

RELACION ENTRE LOS INDICES DE VEGETACION NORMALIZADOS PROCEDENTES DE IMAGENES NOAA Y ALGUNOS PARAMETROS BIOGEOGRAFICOS EN EL VALLE DEL RIO GALLEGO (ARAGON)

Ascaso Alcubierre, P. y García Rodríguez, P.

*Dpto. Análisis Geográfico Regional y Geografía Física. Facultad de Geografía e Historia.
Telf: 3945969. Fax: 3945963. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid*

RESUMEN.- El objetivo fundamental del presente estudio ha sido analizar la relación existente entre los valores de los "Indices de Vegetación Normalizados" correspondientes a imágenes NOAA, y algunos parámetros ambientales, en el valle del río Gállego (Aragón). Los principales factores que condicionan la evolución de la vegetación y los NDVI son: altitud, clima, litología, humedad y temperatura del suelo, tipos de vegetación y, especialmente, usos del suelo.

ABSTRACT.- The main objective of this investigation has been to analyze the relationships between a "Normalized Difference Vegetation Index" (NOAA Images) and some environmental factors, in the valley of Gallego river (Aragón, Spain). The temporal evolution of the vegetation and the NDVI are conditioned by the following factors: altitude, climate, lithology, temperature and moisture of soil, types of vegetation and, specially, land use.

1.- INTRODUCCION

El presente trabajo se ha planteado con el fin de establecer una relación entre los "Indices de Vegetación Normalizados (NDVI)" procedentes de imágenes NOAA y los principales parámetros edáficos y biogeográficos del área de estudio: ocupación y tipos de suelo, litología, altitud, clima, regímenes microclimáticos y vegetación natural.

En los últimos años son numerosos los trabajos que tratan de relacionar los Indices de Vegetación de los satélites NOAA con diferentes variables ecológicas (LLOYD et al., 1986; BECKER, et al., 1988; GALLO et al., 1989; KEER, et al., 1989; CIHLAR et al., 1991; TATEISHI et al., 1991; MORENO et al., 1992; COURAULT et al., 1994; TAMAYO, 1994; etc.). Basándonos en estos artículos hemos intentado obtener una metodología válida para un estudio biogeográfico a escala regional. Para ello se ha escogido el Valle del río Gállego, afluente por la margen izquierda del río Ebro, por ser considerada un área de gran variabilidad física, en la que pueden establecerse estrechas relaciones entre la dinámica de la vegetación y las variables físicas y antrópicas del medio.

2.- AREA DE ESTUDIO

El río Gállego se sitúa en la vertiente pirenaica de la Cuenca del Ebro (provincias de Huesca y Zaragoza), ocupando una superficie de 4008 km² (fig. 1). Está constituido por tres sectores muy bien definidos: la cuenca alta, cerrada por los relieves de las sierras interiores

prepirenaicas; el sector medio, que llega hasta las sierras exteriores prepirenaicas, y la cuenca baja que se desarrolla en las tierras de la depresión del valle medio. La altitud del área de estudio está comprendida entre los 175 m (proximidades del río Ebro) y los 2670 m (Pirineos).

La litología de esta zona (IGME, 1973 y 1980) se caracteriza por la presencia de materiales terciarios y cuaternarios en la cuenca baja y media del río Gállego: yesos, margas, calizas, conglomerados, arenas y arcillas del Oligoceno y Mioceno, y terrazas y depósitos aluviales del Cuaternario. En las proximidades del embalse de La Peña atraviesa materiales mesozoicos (calizas y conglomerados), y ya en el Pirineo aparece el Paleozoico (rocas ígneas y metamórficas).

