

USO DEL DESEMPEÑO DE LOS INDICES DE PELIGRO DE INCENDIO COMO HERRAMIENTA PARA EL PRONÓSTICO DE OCURENCIAS

Autores: Yulian Carrasco Rodríguez¹, Marcos Pedro Ramos Rodríguez², Antonio Carlos Batista³, Carlos Alberto Miranda Sierra⁴, Jesus María Cabrera Reina⁵

¹Universidad de Pinar del Río, Calle Martí 270 Final, Pinar del Río, Cuba, yulianc@upr.edu.cu

²Universidad Estatal del Sur de Manabí, E482 Jipijapa, Ecuador, marcos.ramos@unesum.edu.ec

³Universidad Federal de Paraná, Calle Lothário Meisner 900, Jardim Botânico 8231 0-010, Curitiba, Paraná, Brasil, batistaufpr@ufpr.br

⁴Cuerpo de Guardabosques Provincial, CGB Pinar del Río, Km 104 Carretera Centra, Pinar del Río, Cuba pinar@cgb.rem.cu

⁵Centro Meteorológico Provincial, CITMA Pinar del Río, Colón # 106, entre Maceo y. Virtudes, Pinar del Río, Cuba calberto@pri.insmet.cu

RESUMEN

Una de las herramientas utilizadas para la evaluación del peligro de incendio son los índices de peligro, permitiendo la reducción de las cuantiosas pérdidas ocasionadas por los mismos. La provincia Pinar del Río es en Cuba la primera en cuanto a ocurrencia de incendios. Esta investigación tiene como objetivo demostrar el uso e importancia del desempeño de los índices *Nesterov*, *FMA* (Fórmula de Monte Alegre), *FMA*⁺ (Fórmula de Monte Alegre Modificada) y (*FPR*) Fórmula de Pinar del Río para la provincia Pinar del Río como herramienta de ayuda en el proceso de toma de decisiones. Se utilizó la base de datos meteorológicos y de los incendios ocurridos en la provincia y se determinó el desempeño de los índices de peligro mediante el *skill score* y el porcentaje de éxito. El índice *FPR* presentó el menor valor de *skill score* no obstante mostro el valor más alto de porcentaje de éxito y el mejor comportamiento de la distribución de los grados de peligro lo cual demuestra de forma global que es el de mejor desempeño en comparación con el resto de los índices evaluados. Se demostró que la utilización de este índice contribuye a una mejor planificación y reducción de los costos de combate de los incendios forestales en la provincia de Pinar del Río.

Palabras claves: desempeño, índice de peligro, incendios forestales

INTRODUCCIÓN

Los valores de determinadas variables meteorológicas, en particular la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura del punto de rocío, el viento y la precipitación constituyen un condicionante básico de la variabilidad temporal del peligro de ocurrencia de incendios forestales en una zona determinada, por el efecto inmediato de estas variables sobre la humedad de los combustibles vegetales muertos, en especial los finos de menor diámetro, que es donde se inician normalmente los incendios y que se adaptan casi instantáneamente a las condiciones atmosféricas.

En Cuba, al igual que en el resto del mundo, el fuego ha sido y es utilizado por los agricultores como una herramienta eficaz y económica para eliminar residuos de cosechas, limpiar terrenos y renovar los pastos. Si bien los fuegos forman parte de las características normales de varios ecosistemas en el mundo, resulta uno de los principales siniestros que atentan contra el desarrollo de las áreas forestales (Domínguez *et al.*, 2008).

Acorde con los datos ofrecidos por la Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI), durante los años (2006– 2016) la provincia de Pinar del Río se mantiene como la primera en cuanto a incendios ocurridos y la segunda en áreas afectadas. Esta situación indica la importancia que tiene tratar de reducir, tanto el número de incendios, como las superficies por ellos afectadas ONEI (2017).

Pereira *et al.*, (2011), plantean que, dentro de las medidas preventivas existentes, el uso de un índice de peligro de incendio forestal confiable es un factor clave para la planificación más eficiente de medidas de prevención y la adopción de acciones rápidas y eficaces en las actividades de combate contra los incendios forestales, con el objetivo de reducir las pérdidas y en consecuencia los daños financieros y ambiental provocado por estos eventos catastróficos.

