

# **DESARROLLO DE UNA RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA EVALUAR RIESGOS POR INCENDIOS EN ÁREAS FORESTALES, CASO PARQUE NACIONAL “LA MALINCHE”**

Manuel García Espinosa\*, Villers Ruiz L\*, Gutiérrez López W\*, Robles Roldán M. A.\*  
\* Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., MEXICO.

mgare@atmosfera.unam.mx, villers@atmosfera.unam.mx

## **Introducción**

Actualmente las ideas acerca de los desastres desencadenados por los fenómenos naturales están siendo reevaluadas, ya que se les está considerando e interpretando como eventos cada vez más frecuentes en donde intervienen amenazas naturales con gran impacto social y económico. Se considera, efectivamente, que la vulnerabilidad y los riesgos crecen continuamente y que es necesario entender, además de la peligrosidad de los fenómenos naturales, cómo operan y los procesos mediante los cuales la sociedad puede incrementar o reducir los efectos de dichos fenómenos y sus riesgos.

Los incendios forestales han tenido gran relevancia en los últimos años debido a su participación directa en el incremento de bióxido de carbono en la atmósfera, así como su contribución a la deforestación y sus consecuencias como la erosión de los suelos o el cambio en la estructura y composición de los bosques; deterioro en áreas arboladas y pérdida de especies.

Para los especialistas en estudios de clima y su impacto, los años 1997 y 1998 resultaron ser catastróficos en cuanto a reportes de incendios forestales en distintos lugares del planeta y se convirtieron en una amenaza global, ya que afectaron un recurso natural muy importante, por lo que es necesario no solo entender sus efectos, sino sus causas y comportamiento. En México se producen anualmente alrededor de 8,112 incendios por lo que se pierden en promedio por año 216,074 hectáreas cubiertas principalmente con bosques, pastizales y matorrales (CONAFOR, 2010). Sin embargo en el 2011 se perdieron 954,727 ha., estas áreas incendiadas superaron a las que se sucedieron en el 97-98 que fueron de 849,437 ha (CONAFOR, 2011).

Es de gran relevancia obtener información sobre el comportamiento del fuego y una eventual evaluación de riesgos a incendios con base en un inventario de combustibles y monitoreo del tiempo atmosférico para poder prevenir estos desastres, por lo que el diseño e implementación de instrumentación que pueda ser utilizado para cumplir con este objetivo es crítica. Para este fin se desarrolló una red de estaciones meteorológicas automáticas instalada en el parque nacional “La Malinche”, en sitios representativos con el objetivo de obtener los registros de diferentes variables atmosféricas.

## **Objetivos**

Este trabajo tiene como objetivo la descripción de la instrumentación meteorológica instalada en una red de estaciones meteorológicas, con las cuales se obtuvo una base de datos robusta para realizar una serie de investigaciones relacionadas con los incendios forestales en áreas naturales protegidas. Asimismo los datos meteorológicos de estas estaciones servirán de

referencia, y también para calibrar otras estaciones instaladas posteriormente por la Comisión de Áreas Naturales Protegidas en varios sitios de alta montaña en México.

## Método

A fin de obtener información representativa del sitio a estudiar, se eligieron cinco sitios, que cubrieran distintas orientaciones de ladera en la montaña, en cada uno de ellos se instaló una estación meteorológica automática. Dichos sitios fueron escogidos tomando en cuenta los siguientes factores: que estuvieran aproximadamente a la misma altitud, que cubrieran distintas orientaciones de ladera, que se pudieran tener datos horarios confiables de diferentes parámetros meteorológicos.

La red de estaciones automáticas, cuentan con su propio adquisidor de datos (datalogger), memoria de almacenamiento de la información y un conjunto de sensores meteorológicos; termómetro, higrómetro, barómetro, sistema de viento, pluviómetro, piranómetro y sensor de radiación ultravioleta. Los datos se recolectan en sitio por medio de una computadora portátil comercial (lap-top).

Las estaciones meteorológicas utilizadas son de tipo comercial, y se eligió marca y modelo en base a que éstas cumplieran con las necesidades respecto a la precisión, exactitud, funcionalidad, robustez y confiabilidad de los datos capturados. Después de analizar varias alternativas se llegó a la conclusión de que la estaciones que maneja la marca Davis Instruments de Estados Unidos, cumplen con los objetivos mencionados anteriormente. Dentro de su gama de opciones, el modelo que mejor se adaptó fue el Vantage Pro plus.

