

anuario  
2008  
INSTITUTO  
DE ESTUDIOS  
ZAMORANOS  
FLORIAN  
DE OCAMPO







# **ANUARIO 2008**

INSTITUTO DE ESTUDIOS ZAMORANOS  
“FLORIÁN DE OCAMPO” (C.S.I.C.)



**anuario  
2008**

**INSTITUTO  
DE ESTUDIOS  
ZAMORANOS  
FLORIAN  
DE OCAMPO**



## ANUARIO DEL I.E.Z. FLORIÁN DE OCAMPO

I.S.S.N.: 0213-82-12

Vol. 25 - 2008

EDITA:

INSTITUTO DE ESTUDIOS ZAMORANOS “FLORIÁN DE OCAMPO”

*Director:* Pedro García Álvarez

*Secretario de redacción:* Blas Leal Delgado

*Consejo de redacción:* Miguel Gamazo Peláz, Julio Pérez Rafols, Julián Calvo Domínguez, Hortensia Larrén Izquierdo, María Concepción Rodríguez Prieto, Eusebio González García, Arsenio Dacosta Martínez, Juan Andrés Blanco Rodríguez, Jesús Carlos Portales Gato, Juan Carlos González Ferrero

**Secretaría de redacción:** Instituto de Estudios Zamoranos “Florián de Ocampo”  
Diputación Provincial de Zamora  
C/. Ramos Carrión 11 - 49001 Zamora (España)  
Correo electrónico: [iez@iezfloriandeocampo.es](mailto:iez@iezfloriandeocampo.es)

SUSCRIPCIONES, PRECIOS E INTERCAMBIO:

Instituto de Estudios Zamoranos “Florián de Ocampo”  
Diputación Provincial de Zamora  
C/. Ramos Carrión 11 - 49001 Zamora (España)  
Correo electrónico: [iez@iezfloriandeocampo.es](mailto:iez@iezfloriandeocampo.es)

Los trabajos de investigación publicados en el ANUARIO DEL I.E.Z. “FLORIÁN DE OCAMPO” recogen, exclusivamente, las aportaciones científicas de sus autores. El Anuario declina toda responsabilidad que pudiera derivarse de la infracción de la propiedad intelectual o comercial.

© Instituto de Estudios Zamoranos “Florián de Ocampo”  
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (C.S.I.C.)  
Diputación Provincial de Zamora  
Diseño de portada: Ángel Luis Esteban Ramírez  
Imprime: DelaIglesia Impresores  
Pol. Ind. Valcabado A  
Ctra. Gijón Sevilla, Km 272,8  
49002 Valcabado  
Zamora (España)

Depósito Legal: ZA – 49-2009

# ANUARIO DEL I.E.Z. FLORIÁN DE OCAMPO

I.S.S.N.: 0213-82-12  
Vol. 25 - 2008

## ÍNDICE

---

### ARQUEOLOGÍA

Trabajos arqueológicos en el solar sito en calle Caballeros, 5, C/V calle Gijón, de Zamora ..... 13  
Francisco Javier SANZ GARCÍA y otros

Excavación Arqueológica en el solar de la calle Comedias C/V a calle Barrios en Toro (Zamora) ..... 31  
Gregorio J. MARCOS CONTRERAS y otros

Arqueología en Villalpando (Zamora): la muralla medieval documentada en la Plaza Mayor y en la calle La Parra ..... 51  
Jesús Carlos MISIEGO TEJEDA y otros

Las cubiertas originales de la Iglesia de Santa María del Azogue de Benavente tras su intervención arqueológica..... 71  
Miguel Ángel MARTÍN CARBAJO y otros

### ARQUITECTURA

El Museo de Semana Santa de Zamora. Antecedentes, proyecto y realización 93  
Rafael Ángel GARCÍA LOZANO

### BIBLIOTECONOMÍA

Reseña histórica de la Biblioteca Pública ..... 135  
Ursicina MARTÍNEZ GALLEGO



## HISTORIA

Patrimonio y propaganda en la Guerra Civil: la Junta de Cultura Histórica y del Tesoro Artístico de Zamora ..... 145  
José Luis HERNÁNDEZ LUIS

Ermitas y beneficencia en Tierra del Pan ..... 155  
Cecilio VIDALES PÉREZ

Zamora 1936-1939, propaganda y fe. Ceremonias político-religiosas en la retaguardia franquista durante la Guerra Civil ..... 177  
Lucio MARTÍNEZ PEREDA

## LITERATURA

Carlos Latorre: el actor que estrenó *Don Juan Tenorio* ..... 227  
Guadalupe SORIA TOMÁS

## MEDIO AMBIENTE

Evolución de los incendios en la provincia de Zamora en el cambio de siglo y valoración del riesgo diario según un modelo de carácter meteorológico... 269  
Santiago DOMÍNGUEZ MARTÍN y Eugenio Luis GARCÍA DÍEZ

## MUSICOLOGÍA

El Magisterio musical de Juan García de Salazar (1639-1710) en la Catedral de Zamora ..... 289  
Paulino CAPDEPÓN VERDÚ

## NUEVAS TECNOLOGÍAS

La formación *b-learning* como modelo de dinamización en contextos rurales de la provincia de Zamora ..... 329  
Ana Isabel SÁNCHEZ IGLESIAS

## TOPONIMIA

Nuevas conjeturas de toponimia zamorana ..... 359  
Pascual RIESCO CHUECA

NECROLÓGICA ..... 439

MEMORIA ACTUAL DE ACTIVIDADES ..... 441

NORMAS PARA LOS AUTORES ..... 479

RELACIÓN DE SOCIOS ..... 483



MEDIO AMBIENTE





# EVOLUCIÓN DE LOS INCENDIOS EN LA PROVINCIA DE ZAMORA EN EL CAMBIO DE SIGLO Y VALORACIÓN DEL RIESGO DIARIO SEGÚN UN MODELO DE CARÁCTER METEOROLÓGICO

SANTIGO DOMÍNGUEZ MARTÍN\* y EULOGIO LUIS GARCÍA DÍEZ\*\*

\* INVESTIGADOR. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA. \*\* PROFESOR TITULAR. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

## RESUMEN

El fenómeno de los incendios como elemento de la problemática ambiental en Zamora es tratado aquí. Diferentes sistemas de detección del riesgo de fuego son presentados, destacando el modelo GD con fundamentación físico-meteorológica. Paralelamente los incendios acontecidos en la provincia de Zamora son analizados a diversas escalas temporales. A escala climática se detectan dos periodos de fuego que deben tenerse en cuenta en la gestión. Una tendencia descendente en la evolución anual del número de incendios en el cambio de milenio indica que las condiciones de fuego no se han incrementado. Por la validación de GD con datos de Zamora se demuestra que este método es adecuado para la gestión del fuego en esta provincia.

