

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO DE LA COSECHA DE CEREAL MEDIANTE IMAGENES NOAA Y DATOS METEOROLOGICOS

J.A. Delgado⁽¹⁾, R. Terrab⁽²⁾, P. Illera⁽¹⁾ y J.L. Casanova⁽²⁾

(1) E.T.S. Ingenierías Agrarias, Dpto Física Aplicada I. LATUV. Avda. Madrid, 57, 34004-Palencia. Tel: 979-729048. Fax: 979-712099. e-mail: joseant@fal.cie.uva.es

(2) Facultad de Ciencias, Dpto Física Aplicada I, LATUV. Prado de la Magdalena s/n. 47005-Valladolid.

RESUMEN: En el trabajo mostramos el resultado obtenido en la búsqueda de un modelo de estimación de rendimientos, para la cosecha de cereal (trigo y cebada) en Castilla-León, mediante imágenes NOAA y datos termoplumiométricos del INM. La combinación de ambos tipos de datos mediante un modelo lineal de regresión múltiple nos permite obtener un ajuste con coeficiente de correlación de 0.83 y un error relativo, en todo el territorio en el año 1994, de 1.9%. A nivel provincial los errores son también aceptables.

INTRODUCCION- DATOS UTILIZADOS

El interés en estimar la producción agrícola es manifiesto tanto para los agentes económicos que intervienen en la cadena alimenticia como para las autoridades que intervienen en el desarrollo de una política agraria adecuada. La combinación de los satélites y los datos de tipo meteorológico se manifiesta como una muy buena herramienta en la estimación de los rendimientos de la cosechas [1] [2]. Nosotros hemos optado por aplicar dicha potencialidad en la cosecha de cereal en Castilla y León. Siguiendo la línea de trabajo ya presenta en la anterior Reunión de la AET [3] nos hemos planteado mejorar los resultados de una estimación basada exclusivamente en la evolución del NDVI con la introducción de nuevos datos de tipo meteorológico. Por una parte con las imágenes NOAA

estimamos la temperatura del suelo (**T_s**) y por otra mediante datos de suelo, suministrados por el INM, la temperatura del aire (**T_a**) y la precipitación (**Pr**).

Para los años del trabajo 1994 y 93 la Junta de Castilla-León nos ha suministrado los resultados de las encuestas de superficie y rendimiento, para la cosecha de cereal, en parcelas de 700x700m² (49ha) distribuidas en una red de 10 km de paso sobre todo el territorio.

Las imágenes NOAA utilizadas en el trabajo han sido captadas y procesadas en nuestro laboratorio de Teledetección, LATUV. Se han elaborado compuestos decenales de valor máximo del NDVI y mediante los canales térmicos y el NDVI se han generado imágenes de temperatura del suelo [4].

La red de estaciones termo-pluviométricas del INM en Castilla y León aporta aproximadamente 240 puntos con datos diarios de temperatura del aire máxima y mínima y entorno a 740 con datos diarios pluviométricos. Dichos datos nos permiten generar, en la misma escala que las imágenes NOAA (1 km²), mapas de temperatura del aire y de precipitación. Para la generación de los mapas de **T_a** hemos desarrollado un algoritmo de interpolación pesado con la inversa de la distancia a las estaciones disponibles. Se ha teniendo en cuenta la posible influencia de altura en la temperatura interpolada introduciendo el gradiente térmico de 0.7°C/100m e introduciendo la altura

mediante un modelo digital de terreno. Los mapas pluviométricos se ha realizado mediante el método de polígonos Thiessen. En la figura 1 mostramos la evolución de los diferentes datos para una de las parcelas encuestadas, localizada en la provincia de Valladolid y con un uso 100% de cereal (trigo+cebada).

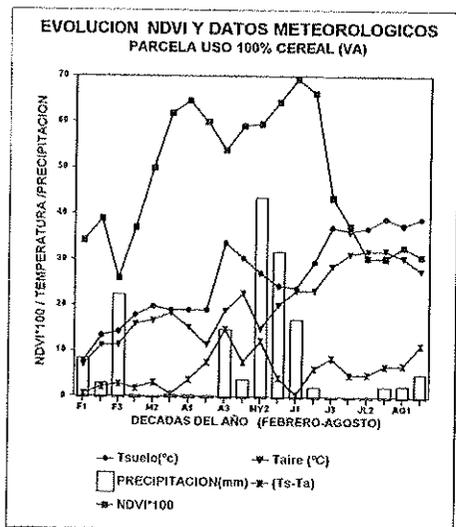


FIGURA.1)- Evolución decenal del NDVI, precipitación, temperatura del aire, del suelo y su diferencia para una parcela encuestada en el año 1994 con uso 100% cereal.

**ANALISIS DE LOS DATOS:
ESTIMACION DEL RENDIMIENTO**

El estudio del rendimiento y la evolución del NDVI nos ha permitido deducir [3] que hay una máxima correlación entre rendimiento y la suma acumulada del NDVI en la fase final del ciclo fenológico del cereal (maduración). Para la relación lineal de la suma acumulada y el rendimiento tenemos $r=0.7$.