## Descripción del sistema

La estación automática Vantage Pro plus se encuentra dividida en tres partes principales:

- sensores meteorológicos
- cerebro del sistema
- sistema de energía.

## Sensores meteorológicos.

La estación cuenta con el siguiente conjunto de sensores:

a. Termohigrómetro.

Se compone de dos sensores, uno es el encargado de medir la temperatura ambiental (-40° a +65°C), y el otro la humedad relativa (0 a 100%). Ambos se encuentran dentro de un protector de radiación y lluvia a fin de protegerlos de la radiación solar directa y de otras fuentes de calor radiado y reflejado (figura 1). El sensor de temperatura es del tipo semiconductor, y el de humedad es de tipo capacitivo basado en una sustancia higroscópica.



Figura 1. Termohigrómetro instalado en su tarjeta electrónica

b. Sistema de viento.

Este se compone de un anemómetro de copas para medición de la velocidad del viento (1 a 80 m/s), y una veleta (0 a 360°) para la dirección del mismo (figura 2). Esta construido de componentes robustos, resisten vientos con la fuerza de un huracán clase 1, pero son sensibles a brisas tenues. Probado en fábrica dentro de un túnel de viento a velocidades de hasta 290 Km/h.



Figura 2. Sistema de viento con su base y conector

c. Pluviómetro.

El colector de lluvia tipo balancín de la Vantage Pro plus (figura 3) cumple con todos los lineamientos de área de recolección establecidos por la Organización Meteorológica Mundial. Lee cantidades de precipitación en incrementos de 0.01" ó 0.254 mm.



Figura 3. Colector de lluvia.

d. Piranómetro.

Este sensor tiene como función medir la radiación solar global (0 a 1,800 W/m<sup>2</sup>) y la energía del sol (figura 4). El elemento difusor y el gabinete están diseñados para lograr una respuesta de coseno exacta. Un fotodiodo de silicio provee buena correspondencia con el espectro solar. El gabinete de dos piezas minimiza el calentamiento por radiación, permite el enfriamiento por convección del sensor e impide que queden agua o polvo atrapados.



Figura 4. Sensor de radiación global.

e. Sensor de radiación ultravioleta.

Este sensor mide la porción del espectro ultravioleta (figura 5), dicho espectro es el causante de las quemaduras en la piel. Permite calcular el índice ultravioleta (0 a 16), el índice de dosis, así como la dosis diaria y acumulada. Un filtro de varias capas provee una respuesta espectral muy aproximada al espectro de acción de eritema. Un difusor provee excelente respuesta de coseno.



Figura 5. Sensor de radiación ultravioleta.

f. Barómetro.

El sensor de presión atmosférica se encuentra en la tarjeta electrónica del cerebro de la estación: Es un dispositivo híbrido de montaje superficial el cual incluye un sensor de presión piezo resistivo y una interface con convertidor analógico digital, además de proveer una palabra de dato de 16 bits proveniente de un voltaje dependiente de la temperatura y la presión. Una interface de tres hilos es usada para todas las comunicaciones tipo serie entre el sensor y el microcontrolador. También cuenta con una protección contra fallas debidas a la actividad electrostática. Su rango va de 540 a 1,100 milibares (figura 6).



Figura 6. Barómetro electrónico

La tabla 1 muestra las características de cada sensor.