## *THE TENDENCY OF WILDLAND FIRES IN PROVINCE OF ZAMORA DURING THE CHANGE OF CENTURY, AND ASSESMENT OF DAILY RISK ACCORDING TO A METEOROLOGICAL MODEL*

## ABSTRACT

Forest fires, as an element of the environmental problem in Zamora are treated here. Several fire detection systems are presented, focussing our attention in GD model, which has physic-meteorological foundation. For different temporal scales fires in Zamora are also analysed. On a climate scale we have detected two fire seasons, which should be taken into a count for management. Fire conditions have not increased in period 1998-2006 because a decreasing in annual evolution of number of fires is observed. GD validation with fire data of Zamora has been a successful result. Therefore the main conclusion is that GD model is a suitable system to manage fires in Zamora.

## INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales se han convertido en un elemento más de la problemática ambiental a nivel mundial. Es un fenómeno que actúa por varios flancos, influyendo, entre otros, en los problemas propios de las emisiones a la atmósfera. Los incendios emiten CO<sub>2</sub> y otros contaminantes a la atmósfera, y tienen mucho que decir en el problema del calentamiento global. Por otro lado está el problema que los incendios generan de deforestación, con las consiguientes pérdidas de biodiversidad, contaminación de las aguas y desertificación. Por lo tanto, el fuego es un problema que requiere ser abordado desde un punto de vista ambiental.

En España los datos indican que los incendios aparecen con más alta frecuencia en toda la periferia peninsular destacando el noroeste. Parece que la aparición del fuego y la proximidad al mar guardan una evidente relación. En climas húmedos de la Península Ibérica como es el caso del noroeste peninsular, el fuego acontece cuando las condiciones meteorológicas, de escala espaciotemporal más pequeña, entran en oposición a las climatológicas, de escala más grande. Así, mientras éstas favorecen la existencia de cubierta vegetal en aquellos sitios de humedad y temperatura conveniente, son las condiciones meteorológicas opuestas las que, cuando acontecen, conllevan la aparición del fuego. Por esta razón, y sólo por ésta, pueden acontecer incendios en cualquier época del año.

El clima es el que determina la existencia de un determinado tipo de vegetación u otro. Así las zonas costeras del noroeste de la península, debido a su carácter climático húmedo y sus condicionantes térmicos, dan lugar a la aparición de series de vegetación de una alta densidad de cubierta vegetal y, por lo tanto, mayor combustible disponible para el fuego.

En Zamora las series de vegetación existentes debido a sus condiciones climáticas no son tan densas como lo son por ejemplo en Galicia, pero también poseen una enorme productividad vegetal debido a que poseen cierta influencia marítima. Esta provincia del occidente castellano-leonés se encuentra en el límite de dos regiones bioclimáticas: La Eurosiberiana y la Mediterránea, proliferando en su territorio series de vegetación como (Alcaraz, 1987):

- Pastizales Bercianosabrienses de *Festuca indigesta*.
- Enebrales oromediterráneos bercianosabrienses.
- Piornales oromediterráneos salmantinos.
- Melojares montanos y mesosupramediterráneos bercianosabrienses y salmantinos.
- Abedulares montanos y supramediterráneos bercianosabrienses.
- Quejigares mesosupramediterráneos castellanodurienses.

- Encinares colino-montanos y mesosupramediterráneos castellanodurienses, salmantinos, lusitanodurienses y bercianosabrienses.

Otras series que pueden existir en menor medida en la provincia son:

- Jarales mesomediterráneos bercianosabrienses.
- Enebrales montanos orocantábricos y supramediterráneos bercianosabrienses.

Cuando las condiciones climáticas predominantes, favorecedoras de esta vegetación potencial, se rompen, y surgen otras condiciones meteorológicas de escala menor opuestas a las climáticas, la vegetación se encuentra transitoriamente ante una situación que no le es favorecedora, hallándose en situación de estrés (Por ejemplo si en Zamora irrumpen condiciones más propias de otras áreas bioclimáticas de mayor influencia mediterránea, su vegetación no se encuentra en sus condiciones óptimas). Es justo en estas situaciones donde los incendios acontecen con mayor virulencia. Por ejemplo, niveles por debajo de la normalidad climática en el parámetro de humedad atmosférica, mantenidos durante un periodo de tiempo a escala meso (varios días), pueden favorecer la pérdida de agua en la vegetación por evapotranspiración, entrando en una situación de estrés hídrico y siendo más susceptible de ser inflamada en un incendio.

Los incendios tienen lugar sobre la vegetación potencial, o sobre plantaciones forestales de especies foráneas introducidas como el pino o el eucalipto. Debido al mayor impacto del fuego en las formaciones forestales, ya sean naturales o artificiales, una acepción muy usual en la gestión es la de incendio forestal. Pero dado que la cubierta vegetal afectada no es solo de carácter forestal, porque existen formaciones herbáceas y arbustivas también afectadas, se ha llegado a adoptar el concepto más conveniente de incendio silvestre. De este modo se incluyen todos los incendios que tienen lugar independientemente del modelo de combustible al que afecten. Otra denominación, ya que en los últimos años están proliferando los incendios en la interfase urbano-forestal, es el concepto de incendios de interfase. Los daños ya no se limitan al medio natural sino al medio humano aumentando las pérdidas materiales y en vidas humanas; otra razón más que hace al problema del fuego un aspecto que necesita ser gestionado adecuadamente en los planes de emergencia. En este contexto han surgido los llamados índices de riesgo de fuego.

Fruto de la necesidad de las diferentes agencias forestales nacionales que demandaban sistemas adecuados de gestión, a mediados del siglo XX comenzaron a diseñarse índices de predicción del riesgo de fuego en todo el mundo. Unos índices se basaron en las consideraciones según la perspectiva física-meteorológica y otros se basaron en fundamentos estadísticos o empíricos.