Los índices de peligro de incendio son números que reflejan anticipadamente la probabilidad de ocurrencia de un incendio, así como la facilidad de propagarse del mismo, en base a las condiciones atmosféricas del día o de una secuencia de días (Soares, 1985, Soares y Batista 2007, Ramos *et al.*, (2012) citados por Carrasco *et al.*, (2017).

La importancia de este trabajo se relaciona con las características propias de la provincia Pinar del Río la cual tiene una gran cantidad de patrimonio forestal y una alta frecuencia de ocurrencia de incendios. Por tal razón la utilización del desempeño de los índices de peligro de incendios como herramienta confiable para la mitigación de los daños ocasionados por tales siniestros contribuiría a la disminución de grandes pérdidas económicas ocasionadas por eventos de esta naturaleza en la provincia Pinar del Río.

OBJETIVO

El objetivo de esta investigación es el uso del desempeño de los índices de peligro de incendio Nesterov, Fórmula Monte Alegre (*FMA*), Fórmula Monte Alegre modificada (*FMA*⁺) y Fórmula de Pinar del Río (*FPR*) para la provincia Pinar del Río durante la ocurrencia de un incendio de grandes proporciones en el municipio de Guane.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación ha sido desarrollada en la provincia Pinar del Río específicamente en el circuito “Macurijes” perteneciente a la Empresa Agroforestal Macurijes siendo esta la región más occidental de la isla de Cuba Figura 1. Tiene una superficie total de 8 883,74 km² (888 374 ha) clasificándose como la cuarta más grande de Cuba y está ubicada entre los 21°52' de latitud norte y los 84°57' de longitud oeste, según Comisión Nacional de Nombres Geográficos (2000), citado por (ONEI, 2016). De acuerdo con lo declarado por el Servicio Estatal Forestal (SEF) al cierre del año 2016, la provincia contaba con una superficie territorial sin aguas interiores de 860 101 ha y de ellas 410 238,1 ha estaban cubiertas de bosques la cual representa el 49 % del área cubierta por bosques, constituye así la provincia con mayor superficie boscosa.

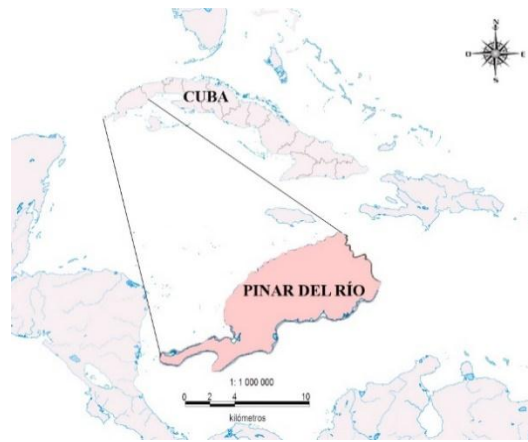


Figura 1. Ubicación de la provincia Pinar del Río

Para el desarrollo de este estudio fueron utilizados datos de diez días antes y diez días después al cinco de marzo del 2018 utilizando una serie total de datos 20 días.

Los datos sobre ocurrencia de incendios fueron obtenidos en la Oficina del Cuerpo de Guardabosques en Pinar del Río. La serie de datos meteorológicos utilizados para el trabajo fueron extraídos de la base de datos del Centro Meteorológico Provincial de Pinar del Río, perteneciente al Instituto de Meteorología de la República de Cuba (INSMET) del cual se utilizaron los correspondientes a la estación meteorológica “Isabel Rubio” debido que es la más cercana al lugar de ocurrencia del incendio.

Se llevó a cabo una distribución del porcentaje de los incendios que se producen, para determinar cuál es la tendencia de concentración de incendios en los grados de peligro de cada una de las fórmulas utilizadas el día de la ocurrencia y durante el total de los 20 días.