Climatológicamente existe una gran variabilidad dentro de la continentalidad de todo el área de estudio (I.G.N., 1993): desde las áridas tierras del centro del valle del Ebro, hasta las húmedas y frías del Pirineo; según

Köpen aparecerían de Norte a Sur los siguientes tipos de clima: Dfb, Cfb, Csa, Cwa y Bsk. Los suelos que tienen mayor extensión en el área de estudio corresponden, según la clasificación de la FAO de 1989, a fluvisoles, regosoles, leptosoles, cambisoles y luvisoles, desarrollados la mayoría sobre los materiales calcáreos y yesíferos. Los regímenes de humedad abarcan (ALBERTO et al., 1984) desde el perúrico en las zonas de montaña, hasta el árido en el valle bajo, pasando por el ústico y xérico en las zonas medias. Los regímenes de temperatura (ARRUE et al., 1984) comprenden el cryico, méxico y térmico.

El uso del suelo en la parte baja es fundamentalmente agrícola, con regadío en las áreas próximas a los ríos, y secano en el resto, con pequeñas zonas sin apenas vegetación. Conforme aumenta la altitud, el suelo va adquiriendo vocación forestal, con presencia de masas arbóreas (coníferas y frondosas), monte bajo y, en las zonas de alta montaña, céspedes alpinos.

3.- MATERIAL Y METODO DE TRABAJO

Para el presente estudio se ha utilizado una serie de dieciseis imágenes NOAA que comprenden desde el 1 de marzo hasta el 29 de septiembre de 1994. El proceso que se ha seguido en cada una de ellas es: obtención de los NDVI (B2-B1/B2+B1) a partir de imágenes del satélite NOAA. Estas imágenes son producto de la selección de una larga serie (más de 300) imágenes HRPT capturadas por la estación SMARTech propiedad de la empresa INFOCARTO SA. Estas imágenes han seguido el siguiente proceso:

- . Captación de imágenes.
- . Corrección radiométrica.
- . Corrección geométrica.
- . Elaboración del NDVI.
- . Composición del Máximo valor (MVC).

Posteriormente, se ha hecho una selección de un conjunto de puntos de muestreo, en función de los diferentes tipos y usos de suelo, clima, litología y altitud, con el fin de analizar la dinámica de la vegetación (estado fenológico).

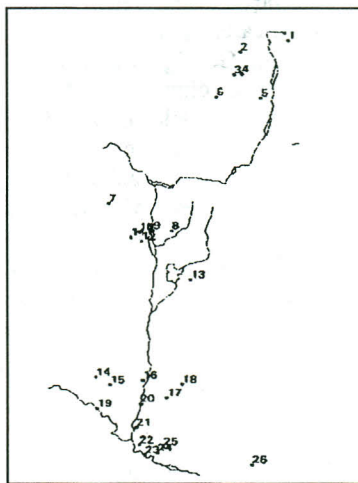


Figura 1.- Localización de los puntos de muestreo

Con el objetivo de sintetizar los datos existentes sobre el medio físico se ha utilizado la siguiente cartografía:

- Mapa Geológico de España (IGME, 1973 y 80).
- Atlas de clima (Atlas Nacional de España, 1993)
- Mapa de suelos de España (Guerra et al., 1968)
- Mapas de microclima de suelo (Alberto et al., 1984).
- Mapas de vegetación de Aragón (Montserrat et al., 1971)
- Usos de suelo (Corine, 1988)
- Modelo digital del terreno
- NDVI de NOAA (marzo-septiembre de 1994)

Toda la información sobre el medio físico se ha sintetizado en el cuadro nº 1.

Puntualmente, se han agrupado las evoluciones temporales de los NDVI de las áreas de muestreo (figuras 2 a 6) en función de los diferentes usos de suelo (CORINE, 1988): espacios abiertos con poca vegetación, cultivos en secano, cultivos en regadío, vegetación natural y vegetación forestal.

Este trabajo se ha realizado con los programas ERDAS PC y estación de trabajo (tratamiento de NDVI y cartografía). El tratamiento de los datos se ha efectuado con la hoja de cálculo EXCEL.