Basados en razones empíricas en Estados Unidos se elaboraron dos sistemas de detección de peligro y de conducta. Son los conocidos Índice nacional de detección del peligro de incendio (NFDR, National Fire Danger Rating System) (Deeming et al, 1977), y el sistema de comportamiento de fuego BAHAVE.

Otro de los índices de riesgo de fuego coetáneo del sistema americano y que tiene en cuenta estadísticamente los factores meteorológicos en superficie es el Índice Meteorológico Canadiense de Incendios Forestales (FWI) (Van Wagner, 1987).

El FFDM (Forest Fire Danger Meter) (McArthur, 1967, 1996) es el sistema utilizado en Australia, y se encuentra fundamentado empíricamente también en observaciones experimentales.

En Francia se elaboraron también métodos para la detección del riesgo de fuego. Así Orioux (Orioux, 1979) y Carrega (Carrega 1987,1988) establecieron una serie de fórmulas estadísticas admitiendo que los principales factores de los que depende el riesgo son los meteorológicos.

En España fue elaborado un modelo de detección del peligro de incendio vulgarmente denominado método ICONA (Vélez, 2000). Al igual que el americano y el canadiense se basa en consideraciones estadísticas.

Hoy en día, disponiendo previamente de una buena predicción meteorológica, estas metodologías mostradas anteriormente son las más comunes para predecir el riesgo de fuego en las diferentes áreas de gestión, incluso en territorios geográficos muy alejados de su lugar de origen. El más extendido es el caso del índice canadiense (FWI). Éste al igual que todos los de naturaleza estadística, suelen ser enormemente complejos y suelen presentar anomalías en su operatividad, pudiendo dar lugar a errores en la definición del riesgo. La escasez de validaciones satisfactorias de estos sistemas con datos reales garantiza que no son unos buenos sistemas para la gestión del fuego, a pesar de haberse impuesto en muchas planificaciones en la lucha contra el fuego.

Otra de las metodologías novedosas que se está imponiendo para monitorizar el riesgo de incendios es la teledetección. Este método suele basarse en un análisis de las condiciones de la vegetación mediante el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). El utilizar el NDVI en la definición de riesgo de fuego asume el hecho que al disminuir la actividad vegetativa (NDVI bajos) el combustible es susceptible de ser quemado con más facilidad, y el riesgo es por lo tanto mayor. El inconveniente de esta técnica es que carece de valor predictivo puesto que se fundamenta en valores del pasado.

Por otra parte en diversos ámbitos, de forma complementaria y desde un punto de vista estadístico, se adopta una metodología para la determinación del riesgo y la vulnerabilidad. Así en el seno del Plan INFOCAL en Castilla y León se determina

el conocido como Riesgo Local, teniendo en cuenta tres índices: de frecuencia, de causalidad y de peligrosidad.

El índice de frecuencia tiene un sentido de prevención dado que el fuego presenta mayores frecuencias en unos lugares que en otros, pero a nuestro juicio, no tiene valor predictivo.

En el índice de causalidad los valores muy altos son indicativos de que la mayor parte de los incendios son intencionados. En nuestra opinión no tiene sentido predictivo. Puede tener importancia en la vigilancia y control, pero como le sucede al de frecuencia no se trata de un índice diferencial, todos los días poseen un mismo valor. Este índice junto con el de frecuencia puede tener utilidad si se posee una buena predicción del riesgo de fuego en días sucesivos.

El índice de peligrosidad al basarse en los modelos de combustible, sólo tiene sentido si toda la superficie se encuentra en el mismo estado vegetativo como para ser identificado en la clave de modelos de combustible. Basta avanzar unos metros en el monte y el modelo puede haber cambiado. Además en este índice no se está teniendo en cuenta la orientación, proximidad a vías de comunicación, condiciones edáficas, etc. que pueden determinar que el combustible sea más o menos propenso al fuego. Por otra parte, no varía su valor de un día a otro por lo tanto todos los días se posee el mismo nivel de peligrosidad derivada de los combustibles.

El Riesgo local es el producto de los tres índices anteriores. El Riesgo Local es calculado para cada término municipal. Puede parecer que el producto de tres índices constituye un índice global representativo, pero a nuestro juicio debemos realizar una serie de matizaciones sobre esta metodología. Tener en cuenta que valores bien distintos de los índices puede dar el mismo resultado en el índice de riesgo local. El riesgo es el mismo según la metodología, pero la situación es muy distinta. Los índices de riesgo no deberían mezclar parámetros de naturaleza tan distinta.

La vulnerabilidad es también otro de los parámetros calculados teniendo en cuenta el análisis de pérdidas y daños que, en caso de incendio, pueden afectar a: la vida de las personas, zonas habitadas, infraestructuras e instalaciones, valores económicos, valores ecológicos, valores paisajísticos, patrimonio histórico artístico, valores de protección contra la erosión del suelo. Se trata de un parámetro difícil de valorar diariamente.

Según una perspectiva puramente física-meteorológica, en Estados Unidos se elaboró un índice de tiempo de fuego llamado índice de Haines (HI) (Haines, 1988) en el que se relaciona la estabilidad y la humedad de la columna atmosférica para definir la meteorología de mayor riesgo de incendios. Con planteamientos físicos muy similares en la Universidad de Salamanca fue elaborado un modelo que es capaz de definir el riesgo de fuego a partir de la estabilidad y la humedad atmosféricas.

Es el conocido como modelo GD (García Díez et al, 1993) que posee además la capacidad de predecir el número de incendios (García Díez *et al.*, 1994). Ambos métodos, HI y GD, comparten aspectos físicos pero entre ellos existen grandes diferencias que operativamente favorecen al modelo GD.

En todo modelo es importante la validación con resultados reales que demuestre que el modelo es útil en la definición del verdadero riesgo de incendios. El índice de Haines sufrió diversas validaciones con resultados muy contradictorios en la habilidad para la predicción de grandes incendios (Brotak, 1993) (Werth y Werth, 1998). El modelo GD en cambio ha cumplido este requisito en sucesivas ocasiones (García Díez et al, 1995a, 1995b, 1995c, 1996a, 1996b, 1996c). Por lo tanto el modelo está lo suficientemente testado y contrastado.