Los datos meteorológicos se procesaron con el fin de determinar el grado de peligro diario obtenido para cada fórmula partiendo del día donde ocurrió el incendio y estableciendo rangos de diez días antes y después de la ocurrencia. Además, fueron cuantificados y analizados el número de días previstos para cada grado de peligro y el porcentaje que representan, en cada clase, el grado de peligro para cada uno de los modelos utilizados.

Para analizar el desempeño de los índices se utilizó el método conocido como *skill score* (Sampaio, 1999; Ramos *et al.*, 2012; Carrasco *et al.*, 2017), el cual se basa en una tabla de contingencia que contiene los valores observados y los valores previstos para cada evento.

Fueron considerados como indicativos de probabilidad de no ocurrencia de incendios las clases de peligro Nulo y Pequeño y como indicativo de la probabilidad de ocurrencia, las clases de peligro Medio, Alto y Muy Alto. A partir de esta definición fueron calculados los valores de *skill score* y de porcentaje de éxitos de los índices, utilizando las clases de peligro definidas para los índices *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y *FPR*.

Las Tablas 1 y 2 muestran como son realizados los cálculos para obtener el *skill score* (SS), definido como la razón de la diferencia entre los aciertos en la previsión (G) y el número esperado de aciertos (H) y la diferencia entre el número de días observados (N) y el número de días esperados con previsión de aciertos (H). Sampaio (1999) describe este método de forma más detallada.

Las variables necesarias para realizar los cálculos son:

Tabla 1. Tabla de contingencia

Eventos		Observado		Total previsto
		Incendio	No incendio	
Previsto	Incendio	a	b	$N_2 = a+b$
	No incendio	c	d	$N_4 = c+d$
Total observado		$N_1 = a+c$	$N_3 = b+d$	$N = a+b+c+d$

Tabla 2. Cálculos de la tabla de contingencia

Eventos		Observado		Total previsto
		Incendio	No incendio	
Previsto	Incendio	a/(a+c)	b/(b+d)	-
	No incendio	c/(a+c)	d/(b+d)	-
Total observado		1	1	2

Las variables necesarias para realizar los cálculos son:

N: Número total de observaciones

$N = a + b + c + d$

G – Número de aciertos en la previsión

$G = a + d$

H – Número esperado de aciertos

$H = N * (1 - p) * (1 - q) + N * p * q$

Donde: $p = N_1 / N$ y $q = N_2 / N$

SS – skill score

$SS = (G - H) / (N - H)$

PE – Porcentaje de éxitos

$PE = (G / N) * 100$

Resultados y discusión

Evaluación del grado de peligro para el día de la ocurrencia del incendio

La Figura 2 muestra los grados de peligro calculados por los cuatro índices de peligro utilizados en Cuba para el día donde ocurrió el incendio, según los resultados los índices de *Nesterov*, *FMA* y *FMA+* pronosticaron grado tres de peligro lo cual se corresponde según la clase media de peligro como que se debe tener en cuenta el peligro de incendio, sin embargo los resultados del índice *FPR* prevé grado dos de peligro por lo que según el mismo no se debe tener en cuenta el peligro de incendio para el día de la ocurrencia del incendio, pero estos resultados no validan que un índice sea mejor que otro ya que según Vélez (2009) citado por Carrasco *et al.*, (2017) los índices de peligro de incendio son números que reflejan, anticipadamente, la probabilidad de ocurrencia de un incendio, así como la facilidad del mismo de propagarse, con base en las condiciones atmosféricas del día o de una secuencia de días, considerando entonces que cada uno de los índices analizados tienen un carácter acumulativo utilizando la variable de precipitación como restricción no debe considerarse solo el valor del grado de peligro determinado para un día en específico, habría que tener en cuenta la herramienta propuesta por Sampaio (1999) para evaluar el desempeño de cada uno de los índices durante una secuencia de días.