4.- RESULTADOS Y DISCUSION: DINAMICA DE LOS INDICES DE VEGETACION NORMALIZADOS EN FUNCION DE LOS USOS DE SUELO

El estudio de las curvas de los NDVI, desde marzo a septiembre de 1994, confirma la estrecha relación entre los distintos parámetros físicos y la evolución temporal de la vegetación. Consideramos que los índices de vegetación de las imágenes NOAA son un instrumento válido para el seguimiento de la dinámica vegetal (alta resolución temporal) y de los estudios biogeográficos a escala regional (tamaño de pixel 1.1 x 1.1 Km). Esta metodología es apropiada tanto para un uso de suelo agrícola (discriminación de áreas de secano y regadío en función de su evolución temporal), como para un suelo con vegetación natural (mostrando las variaciones entre los distintos estratos de la vegetación y su diferente distribución geográfica). El uso de suelo es un factor dominante en las variaciones de NDVI, por lo que se ha efectuado el análisis de los diferentes puntos de muestreo y la evolución de las curvas obtenidas, separando cada uno de estos usos, siguiendo la leyenda del CORINE (1988): espacios abiertos con poca vegetación, cultivos de secano, cultivos de regadío, vegetación natural y vegetación forestal.

4.1.- Espacios abiertos con poca vegetación (figura 2)

Estos espacios se localizan tanto en el valle bajo del río Gállego, como en las áreas de montaña.

Se desarrollan sobre dos tipos de material diferente que condicionan su diversidad vegetal. En latitudes bajas estos espacios abiertos, con matorral disperso, gipsícola, se localizan sobre materiales yesíferos; esto, unido a unas condiciones climáticas muy áridas, impide el desarrollo del suelo y la presencia de vegetación, salvo pequeños arbustos adaptados a contenidos elevados en sulfatos.

En alta montaña, los espacios abiertos, más dispersos, se encuentran en áreas con materiales silíceos, con pequeño desarrollo del suelo (leptosoles, litosoles o, en caso de máxima evolución, cambisoles) y pendiente elevada. El clima es más húmedo, con temperaturas muy bajas y un microclima que puede llegar a tener un régimen de humedad údico y de

temperaturas críco, por lo que la vegetación dominante corresponde a pastos alpinos. Estas dos áreas se diferencian claramente al observar la evolución de los NDVI, aún cuando los valores son siempre muy bajos.

En las tres primeras muestras (figura 2), situadas en zona de montaña, los valores son nulos (por debajo de 127) hasta la mitad de la primavera, lo que indica que el desarrollo de la vegetación es tardío. En verano, época de máximo apogeo vegetal, los valores son más elevados, debido a la presencia de arbustos y céspedes de montaña. En esta estación, hay ligeras oscilaciones en los valores de NDVI, debido posiblemente al control hídrico que ejercen las precipitaciones puntuales (tormentosas), lo que facilita una mayor actividad vegetal, en suelos con poca capacidad de retención hídrica.

Las muestras 4 y 5 corresponden a zonas bajas, con un desarrollo vegetal más temprano, que queda reflejado en valores más altos de los NDVI en primavera. Sin embargo, en verano los valores son bajos debido a que la gran aridez estival impide el desarrollo vegetal. La muestra 5, situada en un área casi desértica, tiene un valor relativamente alto a principios de junio, debido probablemente a un desarrollo esporádico y temporal de hierbas o plantas arbustivas. En general, el control térmico e hídrico es muy importante en verano, impidiendo el desarrollo vegetal y mostrando unos valores casi nulos de NDVI.

4.2.- Cultivos de secano (figura 3)

Se han tomado siete puntos de muestreo, siguiendo el curso del río Gállego; salvo la muestra nº 12, situada a una mayor altitud (1213 m) y por tanto con un régimen climático totalmente diferente, todas ellas muestran una gran similitud. Además, las seis primeras se sitúan sobre sedimentos neógenos (Mioceno), ricos en margas, yesos y, en la parte más alta, calizas, con desarrollo de suelos yesíferos (muestras 6 a 9) o pardo calizos (muestras 10 y 11). La última muestra (13) se ha tomado en suelos rendsiniformes desarrollados sobre materiales calcáreos correspondientes al Oligoceno. En las primeras, el control de la vegetación es fundamentalmente hídrico; en la última, térmico.