En este trabajo presentado aquí planteamos los siguientes objetivos:

1. En primer lugar analizar la evolución estacional a lo largo del año del fenómeno del fuego a escala climática en Zamora. Así podrá ser definida la estación o estaciones de fuego existentes en esta zona.
2. Se realizará un análisis de la evolución anual del número de incendios en Zamora para cada una de las estaciones de fuego durante el periodo 1998-2006. De esta manera podrá ser evaluada la tendencia que el fenómeno ha sufrido durante el cambio de siglo en la provincia de Zamora.
3. También se procede a una validación del modelo GD de detección del riesgo en la provincia de Zamora para valorar si dicho modelo puede ser útil en la gestión del fuego en la provincia.

## DATOS

Para este trabajo se han utilizado dos grandes cuerpos de datos:

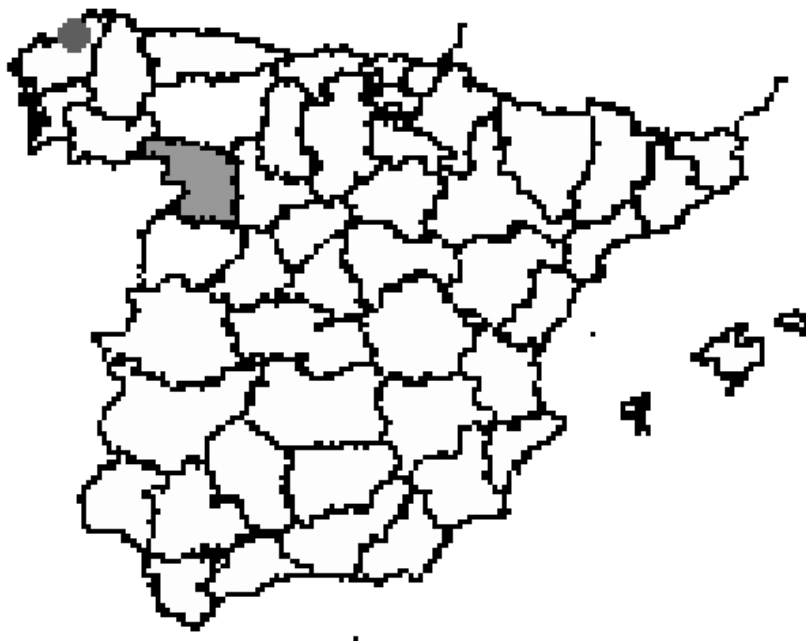
- Datos meteorológicos
- Datos de incendios

Los datos meteorológicos han sido obtenidos a partir de radiosondeos convencionales. Concretamente la estación elegida para el área de estudio ha sido la estación de A Coruña (08001) por ser la más cercana y representativa de las condiciones meteorológicas del área mesoescalar en el que se encuentra la provincia de Zamora (ver figura 1).

El radiosondeo a las 00:00 hora local se considera el más conveniente por mantener las condiciones más puras del estado de la columna atmosférica, y que son representativas de las siguientes 24 horas. Los radiosondeos proporcionan datos sobre temperaturas, temperaturas de rocío, geopotenciales de los diferentes niveles de presión de la columna. Son datos de libre acceso en diversas fuentes en Internet.

Concretamente los datos utilizados aquí han sido extraídos de la web de la Universidad de Wyoming durante el periodo 1998-2006.

### ESTACIÓN DE RADIOSONDEO DE LA CORUÑA



*Figura 1: Localización de la estación de radiosondeo de La Coruña.*

El otro gran cuerpo de datos utilizado en este estudio es el de los incendios, obtenidos por medio de la base de datos INCENPAR del Ministerio de Medio Ambiente. De dicha base de datos han sido extraídos el número de incendios acontecidos diariamente en la provincia de Zamora, para ser posteriormente procesados estadísticamente. Nosotros contabilizamos todos los eventos sean de la magnitud que sean pues lo que nos interesa es la aparición en sí misma.

Los datos de incendios analizados se corresponden con el periodo 1988-2000, para el análisis climático del fuego, y con el periodo 1998-2006, para el análisis de evolución anual así como de validación del modelo GD.

Como vemos se trata de una base de datos lo suficientemente amplia como para que no puedan ser extraídas conclusiones particulares de uno u otro evento, sino

el fenómeno de ocurrencia de fuego como proceso físico que acontece en la baja atmósfera.

## METODOLOGÍA

El modelo GD establece una clasificación de los días en función de las condiciones meteorológicas de estabilidad (**e**) y humedad (**D**). De acuerdo a esta clasificación un día puede presentar cuatro tipificaciones que se denotan como tipos I (inestable seco), II (inestable húmedo), III (estable seco) y IV (estable húmedo) (ver figura 2). Esta denominación numérica romana en modo alguno debe entenderse en sentido numérico ya que sólo es una denominación puramente semántica.

El factor de estabilidad (**e**) es un parámetro de estrato que viene dado por la ecuación:

$$e = S_{700} - S_{850} = Cp \cdot (T_{700} - T_{850}) + g \cdot (z_{700} - z_{850}) \quad (\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}) \quad (1)$$

donde  $C_p$  es el calor específico del aire a presión constante ( $1004 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ),  $T$  temperatura ( $^{\circ}\text{K}$ ),  $z$  geopotencial (m) y  $g$  la constante de la gravedad ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ ). Los subíndices indican el nivel de presión al que los valores son tomados.

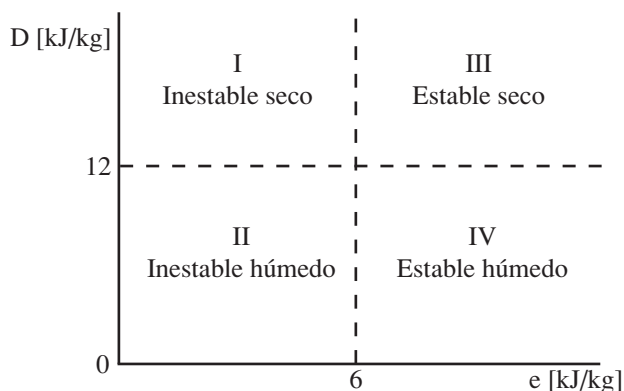


Figura 2: Esquema modelo GD: tipos de día.