El análisis de las variables disponibles : Ts, Ta, precipitación y posibles derivadas con aplicación agraria (Ts-Ta), $(Ts)^2$ se ha desarrollado de una forma similar, buscando la máxima correlación entre el su acumulación en un ciclo temporal y el rendimiento. Obtenidos los ciclos

acumulados óptimos de cada variable presentamos en la Tabla I los resultados relevantes.

correlación	Σ (NDVI) índice/día	Σ Preci (mm)/día	Σ (Ts-Ta) (°C)/día	Σ (Ts) ² (°C) ² /día
intervalo	1ju-30j	1mar-30ju	20ab-10j	20ab-10j
Rend. (kg/ha)	0.69	0.63	-0.59	-0.80
Σ (NDVI)	1.00	0.05	-0.34	-0.43
Σ Preci	*	1.00	-0.54	-0.74
Σ (Ts-Ta)	*	*	1.00	0.78
Σ (Ts) ²	*	*	*	1.00

TABLE I)- Correlación entre el Rendimiento de las parcelas disponibles y las sumas acumuladas dividida por el número de días: medias diarias de las variables señaladas. Se ha probado directamente con Ta, Ts siendo los resultados poco relevantes frente los presentados.

Como complemento a la tabla presentamos algunas relaciones . (figura 2a-d).

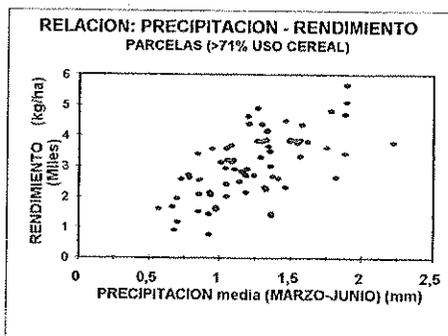


FIGURA.2.a)-Relación rendimiento y precipitación media en el intervalo señalado, para el año 1994 y las parcelas con más de 71% de uso cereal (trigo+cebada)

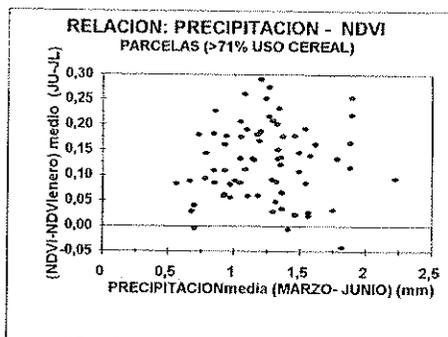


FIGURA 2.b) Idem 2.a precipitación- NDVI

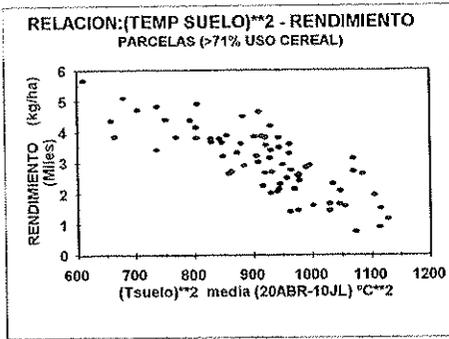


FIGURA 2.c) Idem figura 2.a con la temperatura del suelo al cuadrado y el rendimiento..

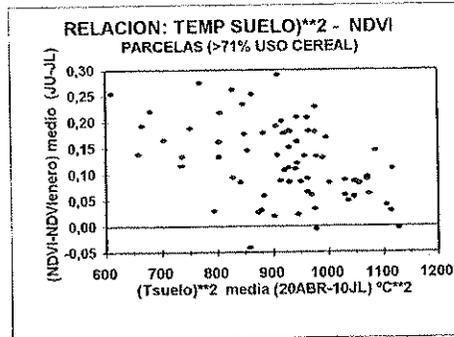


FIGURA 2.d) Idem figura 2.a con la temperatura del suelo al cuadrado y la media del (NDVI-NDVI_{ENERO}) .

Realizado el análisis entre las variables y su relevancia para la estimación del rendimiento, buscaremos mediante un modelo lineal de regresión múltiple, con la

estrategia de regresión paso a paso (stepwise-regression) una expresión para la estimación del rendimiento de la forma:

$$\text{Rendimiento(kg / ha)} = \alpha + \beta \cdot \overline{\text{NDVI}}_E + \gamma \overline{\text{Pr}} + \delta \overline{\text{Ts}^2} + \varepsilon (\overline{\text{Ts} - \text{Ta}}) \quad (1)$$

siendo :

$$\overline{\text{NDVI}}_E = \frac{\sum_{1 \text{ junio}}^{31 \text{ julio}} (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{ENERO}})}{\text{num de días (1 ju - 31 jl)}}$$

$$\overline{\text{Pr}} = \frac{\sum_{1 \text{ marzo}}^{30 \text{ junio}} \text{precipitacion}}{\text{num días (1mar - 30jun)}}$$

$$\overline{\text{Ts}^2} = \frac{\sum_{20 \text{ abril}}^{10 \text{ julio}} \text{Ts}^2}{\text{num días (20abr - 10jul)}}$$

$$\overline{(\text{Ts} - \text{Ta})} = \frac{\sum_{20 \text{ abril}}^{10 \text{ julio}} (\text{Ts} - \text{Ta})}{\text{num días (20abr - 10jul)}}$$