EXACTITUD, RESOLUCIÓN Y LÍMITES DE SENSORES DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA										
Función	Ventilador Prec2	Ventilador Veloc	Precipitación II	Medidor Velocidad III	Unidades estadounidenses			Unidades métricas		Excepción: por la precisión, todas las variables se miden en unidades estadounidenses y se redondean a la unidad métrica más cercana indicada en la columna "Resolución".
					RESOLUCIÓN	LÍMITES	EXACTITUD ±	RESOLUCIÓN	LÍMITES	
AGRICOLA	Evapotranspiración	●			0.01"	0 a 199.99"	5%	0.1 mm	0 a 1999.9 mm	5%
	Grados-día de crecimiento	○			0.1 grados-día	ilimitado		0.1 grados-día	ilimitado	
	Grados-día de enfriamiento o calentamiento	○	✓		0.1 grados-día	ilimitado		0.1 grados-día	ilimitado	
	Humectación de hoja	●			1	0 a 15	0.5	1	0 a 15	0.5
	Humedad del suelo	●			1 cb	0 a 200 cb		1 cb	0 a 200 cb	
PRESIÓN BAROMÉTRICA	Presión barométrica (Límites de altitud: 999' a +12 000'; 600 a +4870 m)	✓	✓		0.01" Hg	16" a 32.5" Hg	0.03" Hg	0.1 mm Hg 0.1 mbar	410 a 820 mm Hg 540 a 1100 mbar o hPa	0.8 mm Hg 1.0 mbar o hPa
	Presión barométrica (Límites de altitud: -1999' a +12 500'; 600 a +3810 m)			✓	0.01" Hg	18" a 32.5" Hg	0.05" Hg	0.1 mm Hg 0.1 mbar	460 a 820 mm Hg 610 a 1100 mbar o hPa	1.3 mm Hg 1.7 mbar
	Tendencia de tres horas	✓	✓		Lenta ≥ 0.02" Hg Rápida ≥ 0.05" Hg	Flacha de cinco posiciones		Lenta ≥ 0.5 mm (0.7 mbar) Rápida ≥ 1.5 mm (2 mbar)	Flacha de cinco posiciones	
	Tendencia de una hora			✓	Cambio ≥ 0.02" Hg	Flacha de tres posiciones		Cambio ≥ 0.5 mm (0.7 mbar)	Flacha de tres posiciones	
HUMEDAD	Humedad bajo techo	✓	✓		1%	0% a 100%	3%	1%	0% a 100%	3%
	Humedad al aire libre	✓	✓		1%	0% a 100%	3%	1%	0% a 100%	3%
	Punto de rocío bajo techo	○	○		0.1 °F	-60 °F a +140 °F	3 °F	0.1 °C	-90 °C a +60 °C	1.5 °C
	Punto de rocío al aire libre	✓	✓		1 °F	-105 °F a +130 °F	3 °F	1 °C	-76 °C a +54 °C	1.5 °C
PRECIPITACIÓN	Precipitación	✓	✓		0.01"	0 a 199.99" 0 a 99.99"	4%	0.2 mm	0 a 6553 mm Dia: 0 a 999.8 mm Total: 0 a 9999 mm	4%
	Índice de precipitación	✓			0.01"	0 a 96"/h 0 a 40"/h	5% a 5"/h	0.1 mm	0 a 2438 mm/h 0 a 1015 mm/h	5% a 127 mm/h
SOLAR Y ULTRAVIOLETA	Radiación solar	●			1 W/m2	0 a 1800 W/m2	5%	1 W/m2	0 a 1800 W/m2	5%
	Energía solar	○			0.1 Ly	1999.9 Ly	5%	0.1 Ly	1999.9 Ly	5%
	Dosis de radiación ultravioleta	●			0.1 MED	0 a 199 MED	5%	0.1 MED	0 a 199 MED	5%
	Índice ultravioleta	●			0.1	0 a 16	5%	0.1	0 a 16	5%
TEMPERATURA	Temperatura bajo techo	✓	✓	✓	0.1 °F	+32 °F a +140 °F	1 °F	0.1 °C	0 °C a +60 °C	0.5 °C
	Temperatura al aire libre (índice de aerosol integrado)	✓	✓	✓	0.1 °F	-40 °F a +150 °F	1 °F	0.1 °C	-40 °C a +65 °C	0.5 °C
	Temperatura al aire libre (estación de temperatura)	●			1 °F	-40 °F a +150 °F	1 °F	1 °C	-40 °C a +65 °C	0.5 °C
	Temperatura del suelo o del agua	●			1 °F	-40 °F a +150 °F	1 °F	1 °C	-40 °C a +65 °C	0.5 °C
	Índice de calor bajo techo	○	○		0.1 °F	+30 °F a +165 °F	3 °F	0.1 °C	-1 °C a +74 °C	1.5 °C
	Índice de calor al aire libre	✓	✓		1 °F	-40 °F a +165 °F	3 °F	1 °C	-40 °C a +74 °C	1.5 °C
	Índice de temperatura, humedad, sol y viento	●			1 °F	-90 °F a +165 °F	4 °F	1 °C	-68 °C a +74 °C	2 °C
	Sensación térmica	✓	✓	✓	1 °F	-110 °F a +135 °F	2 °F	1 °C	-79 °C a +57 °C	1 °C
		○	○							
HORA Y FECHA	Hora	✓	✓		1 minuto	12/24 horas	8 s/mes 15 s/mes	1 minuto	12/24 horas	8 s/mes 15 s/mes
	Fecha	✓	✓		mes/día	Año bisiesto 365 días	8 s/mes 15 s/mes	día/mes	Año bisiesto 365 días	8 s/mes 15 s/mes
	Inicio y punto de fin	✓	✓	○	1 minuto	12 horas	1 minuto	1 minuto	24 horas	1 minuto
VIENTO	Dirección del viento	✓	✓		1"	0° a 360°	3"	1"	0° a 360°	3"
	Rosa de los vientos	✓	✓	✓	1" a 10"	16 puntos cardinales	7"	1" o 10"	16 puntos cardinales	7"
	Velocidad del viento	✓	✓	✓	1 mph 2 a 156 nudos	2 a 180 mph 2 a 156 nudos	5%	0.1 m/s 1 km/h	1 a 80 m/s 2 a 290 km/h	5%
	Dirección de alta velocidad	✓	✓		22.5°	16 puntos cardinales		22.5°	16 puntos cardinales	
	Recuento de viento	○	○	○	0.01 mph 0.01 nudos	ilimitado	5%	0.01 m/s 0.01 km/h	ilimitado	5%