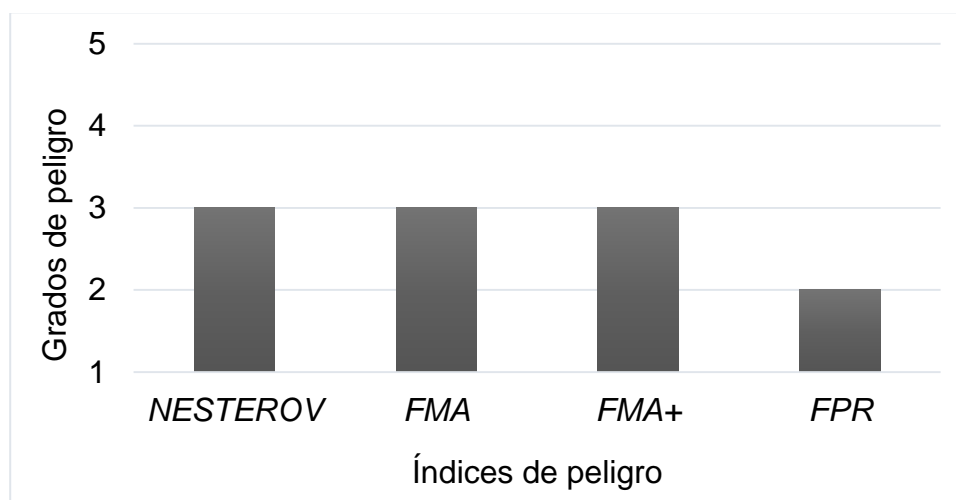


Figura 1. Grados de peligro determinado para el día de la ocurrencia por los índices de *Nesterov*, *FMA*, *FMA+* y *FPR*.

Comparación del número de días previstos de los índices de Nesterov, FMA, FMA⁺ y FPR

En la Figura 3 se muestra una comparación de la distribución del número de días previstos, según las clases de peligro para los índices de *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y el índice *FPR*, donde se observa que ninguno de los índices pronostica una clase peligro muy alta, siendo así el *FPR* que presenta un mejor comportamiento deseable acorde con las premisas planteadas por Soares *et al.*, (2009) y Nunes *et al.*, (2010), en ellas se cumple que, el número de días previstos en cada clase de peligro tiene una relación inversa con la clase de peligro, de modo que cuanto mayor es esta, menor es el número de días previstos para la misma.

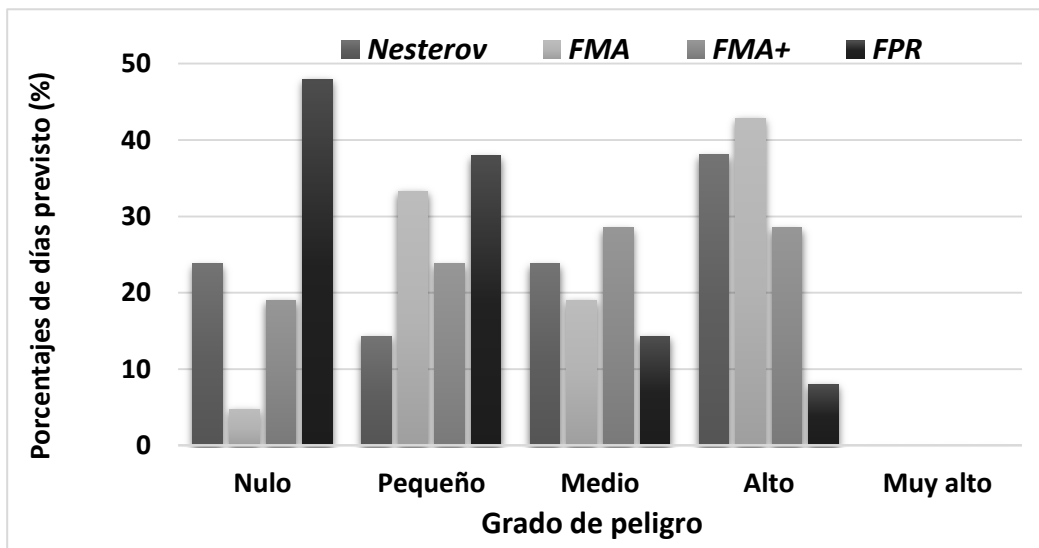


Figura 3. Porcentajes de días previstos en cada clase de peligro por los índices de *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y *FPR*.