Introduciendo las cuatro variables, tenemos como primer resultado importante la desestimación en la ecuación final de la variable $(\overline{\text{Ts} - \text{Ta}})$ al no ser significativa. Los resultados definitivos de los coeficientes estimados y los estadísticos asociados al análisis los presentamos en la Tabla II. Un análisis de las variables definitivamente utilizadas y la eliminada $(\overline{\text{Ts} - \text{Ta}})$ nos muestra que es $(\overline{\text{Ts}^2})$ la que la elplusa de la ecuación final.

TABLA II

Coef	valor	Error Std	t Student	Nivel de Sig.
α	5692	1495	3.807	0.0003
β	4104	1190	3.449	0.0010
γ	798	337	2.364	0.0209
δ	-4.54	1.13	-3.998	0.0002
R=0.83 Error Std Estimación=600 ndatos=73				
Error Abs Medio=485 Durbin Watson=2.1				

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO

Como conclusión final aplicaremos la ecuación obtenida sobre las parcelas encuestadas en el año 1994 con más de 20% de uso cereal, para comparar los resultados, a nivel de toda la comunidad y provincial, del rendimiento medio estimado en las encuestas y por la ecuación obtenida. La Tabla-III muestra la comparación de resultados. Finalmente hemos elaborado como producto final el mapa de estimación de rendimiento aplicando la ecuación en las áreas clasificadas en CORINE Land-Cover como tierra de labor en secano. El mapa final se presenta en la Figura 3.

TABLA III

COMPARACION RENDIMIENTOS			
	encuesta terreno (kg/ha)	estimación modelo (kg/ha)	diferencia (%)
Avila	1776	1827	+2.9
Burgos	3655	3365	+8.0
León	2575	2718	-5.5
Palencia	3221	2916	+9.5
Salamanca	2916	3221	+10.4
Segovia	2570	2372	-7.7
Soria	2017	2160	+7.1
Valladolid	2591	2616	-1.0
Zamora	2417	1962	-18.8
Castilla y León	2600	2649	+1.9
número de datos utilizados=402			

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al INM los datos meteorológicos suministrados, a la Junta de Castilla y León habernos proporcionado los datos de las encuestas de rendimiento y la financiación recibida que ha hecho posible el trabajo.

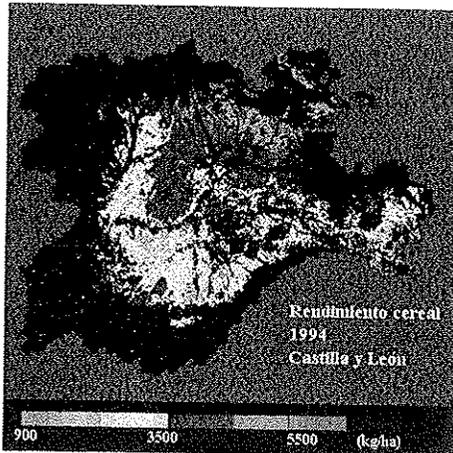


FIGURA.3)- Rendimiento estimado sobre Castilla y León para el año 1994. Se ha aplicado la ecuación (1) con los coeficientes de la tabla II. La estimación se ha realizado sobre los puntos de uso, según CORINE Land-Cover, tierras de labor en secano.

REFERENCIAS

- [1] N.A. QUARMBY, M. MILNES, L. HINDLE and N. SILLEOS. "The use of multi-temporal NDVI measurements from AVHRR data for crop yield estimation and prediction". Int. J. Remote Sensing, 1993, 14, no2, 199-210.
- [2] S.M.E. GROTEN. "NDVI-crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso". Int J. Remote Sensing. 1993, 14, no 8, 1495-1515.
- [3] J.A. DELGADO, P. ILLERA, R. TERRAB Y F. GONZALEZ. "Utilización de imágenes NOAA para la estimación de rendimientos de cosechas en Castilla y León". Teledetección : usos y aplicaciones. 1997. 31-38. Univ. Valladolid.
- [4] V. CASELLES, C. COLL, E. RUBIO, F. SOSPEDRA Y E. VALOR. "La medida de la temperatura y de la emisividad desde satélites: estado actual y perspectivas futuras. Teledetección: usos y aplicaciones. 1997. 487-492. Univ. Valladolid.