Tabla 1. Datos técnicos de los sensores de la estación.

### Cerebro de la estación

Esta parte se compone de consola y adquiredor de datos. La consola (figura 7) consta de una pantalla de texto y gráficos, así como teclas de funciones. Exhibe y registra los datos meteorológicos, proporciona gráficos y funciones de alarma, se interconecta a la computadora utilizando el software llamado WeatherLink desarrollado por Davis.

El teclado permite seleccionar los datos actuales y los históricos, establecer y borrar alarmas, cambiar los modelos de estaciones, introducir números de calibración, configurar y ver gráficos, seleccionar sensores y leer el pronóstico meteorológico.

Consiste de 12 botones de comando, y cuatro botones de navegación. En cada botón se encuentra impreso un comando de la consola o una variable meteorológica. Cada botón de comando tiene también una función secundaria impresa por encima del botón. Las teclas de flechas arriba, abajo, izquierda y derecha se utilizan para seleccionar las opciones de comandos, ajustar los valores y proporcionar funciones adicionales cuando se usan en combinación con un botón de comando. La consola funciona en cinco modos básicos: Setup (Configuración), Current Weather (Tiempo actual), Highs and Lows (Máximas y mínimas), Alarm (Alarma) y Graph (Gráfico). Cada modalidad le proporciona acceso a un grupo diferente de funciones de la consola o para visualizar un aspecto diferente de sus datos meteorológicos.

El adquiredor o registrador de datos conecta la estación Vantage Pro plus directamente a una computadora por medio del software Weatherlink (figura 8), proporcionando mejores capacidades de monitorización del tiempo y potentes características de internet. El registrador de datos tiene una capacidad de almacenamiento de hasta 120 días.

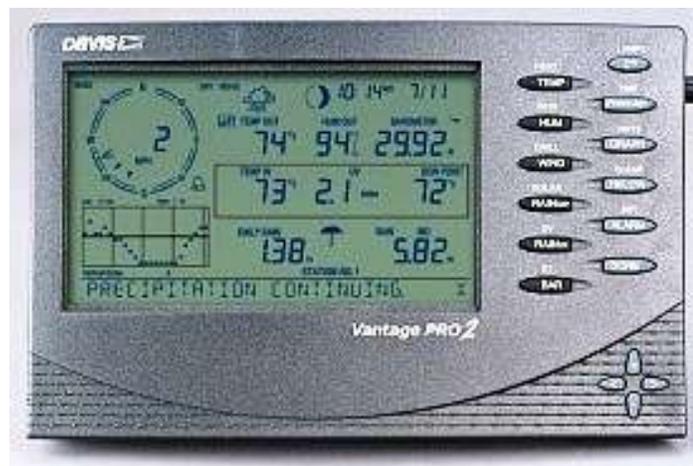


Figura 7. Cerebro de la estación.