Comparación de incendios registrados por los índices de Nesterov, FMA, FMA⁺ y FPR

El comportamiento de los incendios registrados se muestra en la Figura 4, mostrándose que el de mejor comportamiento es el índice *FPR*., el cual presenta una distribución deseable, según las premisas planteadas por Tetto *et al.*, (2010) y (Tetto, 2012), donde plantean que una distribución deseable para esta variable es también cuando la mayor cantidad de días previstos son agrupados en la clase 3 (Media) y disminuyen gradualmente para las clases 1 (Nulo) y 5 (Muy alto).

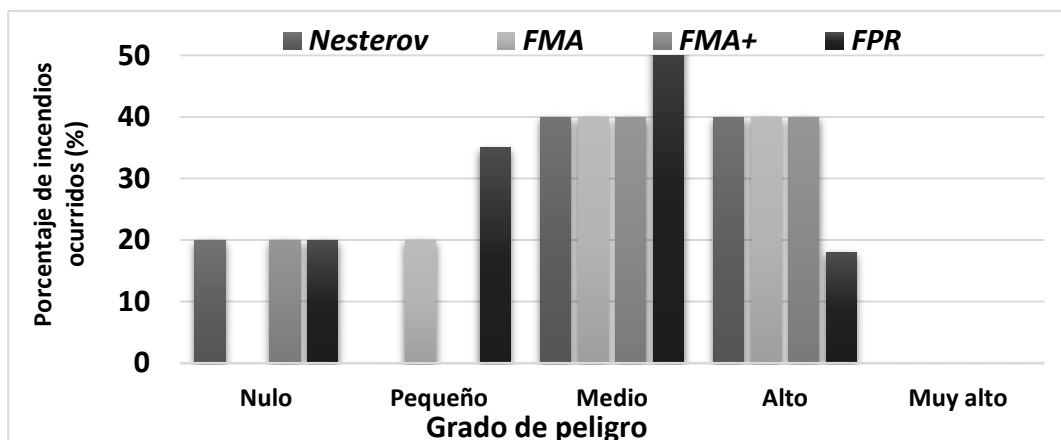


Figura 4. Porcentajes de incendios registrados en cada clase de peligro por los índices de *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y *FPR*.

Desempeño de los índices de *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y *FPR*

El desempeño de un índice está condicionado por varios factores, en el caso de los que se están analizando, todos son índices meteorológicos, por ende, los cambios climáticos modifican sus resultados. Según Viegas y Viegas (1994), la mejor manera de comparar el desempeño de diferentes índices es compararlos utilizando las mismas bases de datos meteorológicos y de ocurrencia de incendios como también fue realizado por Soares (1972 y 1987), Lemos y Gama (1978), Haines *et al.*, (1983), Ramos *et al.*, (2012) y Carrasco *et al.*, (2017).

Sebastián-López *et al.*, (2007) y Climent *et al.*, (2008) plantean que los índices meteorológicos de peligro de incendio están influenciados por los efectos del cambio climático por esto sería recomendable realizar ajustes de las escalas cada 10 años. Los resultados obtenidos por Burgos y González (2012), indicaron que las principales variables afectadas por el cambio climático en Cuba son: el ascenso de la temperatura máxima media y la variabilidad en los periodos de precipitaciones. Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado y conociendo la característica insular de Cuba, la cual la hace más vulnerable a los efectos del cambio climático, se considera que deben ser reajustadas las escalas de peligro en intervalos que no excedan los cinco años.

Utilizando los valores presentados en la Tabla 3 fueron calculados el *skill score* y los porcentajes de éxitos para cada índice mediante las tablas de contingencia elaboradas para los mismos.

Tabla 3. Número de días en que los índices previeron ocurrencia y no ocurrencia de incendios y los respectivos días con y sin incendios para los cuatro índices.

