del 2016 estuvo precedida de un trimestre noviembre/15-diciembre/15-enero/16 más lluvioso de lo normal en la provincia Cienfuegos. Esta situación estuvo debida a la influencia del evento El Niño-Oscilación del Sur que tuvo su

mayor desarrollo en estos meses y fue clasificado como un evento Fuerte. Como resultado en la provincia se reportaron lluvias y valores de humedad relativa muy por encima de los registros históricos. Esta situación no favoreció las condiciones propicias para la aparición de focos de calor ni la ocurrencia de incendios, en los meses de enero a mayo se reportaron valores muy por debajo del promedio, [Figura 7](#).

Por su parte en diciembre del 2016 se observó, [Figura 7](#), un aumento notable en la cantidad de focos de calor detectados en la provincia con respecto a sus valores medios, asociado a la disminución notable de la actividad de precipitaciones desde el mes de octubre en la provincia Cienfuegos y la intensificación del proceso de sequía meteorológica que había iniciado en el 2014. A partir de este mes el déficit de lluvias en el territorio se acrecentó y permaneció durante todo el período poco lluvioso hasta el mes de abril de 2017.



**Figura 7.** Comportamiento de los focos de calor en el año 2016 en la provincia Cienfuegos

El 2001 y 2002, los años de menor reporte de focos de calor en la provincia pudiera estar relacionado con varias causas, una de ellas el poco número de satélites meteorológicos de los cuales se tiene registros. En estos años, los primeros de la serie de estudio, solo se tiene registros de 3 satélites meteorológicos, los cuales se consideran pocos si se compara con el resto de los años en que predominan de 5 a 6, como el caso del 2010 en que hubo reportes provenientes de 7 satélites, [Tabla 4](#).

**Tabla 4.** Satélites meteorológicos que reportaron focos de calor en el período 2001-2016

Satélite	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
AQUA_M-M				X	X		X		X	X	X	X	X		X	X
AQUA_M-T		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AQUA-MEX									X	X						
ATSR	X		X	X	X	X	X	X			X					
GOES-12						X	X			X	X	X	X			
GOES-13												X	X	X	X	X
TERRA_M-M	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TERRA_M-T	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TERRA-MEX									X	X						

En el caso del 2001 también se le sumó el hecho de que en el mes de diciembre del 2000, antecesor de la temporada de incendio, se presentaron lluvias por encima de la norma en el territorio provincial (468 %) ([Boletín Climático de la Provincia Cienfuegos Diciembre 2000](#)), lo cual pudo haber tenido una influencia positiva en la humedad de los suelos y del material combustible en las plantas disminuyendo las condiciones favorables para la ocurrencia de incendios en los meses continuos.

La influencia de la sequía meteorológica y agrícola en combinación con bajos valores de humedad del aire y altas temperaturas son factores que favorecen los incendios en la vegetación. Hasta el momento se ha evidenciado la relación que presenta la cantidad de focos de calor detectados por satélites meteorológicos en la provincia Cienfuegos y el comportamiento de las precipitaciones lo cual queda demostrado en los datos que se muestran en la [Tabla 5](#). En la misma se puede apreciar la alta relación

estadística que existe entre la cantidad de focos de calor mensual y el comportamiento de las precipitaciones en la provincia Cienfuegos.

Los valores más significativos se lograron con las variables independientes: acumulado de lluvia mensual y el porcentaje de precipitación con respecto a la norma en períodos de 2 y 3 meses antes. Esto indica la influencia que tiene el comportamiento de las lluvias en los meses precedentes indicativo de acumulación o intensificación de condiciones secas o húmedas en el territorio favoreciendo o no condiciones para la ocurrencia de incendios en la vegetación.

Los resultados obtenidos hasta el momento en este estudio, con respecto al comportamiento temporal de los focos de calor detectados por satélites meteorológicos en la provincia Cienfuegos, se corresponden con los obtenidos en el estudio realizado por [Oharriz et al. 1990](#) para el quinquenio 1981-1985, con datos de incendios procedentes del sistema de detección visual implementado en Cuba (utilizando torres

**Tabla 5.** Coeficiente de correlación entre la cantidad mensual de focos de calor y el comportamiento de las precipitaciones en la provincia Cienfuegos.

	Acumulado de lluvia mensual	Porcentaje de precipitación mensual con respecto a la norma	Porcentaje de precipitación con respecto a la norma (mes anterior)	Porcentaje de precipitación con respecto a la norma (bimestre anterior)	Porcentaje de precipitación con respecto a la norma (trimestre anterior)
<b>Focos Calor</b>	-,405**	-,251**	-,253**	-,371**	-,366**

\*\* . Correlación significativa  $\alpha=0.01$

de observación) y por el realizado por [Mejías \(2009\)](#) para Cuba en el quinquenio 2004-2008. En estos dos trabajos se establece que el período comprendido de enero a mayo se corresponde que con la mayor ocurrencia de incendios así como la mayor detección de focos de calor por vía satelital.