Figura 8. Adquiredor de datos de la estación.

### **Sistema de energía.**

El sistema de energía es el encargado de proveer a la estación el voltaje y la corriente necesarios para que la estación meteorológica opere de forma ininterrumpida. Tomando en cuenta que la red se colocaría en accesos remotos, se optó por un sistema de energía autónomo, esta alternativa es ideal en lugares alejados de las redes eléctricas. Mediante este sistema de suministro eléctrico se utilizan energías sustentables, minimizando los tiempos de interrupción de energía. El sistema integra distintas fuentes de energía, las cuales se incorporan según la demanda de energía disponible, dando prioridad en todo momento a los recursos renovables tanto energía eólica como solar. Cada estación ocupa un arreglo compuesto de panel solar, batería de respaldo y regulador de carga.

Los paneles solares o módulos fotovoltaicos permiten abastecer al sistema de energía mediante la transformación de irradiación solar en corriente eléctrica (figura 9), logrando abastecer a la estación de la corriente necesaria, y al mismo tiempo recargar la batería de respaldo.



Figura 9. Panel solar utilizado en las estaciones.

Un panel solar es de gran utilidad mientras exista una fuente luminosa, pero es totalmente inútil durante la noche. Es por esta razón que se necesita otra fuente de energía a fin de evitar que la estación deje de operar. La solución a este problema es utilizar una batería recargable. En las horas sin sol la batería es la encargada de proveer energía a la estación, y durante el día es recargada por el panel solar. La batería seleccionada es de 6 volts, 12 amperes (figura 10).



Figura 10. Batería de respaldo de la estación.

A fin de mantener el suministro eléctrico a niveles estables se utiliza un regulador de voltaje (figura 11). El regulador de tensión o regulador de voltaje para paneles solares se utiliza para

poder desconectar parcialmente el p nel solar de la batería sin que ésta se vea perjudicada. A medida que la batería alcanza el mayor nivel de carga, el regulador va desconectando de manera gradual la energía proveniente de la celda solar. El regulador de tensión para p neles solares tiene la finalidad de evitar la sobrecarga de la batería. Si la batería se sobrecarga todo el sistema se verá perjudicado. Reemplazar las baterías no es económico, por lo que es conveniente preservarlas a través de este tipo de regulador.

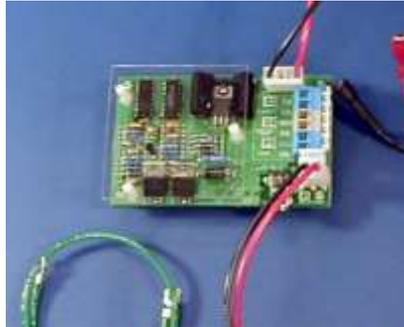


Figura 11. Regulador del sistema de energía

### Software de la red.

Para poder configurar cada estación y recuperar la información almacenada, se cuenta con un software llamado Weather Link, el cual fue desarrollado por el mismo fabricante de las estaciones. Este software también cuenta con otras opciones como son el ver los datos de los sensores (figura 12) y graficarlos en tiempo real (figura 13), graficación de datos históricos, exportar en formato texto los datos almacenados en una base, implementar alarmas, calibrar algunos sensores etc.