**e** viene a significar en forma discreta la estabilidad del estrato 850-700 hPa en dimensiones de energía por unidad de masa, y es representativo de la totalidad de la columna. Estadísticamente en la región noroeste peninsular se establece un valor medio de  $e = 6 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Valores de **e** iguales o inferiores a dicho valor vienen a

caracterizar en un abuso del lenguaje los denominados días inestables (I y II); para los días en que  $e$  supera ese valor se habla de días estables (III y IV).

En cuanto a la humedad el modelo considera el déficit de saturación ( $D$ ) al nivel de presión de 850 hPa como el representativo de toda la columna:

$$D = =L(q^*-q)_{850} \quad (\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}) \quad (2)$$

donde  $L$  es el calor latente de condensación ( $2.5 \times 10^6 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),  $q$  la humedad específica y  $q^*$  la humedad específica saturante en kg de agua por kg de aire.

El valor medio estadístico de  $D$  en la zona noroeste es  $12 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , y para aquellos días con valores iguales o superiores a 12 estaremos hablando de días secos (I y III); y para los días inferiores a dicho valor estaremos hablando de días húmedos (II, IV).

En definitiva, conociendo la diada ( $e$ ,  $D$ ) de un día y yendo al esquema de la figura 2 sabremos el tipo de día en el que nos encontramos.

En la bibliografía existen muchas formas de representar tanto el campo de estabilidad como el de humedad, pero la ventaja del uso de las energías estáticas permite describir el proceso en las mismas dimensiones y unidades.

Estudios realizados en otras regiones del oeste de la Península Ibérica han indicado que la mayor afluencia de fuego acontece bajo la situación I. Seguidamente la situación más propensa son los días III. Posteriormente los IV poseen el mayor riesgo de aparición de fuego. Finalmente los llamados tipo II son en los que menos tienen lugar los incendios.

Para completar la explicación sobre la metodología es preciso que se definan los siguientes conceptos:

- DFR: Número de Incendios medios por día, representa el riesgo diario de fuego (Daily Fire Risk,  $DFR_i$ ) Este parámetro es calculado para cada tipo de día en todas las campañas de incendios analizadas.
- DFR medio: Promedio del número de incendios medios por día durante un periodo de varios años (Average Daily Fire Risk,  $\overline{DFR_i}$ ). Representa el riesgo medio para cada tipo de día en todo un periodo de estudio.
- DFR medio normalizado: Promedio normalizado del número de incendios medios por día durante un periodo de varios años (Normalized Daily Fire Risk):

$$NDFR_i = \frac{\overline{DFR_i}}{DFR_I + DFR_{II} + DFR_{III} + DFR_{IV}} \quad (3)$$

$$i = I, II, III, IV$$

Representa proporcionalmente el riesgo en tanto por uno para cada tipo de día en todo un periodo de estudio. Posee un carácter adimensional y muestra el peso que cada tipo de día posee en relación a la actividad de fuego, lo que puede resultar de gran utilidad en la gestión de la lucha antifuego.

Después de multitud de estudios estadísticos en el noroeste de España, las proporciones del riesgo entre clases, fijadas en la metodología mediante el NDFR, son 4 para los días I, 3 para los días III, 2 para los días IV y 1 para los II.

Validando estos resultados de la metodología del modelo GD con datos de Zamora, quedaría demostrado que el modelo GD es posible implantarlo con éxito en esta provincia como modelo predictivo de riesgo de fuego.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la gestión del problema del fuego en Zamora, en primer lugar es importante definir cuales son las estaciones de fuego que existen en la provincia. Realizando un análisis del número de incendios medios mensuales durante el periodo 1988-2000, como el mostrado en la figura 3, puede observarse la evolución del fenómeno a lo largo del año a una escala climática.

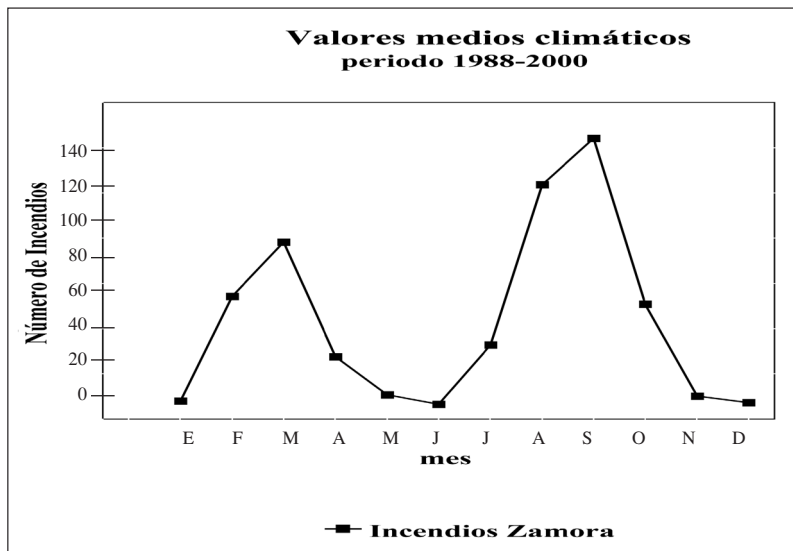


Figura 3: Evolución a lo largo del año del número de incendios medios mensuales (serie 1988-2000) en Zamora.

Podemos hablar claramente de dos estaciones de fuego en Zamora: una invernal (febrero y marzo) y otra estival (julio, agosto y septiembre). Al contrario de lo que pudiera pensarse los incendios no sólo acontecen durante los meses de verano. En invierno existe un periodo en el cual los incendios suelen acontecer estadísticamente. Si las altas temperaturas fueran indicativas del riesgo de fuego estos registros de incendios no serían recogidos durante los meses de invierno, justo cuando son tomados los valores más bajos de la temperatura en su evolución anual. Los parámetros meteorológicos indicativos del riesgo de fuego deben ser más complejos que una simple medida de temperaturas. Como hemos indicado en la metodología lo son la estabilidad y la sequedad y ello quedará demostrado profusamente para Zamora más adelante, pero previamente analizaremos la evolución del fenómeno del fuego en Zamora en los últimos años.

Al haberse detectado dos estaciones de fuego, es pertinente que si se pretende estudiar la evolución del fenómeno en Zamora en el cambio de siglo, y su proyección hacia el futuro, no sólo hay que estudiar los incendios que acontecen en verano, sino también los de invierno.