Índices	Condición	Valores	
		Observados	Previstos
		No. de días	No. de días
<i>Nesterov</i>	Incendio	4	9
	No incendio	1	7
<i>FMA</i>	Incendio	4	9
	No incendio	1	7
<i>FMA⁺</i>	Incendio	4	8
	No incendio	1	8
<i>FPR</i>	Incendio	1	2
	No incendio	4	14

Analizando los valores obtenidos de *skill score* y el porcentaje de éxitos por los índices *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y *FPR* que se muestran en la Tabla 4, se observa que los mejores resultados para ambos indicadores son mostrados por el índice *FPR*, ratificándose su buen desempeño.

Tabla 4. Valores de skill score (SS) y porcentaje de éxitos (PE) para los índices de *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y *FPR*

Índices	SS	PE (%)
<i>Nesterov</i>	0,1532	52
<i>FMA</i>	0,1532	52
<i>FMA⁺</i>	0,2025	57
<i>FPR</i>	0,0870	71

En la Tabla 5 se presentan los valores de los resultados obtenidos de *skill score* por diferentes autores para los índices de *Nesterov*, *FMA* y *FMA⁺*. El índice de *Nesterov* obtenido para el circuito “Macurijes” durante los 20 días evaluados presentó un valor inferior a los reportados por Sampaio (1999) en São Paulo en el periodo de 1984 a 1995, Borges *et al.*, (2011) en Espírito Santo, desde 2003 a 2006 y Carrasco *et al.*, (2017) en la provincia Pinar del Río 1994-2013, son superiores a los obtenidos por Ramos *et al.*, (2012) en la Empresa Forestal Macurije en el periodo 2006 a 2011. El valor obtenido por la *FMA* solo es superior a los alcanzados por todos los investigadores reflejados en la tabla 5, de igual forma el valor presentado por la *FMA⁺* presenta el mismo comportamiento. Para el caso del *FPR* los valores obtenidos son inferiores a los obtenidos por Carrasco *et al.*, (2017) coincidiendo con los autores que el *FPR* es el índice con mejor ajuste para la provincia de Pinar del Río.

Tabla 5. Reportes de valores de (SS) para índices de *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y *FPR*.

Autores	<i>Nesterov</i>	<i>FMA</i>	<i>FMA⁺</i>	<i>FPR</i>
Sampaio (1999) São Paulo 1984-1995	0,1024	0,0607	----	----
Borges <i>et al.</i> , (2011) Espírito Santo 2003-2006	0,1503	0,0946	0,2055	----
Nunes <i>et al.</i> , (2010) Fazenda Monte Alegre 1998-2003	----	0,0517	0,1165	----
Tetto (2012) Fazenda Monte Alegre 1976-2009	----	0,0663	----	----
Ramos <i>et al.</i> , (2012) EAF “Macurijes” 2006-2011	0,0253 0,0224	0,0411 0,0136	0,0737 0,0192	----
Carrasco <i>et al.</i> , (2017) Provincia Pinar del Río 1994-2013	0,0896	0,0638	0,1171	0,1174

El porcentaje de éxito obtenido por diferentes autores para los índices de *Nesterov*, *FMA* y *FMA⁺* se muestran en la Tabla 6. Al comparar los resultados del índice de *Nesterov* y *FMA* logrado para el municipio Guane en la provincia Pinar del Río, se observa que es superior a los reportados por autores como: (Sampaio (1999), Borges *et al.*, (2011), Ramos *et al.*, (2012), Nunes *et al.* (2010), Tetto (2012) y Carrasco *et al.*, (2017)). El resultado obtenido por la *FMA⁺* solo supera los expuestos por Ramos *et al.*, (2012) en el escenario 2. En el caso de la *FPR* ninguno de los reportes hechos por los autores citados supera el valor obtenido en la investigación para el municipio Guane.

Tabla 6. Reportes de valores de (PE) para índices de *Nesterov*, *FMA*, *FMA⁺* y *FPR* (%).