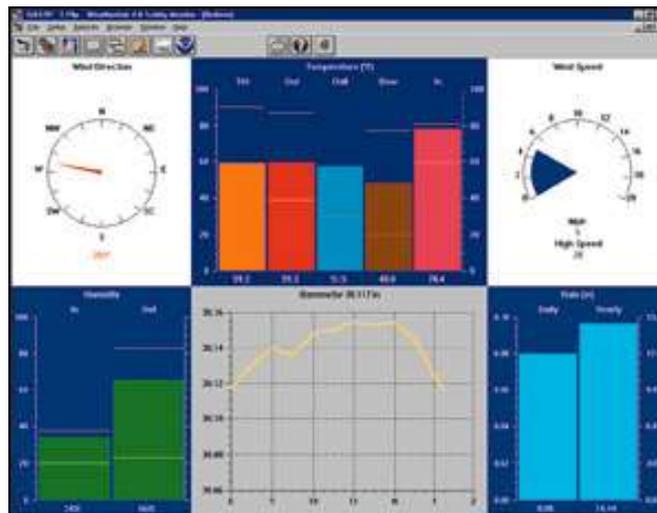


Figura 12. Pantalla mostrando los datos en tiempo real

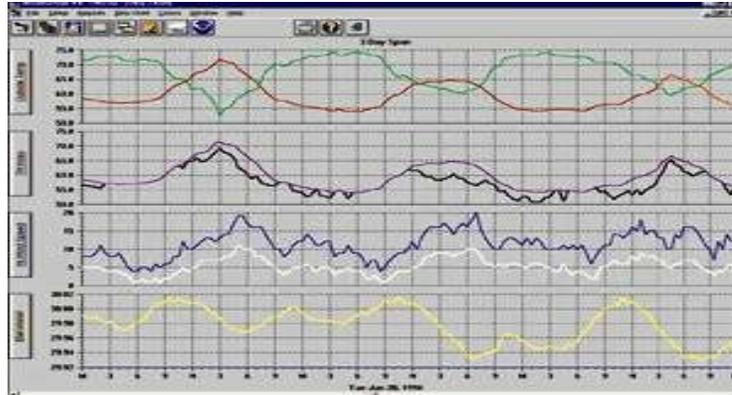


Figura 13. Graficación de datos en tiempo real.

### Ubicación de la red.

La red está compuesta de cinco estaciones, las cuales se localizan en las laderas del volcán conocido como “La Malinche”, en el estado de Tlaxcala. La ubicación exacta de cada una se presenta en la tabla 2.

Nombre de la estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m.s.n.m.)
Caseta 1	19°13'32.8"	98°06'28.6"	2,838
Caseta 3	19°17'51.1"	98°02'39.8"	2,903
Bioterio	19°16'56.3"	97°59'43.3"	2,980
Caseta 5	19°14'28.4"	97°58'37.3"	3,105
Caseta 6	19°11'6.8"	97°57'45.6"	2,888

Tabla 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas.

La figura 14 muestra unas fotografías de algunas estaciones de la red.



Figura 14. Ejemplos de las estaciones instaladas.

## **Resultados**

Se logró integrar una red tecnológicamente confiable, segura y económica, comparable con otros sistemas comerciales existentes, fácil de instrumentar, reponer y mantener ya que todos los componentes y refacciones se pueden adquirir en el mercado nacional. Las estaciones fueron instaladas en enero del 2004 y operan desde entonces en forma ininterrumpida gracias a que siempre se les ha dado un mantenimiento preventivo calendarizado y cuando alguna de ellas presenta falla su mantenimiento correctivo se efectúa lo más pronto posible.

Las variables se registran en rangos que se encuentran dentro de las especificaciones del usuario, así como su precisión, exactitud y resolución. Los datos obtenidos de las estaciones sirvieron para realizar tres investigaciones:

El primero sobre un análisis comportamiento potencial del fuego, para varias comunidades de bosque, este estudio se hizo utilizando el programa Behave-Plus donde la tasa de dispersión e intensidad del fuego, está directamente relacionadas a las propiedades de los combustibles vegetales y a las condiciones ambientales, se modelaron o plantearon escenarios para distintas condiciones de humedad de combustibles, dirección y velocidad del viento, así como pendiente del terreno (Villers Ruiz, L. y J. López Blanco. 2004).

Un segundo estudio sobre peligro y combate de incendios forestales que consideró la interacción entre los factores meteorológicos y las características de los combustibles. Esta investigación se basó en la propiedad higroscópica que tienen los combustibles vegetales muertos, es decir, la capacidad que tienen estos materiales de adsorber humedad del aire, por lo que su contenido de humedad está determinado por la humedad relativa, por ello, se analizó la humedad de los combustibles, principalmente leños de distinto diámetro en varios tipos de bosques. Se comprobó que el tiempo en el que adsorben ó pierden humedad los leños dependen principalmente de su diámetro y de la humedad relativa (Villers Ruiz et al. 2006 y Wong et al. 2004).