La evolución del número de incendios totales acontecidos en las campañas de verano en Zamora durante el periodo 1998-2006 (Figura 4) nos muestra que la actividad de fuego ha seguido una clara tendencia descendente.

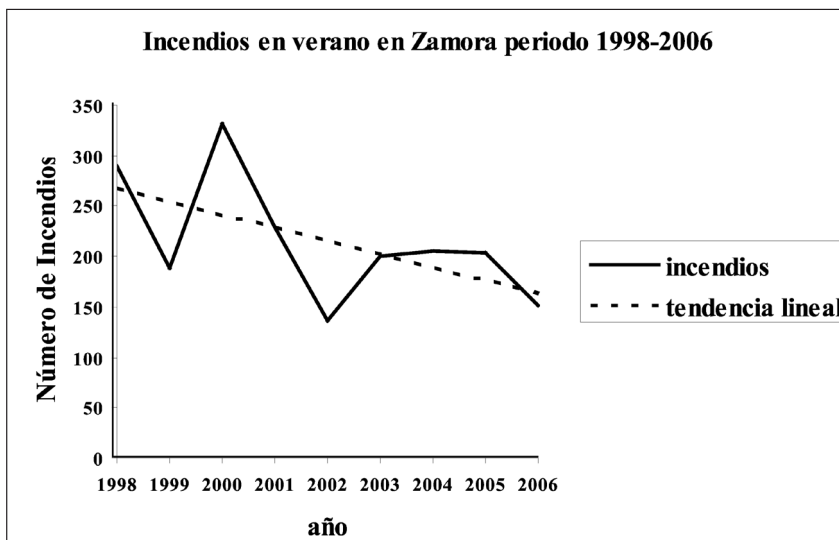


Figura 4: Tendencia del número de incendios en verano en el periodo 1998-2006 en Zamora.



El desarrollo creciente, con sus innumerables causas de fuego, el intrusismo urbano en la cubierta vegetal, o el abandono de las actividades culturales en el medio natural, son razones más que suficientes para pensar en una tendencia ascendente. Sin embargo, la realidad de los hechos nos indica que el fuego está descendiendo en esta última década. Por otra parte el tan mencionado calentamiento global, que está siendo observado a escala mundial en los últimos años, no está traduciéndose en un incremento de la actividad de fuego estival en Zamora.

Luego un aumento de las temperaturas planetarias superficiales no conlleva necesariamente un aumento de los incendios en Zamora, más bien un descenso a la vista de los resultados. Algo lógico por otra parte, ya que un aumento de temperatura en superficie puede favorecer la inestabilidad y la humedad, situación de riesgo mínimo como hemos podido estudiar en la metodología. Pero estas cuestiones sería necesario analizarlas con una mayor profundidad en trabajos futuros.

La evolución del número de incendios totales acontecidos en las campañas de invierno en Zamora durante el periodo 1998-2006 (Figura 5) nos muestra también que la actividad de fuego ha seguido una clara tendencia descendente. Luego los comentarios podrían ser los mismos que los realizados para verano.

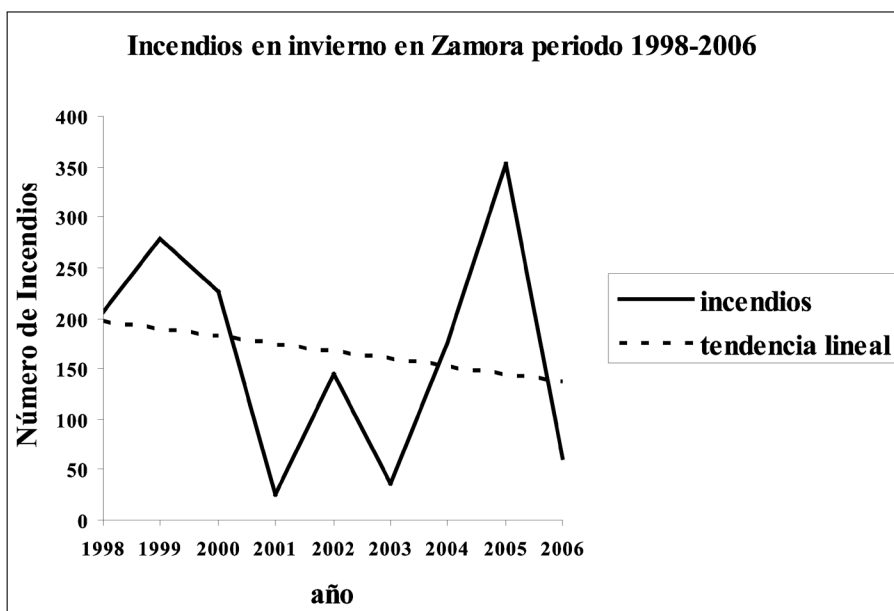


Figura 5: Tendencia del número de incendios en invierno en el periodo 1998-2006 en Zamora.

En esta evolución podemos observar como la campaña de invierno de 2005 se torno muy extrema en la provincia de Zamora. Después de haber acontecido una bajada considerable del fenómeno en las campañas invernales de 2001, 2002, 2003 y 2004, en el invierno de 2005 los eventos aumentaron considerablemente. Sin entrar de nuevo en valoraciones de tipo social, de cambio climático etc, exponemos aquí que, en invierno de 2005 debieron tener lugar días con condiciones muy favorecedoras para el fuego.

Esas condiciones que marcaron la aparición de los incendios no son otras que las conocidas condiciones meteorológicas de estabilidad y humedad. Para evidenciar este hecho, a una escala diaria mostramos en la figura 6 el evento más destacado dentro de la campaña de fuego de invierno de 2005 en Zamora, que transcurrió del día 14 al 20 de marzo.