### CONCLUSIONES

A partir de datos obtenidos por los satélites meteorológicos del sistema QUEIMADAS fue posible una caracterización del comportamiento temporal de los focos de calor en la provincia a partir de datos de satélites.

En el período del 2001-2016 fueron detectados por los satélites meteorológicos en la provincia Cienfuegos 5016 focos de calor lo que representa un promedio anual de 314 focos. La marcha anual demostró la gran relación que guardan los focos de calor con el comportamiento de las precipitaciones en la provincia presentándose el 87 % de los mismos en el período estacional poco lluvioso (noviembre-abril).

Los años de mayores reportes de focos de calor en la provincia están muy relacionados con los principales procesos de sequía meteorológica que han afectado al territorio lo cual fue evidenciado por la alta correlación estadística entre estos y el comportamiento de las lluvias en la provincia.

La implementación del sistema de detección y vigilancia de incendios forestales con el empleo de la percepción remota satelital, aunque no impide que los incendios surjan, sí contribuye a disminuir significativamente los impactos negativos que ocasionan hoy en día los incendios a la economía, la sociedad y el medio ambiente.

### REFERENCIAS

Barcia S. 2005. Tendencia de los patrones de circulación y su influencia en las precipitaciones en Cienfuegos en el bimestre mayo-junio. Tesis en opción al grado de Master en Ciencias Meteorológicas. Instituto Superior de Tecnología y Ciencias

Aplicadas. 87 p.  
Barcia, S., Fontes, M., Viera, E. y Caballero, E. 2017. Cierre de Campaña de Incendios en la Vegetación 2017. Provincia Cienfuegos. Presentación Power Point. (Inédito) 18 p.  
Boletines Climáticos Mensuales de la provincia Cienfuegos. 2000, 2004, 2005, 2009 y 2016.  
Chuvieco, E. 2009. Detección y análisis de incendios forestales desde satélites de teledetección. *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat.* Vol. 103, N° 1, pp 173-181.  
DPPF. 2015. Plan General de Ordenamiento Urbano de la Ciudad de Cienfuegos 2014 – 2025. Cienfuegos. 247p.  
Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O. y Kaufman, Y. J. (2003): An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87: 273-282.  
Justice, C. O., Townshend, J. R. G., Vermote, E. F., Masuoka, E., Wolfe, R. E., Saleous, N., Roy, D. P. y Morissette, J. T. 2002. An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, 83: 3-15.  
Kennedy, P. J., Belward, A. S. y Grégoire, J. M. 1994. An improved approach to fire monitoring in West Africa using AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, 15: 2235-2255.  
Langaas, S. (1992): Temporal and spatial distribution of Savanna fires in Senegal and the Gambia, West Africa, 1989-90, derived from multi-temporal AVHRR night images. *International Journal of Wildland Fire*, 2: 21-36.  
Mejías, E., Vásquez, R., Labastida, L., Sánchez L. y Stable, Y. 2009. Estudio del comportamiento temporal y espacial de la ocurrencia de incendios en la vegetación a partir de datos generados por el satélite GOES para Cuba. Informe Científico Técnico Proyecto No. 4092: Estudio de la ocurrencia de incendios en la vegetación y su relación con el comportamiento de las condiciones agrometeorológicas en Cuba. INSMET, La Habana, Cuba. 44 p.

- Oharriz O, Valdés, C. y Llorente E. B. 1990. Estadística de los incendios forestales en Cuba durante el período 1981-1985. Centro de Información y Documentación Agropecuario (CIDA). La Habana. Cuba.
- ONEI 2015. Anuario Estadístico de Cuba 2014. Edición 2015. En: <http://www.onei.cu/aec2014/00%20Anuario%20Estadistico%202014.pdf> (Consulta: 8 de noviembre del 2016).
- Perlavisión 2016. Incendios forestales provocan pérdidas en Cienfuegos. Disponible en internet: <http://www.perlavision.cu/incendios-forestales-provocan-perdidas-en-cienfuegos/> Fecha de consulta 10/11/2016.
- Pinnock, S. y Grégoire, J. M. (Eds.) 1999. World Fire Web: A Global Fire Observation System, Conference on Remote Sensing and Forest Monitoring, Luxembourg, Publications of the European Communities.
- Rodríguez, 2012. Cartografía multitemporal de quemas e incendios forestales en Bolivia: Detección y validación post-incendio. *Ecología en Bolivia* 47(1): 53-71, Abril 2012. ISSN 1605-2528.
- Vallejo. R y Valdecanto, A. 2008. Los incendios forestales. Lucinda Project. Serie de Folletos-B Número 2. p. 10.
- Vélez, R 1995. El peligro de incendios forestales derivado de la sequía. Cuaderno S.E.C.F; n°2, Octubre 1995, pp. 99-109.

**NOTA:** Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo de se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)