El tercer estudio se refiere al uso de variables meteorológicas para crear un índice meteorológico de prevención a incendios. En este caso se registraron siete años de datos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima, presión de vapor (calculada a partir de la humedad relativa y temperatura media), velocidad del viento, precipitación, evaporación potencial y radiación solar. Se aplicó el Índice Meteorológico de Peligro a Incendios (FWI por sus siglas en inglés), proporcionado por el Forestry Canada Fire Danger Group (Wotton, 2009). Basado en los parámetros meteorológicos mencionados el FWI produce seis componentes imbricados de manera piramidal o jerárquica constituido por tres códigos primarios o básicos que aportan conocimiento sobre el monitoreo de la humedad de los combustibles, estos tres códigos de humedad se ligan entre sí o con otros parámetros, uno de ellos es la velocidad del viento para crear tres índices que ofrecen información sobre propagación del fuego, disponibilidad de combustibles y un índice de peligro a incendios (Villers et al. 2012).

## **Conclusiones**

Es posible implementar una red de estaciones que permiten obtener datos observacionales precisos de acuerdo a las investigaciones planteadas, con un costo económico asequible comparado a otras estaciones comerciales y con resultados confiables. Los datos obtenidos contribuyen a desarrollar conocimiento para evaluar riesgos y crear alertas tempranas a incendios forestales, así como validaciones futuras

de nuevas estaciones meteorológicas instaladas en varias áreas naturales protegidas de México.

## **Bibliografía**

CONAFOR 2010 Comisión Nacional Forestal. Estadística anual de incendios forestales 1970-2003 y Comparativo estadístico 1998-2009. Coordinación general de conservación y restauración forestal. Gerencia nacional de incendios forestales.

[http://www.conafor.gob.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&Itemid=31](http://www.conafor.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31)

CONAFOR 2011 Comisión Nacional Forestal. Reporte semanal de resultados de incendios forestales 2011. Datos acumulados del 01 de enero al 15 de diciembre de 2011

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/1479Reporte%20semanal%202011.pdf>

Davis Instruments Co. Manual de operación de la consola Vantage Pro.2002, rev.A. pp.11-36.

Davis Instruments Co. Manual de instalación del conjunto de sensores integrados Vantage Pro. 2002, rev.A. pp.13-52.

Herrera-Vázquez, G. 2005. Manual de instrumental meteorológico y métodos de observación. 1ª reimpresión. Servicio Meteorológico Nacional, México.

Organización Meteorológica Mundial. 1996. Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos. 6ª. ed. W.M.O. Ginebra, Suiza.

Villers Ruiz, L. y J. López Blanco 2004. Comportamiento del fuego y evaluación de riesgos a incendios en áreas forestales de México: Un estudio en el volcán La Malinche. En Villers-Ruiz L. y J. López Blanco (Eds.) Incendios forestales en México: Métodos de evaluación, Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM-CONACYT, México. 60-78pp.ISBN 970-32-1843-1.

Villers-Ruiz, L., Villers-Gómez, S. Wong-González, J.C. 2006. Fire Hazard Assessment at Malinche National Park, Central Mexico.3rd International FireEcologyConference, San Diego, California. 13-17 Noviembre 2006, 3pp.

Villers-Ruiz, L., E. Chuvieco and I. Aguado, 2012. Aplicación del Índice Meteorológico de Incendios Canadiense en un Parque Nacional del Centro de México. Application of the Canadian Fire Weather Index in a National park of Central Mexico *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*3(11): 25-40

Wong González J. C., Villers Ruiz L., Almeida Leñero L.. 2004. Humedad de los combustibles muertos y su relación con los incendios forestales, en el parque Nacional La Malinche, Tlaxcala. XVI Congreso Mexicano de Botánica. Oaxaca, Oaxaca.

Wotton, B. M. 2009. Interpreting and using outputs from the Canadian Forest Fire Danger Rating System in research applications. *Environ. Ecol. Stat.* 16:107–131.