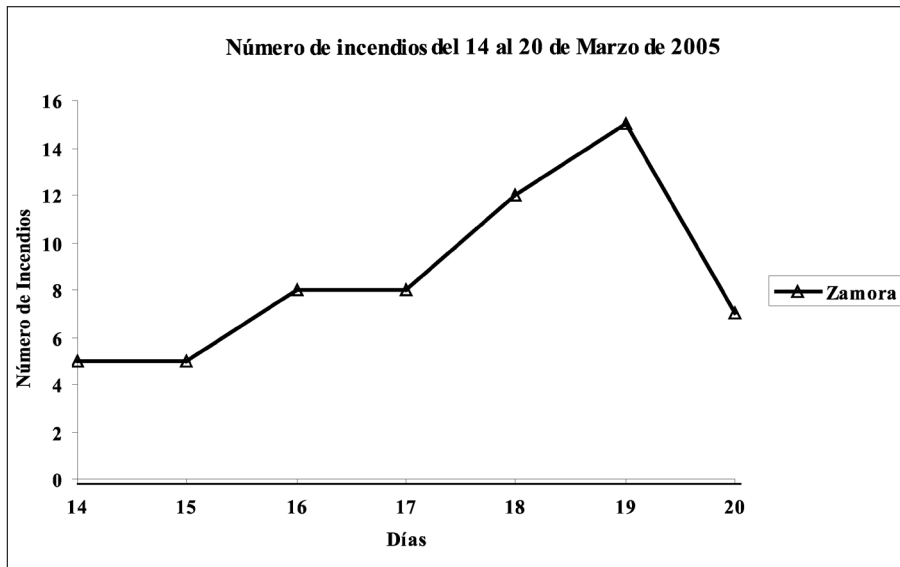


Figura 6: Número de Incendios en Zamora del 14 al 20 de marzo de 2005.

Sabemos que el modelo GD divide a los días en 4 tipos en función del riesgo meteorológico, basándose en dos parámetros de la columna atmosférica: e (estabilidad) y D (déficit de humedad), calculados a partir de datos de radiosondeo. Según el radiosondeo de La Coruña a las 00:00 horas el día 17 fue un día tipo II, precisamente en la clasificación del modelo GD son los días de riesgo muy bajo de incendios. Los días 18 y 19 fueron días tipo I que son los días de riesgo máximo dentro de la clasificación. El día 20 fue un día tipo II de nuevo, por lo tanto el ries-

go de incendio retorno a valores mínimos. La correspondencia entre los resultados del modelo GD y la evolución del número de incendios durante este episodio es muy evidente.

Esta evidencia en la relación entre la aparición del fuego y las condiciones meteorológicas en un episodio concreto, debe traducirse estadísticamente a una base de datos muy amplia para poder considerar al modelo GD como un buen modelo para gestionar los incendios que puedan originarse en la provincia de Zamora. Para ello hemos procedido a la validación del modelo GD en las dos estaciones de fuego durante el periodo 1998-2006.

En la tabla 1 se muestran los resultados de actividad de fuego ordenados según el modelo GD en la época estival: **f** es el número de incendios y **d** el número de días en cada tipo en cada campaña.

En la tabla 2 los resultados se muestran para la época invernal.

Podemos ver cómo para ambas campañas en Zamora el modelo GD responde de forma absolutamente coherente con el planteamiento inicial. La ordenación entre las clases es mantenida tanto en verano como en invierno siendo:

$$NDFR_I > NDFR_{III} > NDFR_{IV} > NDFR_{II}$$

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN SEGÚN GD DE LOS INCENDIOS EN VERANO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO 1998-2006 EN ZAMORA

Año	Tipo I			Tipo II			Tipo III			Tipo IV		
	f	d	DFR	f	d	DFR	f	d	DFR	f	d	DFR
1998	121	26	4,65	5	4	1,25	56	28	2,00	107	34	3,15
1999	61	19	3,21	8	13	0,62	34	21	1,62	85	39	2,18
2000	83	17	4,88	22	11	2,00	98	20	4,90	128	44	2,91
2001	47	16	2,94	10	9	1,11	83	20	4,15	89	47	1,89
2002	27	11	2,45	5	9	0,56	19	20	0,95	85	52	1,63
2003	90	24	3,75	4	6	0,67	57	21	2,71	50	41	1,22
2004	44	16	2,75	7	8	0,88	60	20	3,00	95	48	1,98
2005	42	19	2,21	0	1	0,00	74	30	2,47	87	42	2,07
2006	82	31	2,65	6	7	0,86	37	26	1,42	26	28	0,93
Total	597	179		67	68		518	206		752	375	
DFR (medio)			3,28			0,88			2,40			2,00
NDFR			0,4			0,1			0,3			0,2

La proporción del riesgo es la misma que GD estableció como puede observarse en los valores de NDFR. Los días I poseen potencialmente cuatro veces más

riesgo que los II y el doble que los IV. Los días III poseen el triple de riesgo que los II. Y los IV el doble de riesgo que los II. En definitiva la proporción 4, 3, 2 y 1 en los días I, III, IV y II es mantenida respectivamente.

**TABLA 2. DISTRIBUCIÓN SEGÚN GD DE LOS INCENDIOS EN INVIERNO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO 1998-2006 EN ZAMORA**

Año	Tipo I			Tipo II			Tipo III			Tipo IV		
	f	d	DFR	f	d	DFR	f	d	DFR	f	d	DFR
1998	48	10	4,80	10	7	1,43	43	10	4,30	105	32	3,28
1999	39	6	6,50	23	15	1,53	71	9	7,89	145	29	5,00
2000	113	18	6,28	27	12	2,25	30	6	5,00	57	24	2,38
2001	11	7	1,57	6	15	0,40	0	3	0,00	9	34	0,26
2002	38	11	3,45	5	9	0,56	9	4	2,25	92	35	2,63
2003	11	6	1,83	11	18	0,61	1	2	0,50	14	33	0,42
2004	49	9	5,44	16	13	1,23	29	9	3,22	81	29	2,79
2005	73	7	10,43	78	21	3,71	12	2	6,00	190	29	6,55
2006	16	5	3,20	4	22	0,18	9	3	3,00	33	29	1,14
Total	398	79		180	132		204	48		726	274	
DFR (medio)			4,83			1,32			3,57			2,72
NDFR			0,4			0,1			0,3			0,2

## CONCLUSIONES

Los resultados a una escala climática nos indican claramente que en Zamora existen dos estaciones de fuego, una en verano, pero también otra en invierno. Si de realizar una adecuada gestión en la lucha antifuego se trata, ambas estaciones deben ser consideradas en los planes de emergencia.