Autores	<i>Nesterov</i>	<i>FMA</i>	<i>FMA⁺</i>	<i>FPR</i>
Sampaio (1999) São Paulo 1984-1995	50,01	36,92	----	----
Borges <i>et al.</i> , (2011) Espírito Santo 2003-2006	46,75	38,54	56,47	----
Nunes <i>et al.</i> (2010) Fazenda Monte Alegre 1998-2003	----	34,32	55,64	----
Tetto (2012) Fazenda Monte Alegre 1976-2009	----	39,58	----	----
Ramos <i>et al.</i> , (2012) EAF “Macurijes” 2006-2011	33,32 35,46	40,44 32,63	57,10 35,60	----
Carrasco <i>et al.</i> , (2017) Provincia Pinar del Río 1994-2013	45,17	38,87	60,47	63,42

En correspondencia con los análisis realizados, los valores de *skill score* y porcentaje de éxitos obtenidos para el índice *FPR* en la provincia Pinar del Río durante el periodo y luego de comparar dichos resultados con los alcanzados por los índices *Nesterov*, *FMA*, *FMA+* y *FPR*, se demuestra que el análisis del desempeño de un índice de peligro de incendio es complejo pues no solo hay que tener el pronóstico del índice como valor numérico se debe tener en cuenta otros indicadores como la relación entre el *skill score*, el porcentaje de éxitos y las premisas que manifiesten un comportamiento deseable, según las premisas planteadas por Soares *et al.*, (2009) y Nunes *et al.*, (2010) o que sigan una distribución deseable según criterios expuestos por Tetto *et al.*, (2010) y (Tetto, 2012).

De acuerdo con entonces con el planteamiento anterior y observando los resultados alcanzados tenemos que de los cuatro índices analizados el de mayor valor de *skill score* fue el *FMA+* pero si se analiza entonces la efectividad de los índices en cuanto porcentaje de éxitos y la distribución de los grados de peligro tenemos que el índice *FPR* tiene los mejores resultados por los cuales se debe tener en cuenta en el difícil proceso de toma de decisiones de prevención de incendios.

Este resultado se justifica según lo planteado por Van Wagner (1987), donde explica que la calibración empírica de los rangos de peligro se debe definir de acuerdo con los umbrales de peligros los cuales definen los rangos de variación de las variables meteorológicas que se hayan verificado en el área de estudio, teniéndose como premisa indispensable que las relaciones entre las variables meteorológicas y la ocurrencia de incendio establecen una relación particular en cada territorio, este criterio coincide con el expuesto por Carrasco *et al.*, (2017) donde determinan un índice de peligro de incendio para la provincia de Pinar del Río demostrando mediante la metodología ampliamente utilizada a nivel internacional que el índice *FPR* es el más ajustado a la provincia Pinar del Río.

Conclusiones

- Los índices de *Nesterov*, *FMA* y *FMA+* pronosticaron un grado tres de peligro de incendio para el día en que ocurrió el incendio, mientras el *FPR* pronostico grado de peligro.
- El índice de peligro de incendio *FPR* fue el que mejor comportamiento presento en cuanto al porcentaje de éxito y las premisas de comportamiento deseable de la distribución del peligro de incendio.
- La utilización del desempeño de los índices de peligro debe considerarse como una herramienta de ayuda en el proceso de toma de decisiones, demostrándose su importancia en el Sistema de Alerta Temprana.

Bibliografía

Borges, T.S.; Fiedler, N.C.; Santos, A.R.; Loureiro, E.B.; Mafia, R.G. 2011. Desempenho de alguns índices de risco de incêndios em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo. Floresta e Ambiente, Seropédica – RJ, Vol. 18 (2), 153–159 p.

Burgos, Y.; González, I. 2012. Análisis de indicadores extremos climáticos en la isla de Cuba. Revista de Climatología, Vol. 12, 81-91 p.

Climent, J.; Prada M.A.; Calama, R.; Sánchez de Ron, D.; Chambel, M.R.; Alía, R. 2008. To grow or to seed: ecotypic variation in reproductive allocation and cone production by young