La evolución anual de los incendios en cada una de las estaciones de fuego en Zamora ha indicado una tendencia descendente en ambas. La conclusión que podemos extraer de este análisis es que las condiciones que rijan la aparición del fuego están inhibiendo la aparición del fenómeno. Dejando a un lado los condicionantes sociales y ciñéndonos exclusivamente a los condicionantes atmosféricos, la relación que pueda existir entre estos últimos y el fuego, durante todo el periodo de estudio a escala climática en Zamora, será una línea interesante de investigación para futuros trabajos.

Con los resultados estadísticos mostrados aquí podemos afirmar también que el modelo GD ha quedado perfectamente validado para la provincia de Zamora

desde un punto de vista cualitativo. Por lo tanto, la estabilidad y la humedad son dos factores que rigen la aparición del fuego en esta provincia. Lo cual constituye un hecho: el modelo GD puede ser un buen modelo para gestionar el riesgo de fuego que va a acontecer en la provincia a una escala diaria.

El único requisito necesario, aparte del modelo GD, para proyectar qué riesgo de fuego acontecerá en días sucesivos, e incluso en escenarios futuros a medio y largo plazo, sería disponer de un buen modelo numérico de predicción meteorológica o climática que proporcionase las variables de entrada a la metodología GD. Algo que está al alcance de cualquier gestor.

## AGRADECIMIENTOS

Extendemos nuestro agradecimiento a la Universidad de Salamanca por la concesión de una beca de investigación bajo la cual se ha desarrollado este trabajo. Igualmente queremos agradecer a la Junta de Castilla y León, ya que este estudio ha sido también financiado por un proyecto concedido por esta institución autonómica titulado: Modelo generalizado de predicción de incendios silvestres (SA095A08).

## BIBLIOGRAFÍA

- ALCARAZ ARIZA, F. 1987. *La Vegetación de España*. Editores: Rivas-Martínez S. y Peinado Lorca M. Universidad de Alcalá de Henares.
- BROTAK, E.A. 1993. "Low level weather conditions preceding major wildfires". *U.S. department of Agriculture Forest Service. Fire Management Notes*. 53-54. 23-26.
- CARREGA, P., 1987. "Une formule simple pour l'estimation du risque d'incendies de forest dans les Alpes-Maritimes". *Bulletin de la Commission Météorologique des Alpes-Maritimes*. Nice.
- CARREGA, P. 1988. "Une formule ameliorée pour l'estimation du risque d'incendies de forest dans les Alpes-Maritimes". *Revue d'analyse spatiale quantitative et appliquee*. N° 24. Nice.
- DEEMING, J.; BURGAN, R.; COHEN, J. 1977. "The National Fire Danger Rating System-1978". *Gen. Tech. Rep.* INT-39.
- GARCÍA DÍEZ E. L., LABAJO SALAZAR J. L., DE PABLO DÁVILA F. 1993. "Some Meteorological Conditions associated with Forest Fires in Galicia (Spain)". *International Journal of Biometeorology*, 37, 194-199.
- GARCÍA DÍEZ E. L., RIVAS SORIANO L., DE PABLO DÁVILA F., GARCÍA DÍEZ A. 1994. "An Objective Model for the Daily Outbreak of Forest Fires Based on Meteorological Considerations". *Journal of Applied Meteorology*, 33, 519-526.
- GARCÍA DÍEZ A., GARCÍA DÍEZ E. L. 1995a. "Predicción del Número de Incendios Forestales Diarios como Resultado de la Interacción de las Series Temporales Tiempo Pasado-Tiempo Presente". *Actas del XXII Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*, Sevilla (Spain): 653-656.
- GARCÍA DÍEZ A., GARCÍA DÍEZ E.L. 1995b. "Predicción a Varios Días del Número de Incendios Forestales Diarios". *Comunicación presentada en la IX Reunión ASEPELT-España*. Santiago de Compostela.
- GARCÍA DÍEZ A., RIVAS SORIANO L., DE PABLO DÁVILA F., DELGADO MARTÍN L., GARCÍA DÍEZ E. L. 1995c. "A Forecast Model for the Daily Number of Forest Fires: Spatio-Temporal Con-

- siderations". *Proc. III International Congress on Energy, Environment and Technological Innovation*. UCV Caracas (Venezuela), 3, 440-448.
- GARCÍA DÍEZ A., RIVAS SORIANO L., GARCÍA DÍEZ E. L. 1996a. "Medium-Range Forecasting for the Number of Daily Forest Fires". *Journal of Applied Meteorology*, 35, 725-732.
- GARCÍA DÍEZ A., RIVAS SORIANO L., DE PABLO DÁVILA F., GARCÍA DÍEZ E. L. 1996. "Spatial Validity of a Forecast Model for the Daily Number of Forest Fires: Statistical Analysis". *International Journal of Biometeorology*, 39, 148-150.
- GARCÍA DIEZ, A.; RIVAS SORIANO, L.; DE PABLO DÁVILA, F.; GARCÍA DIEZ, E.L. 1996c. "Statistical Analysis for the Spatial Validity of a Model to Forecast the Daily Number of Forest Fires". *International Journal of Biometeorology*, 39, 148-150.
- HAINES, D. A. 1988. "A Lower Atmosphere Severity Index for Wildland Fires". *National Weather Digest*, 13 (2), 23-27.
- Mc ARTHUR, A.G. 1967. "Fire behavior in eucalypt forest. Australia Forest". *Timber Bureau, Forest Res. Inst. Camberra. Leaflet*. 107, 36 p.
- Mc ARTHUR, A.G. 1996. "Weather and Grassland Fire Behavior. Commonwealth of Australia. Department of National Development". *Forestry and Timber Bureau. Leaflet Number* 100, Camberra. Australian Capital.
- ORIEUX A. 1979. "Conditions météorologiques et incendies de forets en region méditerranéenne". *Météorologie Nationale*, Paris, N.T. n° 8, Section XXIV, 14 p.
- VAN WAGNER, C.E. 1987. "Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System". *Ontario Forestry Technical Report* Government of Canada, Canadian Forestry Service, Ottawa, 35. 37 p.
- VÉLEZ, R. 2000. *La Defensa contra Incendios Forestales*. Ed. McGraw Hill, Madrid.
- Werth, J. and P. Werth. 1998. "Haines Index climatology for the Western United States". *Fire Management Notes*, U.S. Department of agriculture Forest Service 58, 8-17.

## Webs

<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>.