- female Aleppo pine (*Pinus halepensis*, Pinaceae). *American Journal of Botany*. Vol.94, 1316-1320 p.
- Domínguez hurtado, I.M.; Moya Álvarez, A.S.; Estrada Moreno, A. 2008. Vigilancia del riesgo de ocurrencia de incendios forestales mediante estaciones meteorológicas de superficie. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Vol. 14(2), 119-128 p.
- Haines, D.A.; Main, W.A.; Frost, J.S.; Simard, A.J. 1983. Fire-danger rating and wildfire occurrence in the northeastern United States. *Forest Science*. Vol. 29 (4), 679-696 p.
- Lemos, J. M.; Gama M.P. 1978. Estudo comparativo de índices de periculosidade de incêndios no Distrito Federal - Brasília. In: Congresso Florestal Brasileiro, 3, Manaus. Proceedings. Manaus: SBJ, 336-338 p.
- Nunes, J.R.S.; Fier, I.S.N.; Soares, R.V.; Batista, A.C. 2010. Desempenho da Fórmula de Monte Alegre (FMA) e da Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA+) no distrito florestal de Monte Alegre. *Revista Floresta, Curitiba, PR*, Vol. 40 (2). 319-326 p.
- ONEI, 2016. Anuario estadístico de Cuba. Capítulo 2: Medio Ambiente. Edición 2016. La Habana, Cuba. 23 capítulos. <http://www.one.cu/aec2017.htm>.
- Pereira, F.T.; Assunção, G; Venâncio, S.; Souza, G. 2011. Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG. *Revista Árvore*, vol. 35 (1), Universidade Federal de Viçosa, Brasil, p. 143-150 p. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48818717017>.
- Carrasco; Y; Ramos, M.P.; Batista, A.C, Martínez, L.W. A.F.; Miranda, C.A. 2017. Diseño de un índice de peligro de incendio forestal para la provincia Pinar del Río, Cuba. *Revista Floresta, Curitiba, Paraná*, Vol. 47 (1), 65-74 p.
- Ramos, M.P.; Soares, R.V.; Batista, A.C.; Tetto, A.F.; Miranda, C.A.; Carrasco; Y. 2012. Ajuste e desempenho dos índices de perigo de incêndios Nesterov, FMA e FMA+ na Empresa Florestal Macurije, cuba. *Revista Floresta, Curitiba, Paraná*, Vol. 42 (4), 651-660 p
- Sampaio, O.B. 1999. Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos – SP. 157 h. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Sebastián-López A.; Burgan, R.E.; Calle, A.; Palacios-Orueta, A. 2007. Calibration of a fire potential index in different seasons and bioclimatic regions of Southern Europe. In 'Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference', 14–18 May 2007, Sevilla, 10 España. (CD-ROM) (Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente: Sevilla, España).
- Soares, R. V. 1985. Incêndios florestais. Controle e uso do fogo. Fundação de pesquisas florestais do Paraná. Curitiba, 213 p.
- Soares, R.V. 1972. Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro Paranaense, Brasil. Turrialba, Costa Rica, CATIE/IICA. 72 h. (Tese de Mestrado).
- Soares, R.V.; Batista, A.C. 2007. Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba, Paraná, 250 p.

Soares, R.V. 1987. Comparação entre quatro índices na determinação do grau de perigo de incêndios no município de Rio Branco do Sul -PR. Floresta, Curitiba, Vol.17, (1/2), 31-35 p.

Soares, R.V.; Batista, A.C.; Nunes, J.R.S. 2009. Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte. Curitiba, Paraná, Brasil. 246 p.

Vélez, R. 2009. Los índices meteorológicos de peligro. In: Vélez, R. La defensa contra incendios forestales: fundamentos y experiencias. Segunda Edición. McGraw-Hill/ Interamericana de España, S. A. U. 151-161 p.

Tetto, A. F.; Batista, A. C.; Soares, R. V.; Nunes, J. R. S. 2010. Comportamento e ajuste da fórmula de Monte Alegre na Floresta Nacional de Irati, Estado do Paraná. Sci. For., Piracicaba, Vol. 38 (87), 409 – 417 p.

Tetto, A.F. 2012. Comportamento histórico dos incêndios florestais na Fazenda Monte Alegre no período de 1965 a 2009. 114 h. Teses (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Van Wagner, C. E. 1987. Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Ottawa, Canadian Forestry Service.

Viegas, D.X.; Viegas, M.T. 1994. A Relationship between rainfall and burned area for Portugal. Int. J. Wildland Fire Vol. 4, (1), 11–16 p.