Dentro del primer grupo, las tres primeras muestras (6, 7 y 8) son muy homogéneas, con valores muy bajos, en los que apenas se observan variaciones estacionales, aunque en verano la actividad vegetal es prácticamente nula, afectada por el régimen microclimático (régimen de humedad xérico y de temperatura térmico). Esto indica que son suelos poco fértiles, escasamente aptos para el cultivo que, sólo a finales del invierno y principios de primavera, cuando los cereales están aún verdes, ofrecen una respuesta positiva. A partir de julio, los NDVI tienen valores próximos a 127, lo que indica que el cereal ya ha sido recolectado y no hay otra actividad vegetal. Estos valores pueden estar afectados por el color del suelo.

Las muestras 9, 10 y 11 son similares, sin actividad en verano, aunque con valores ligeramente más altos en primavera, que pueden indicar una mayor productividad. En verano apenas hay actividad, aunque existen pequeñas oscilaciones en la curva, debido posiblemente a tormentas locales que favorecen la presencia posterior de hierbas de rápido crecimiento, que van a repercutir en los NDVI.

La última muestra ofrece un gran contraste con las anteriores. Corresponde a secano en zona de montaña, rodeado de vegetación natural, que puede interferir en el valor definitivo del índice. A diferencia de los cultivos situados a menor altitud, en los que existe un gran control hídrico, siendo el agua un factor fundamental en el control de la producción, en esta última muestra, es la temperatura la que ejerce de factor limitante para el desarrollo de las cosechas; el régimen de humedad, údico, indica que no hay ausencia de agua en la época favorable para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, este desarrollo es más tardío, como indican los bajos valores del índice de vegetación hasta primeros de junio, con valores muy altos

durante todo el verano, quizás influidos también por los valores de la vegetación arbustiva cercana.

4.3.- Cultivos en regadío (figura 4)

Se han analizado cinco muestras en la llanura aluvial del río Gállego, con suelos de vega que se pueden clasificar como fluvisoles.

Existe una gran variación entre todas las muestras, debido sobre todo a los tipos de cultivo y a las diferentes fechas de desarrollo fenológico y recolección, aunque en general, los valores más bajos de NDVI corresponden a las muestras 14 y 15.

Durante la primavera todas las curvas tienen un comportamiento más homogéneo, ya que los cultivos se están aún desarrollando. En verano se observa mayor contraste, con diferencias más significativas y grandes oscilaciones debidas al diferente grado de desarrollo y producción.

4.4.- Vegetación natural (figura 5)

Se han estudiado cuatro muestras (18, 19, 20 y 21); las tres primeras se sitúan en un área con vegetación natural desarrollada sobre sedimentos del Mioceno (margas, calizas y yesos) y caracterizadas por suelos que comprenden desde grises subdesérticos (muestras 18) a pardo calizos o rendsiniformes (19 y 20) y que soportan una vegetación con diferentes estratos (matorrales y pastizales con algunas encinas dispersas). La última muestra se localiza a mayor altitud (2272 m) y se caracteriza por la presencia de cervunales desarrollados sobre cambisoles formados a partir de materiales paleozoicos.

La curva de los NDVI de esta última muestra ofrece un gran contraste con las anteriores. Tiene valores negativos en primavera, que indican que la vegetación aún no ha florecido. Conforme se va produciendo el despertar de esta vegetación, los valores de NDVI van aumentando, hasta alcanzar cifras muy elevadas en julio, manteniéndose ya estables (siempre con valores más altos que las otras muestras) durante todo el verano. Todo esto indica que el desarrollo de la vegetación, en esta zona, está muy limitado por las bajas temperaturas de invierno y primavera, por lo que la floración es siempre tardía, con un desarrollo fenológico retrasado respecto a la vegetación situada a menor altitud.

Las muestras 18 y 20 tienen curvas muy parecidas: material original, tipo de suelo, clima y vegetación, son similares, por lo que ofrecen diferencias poco relevantes. Se caracterizan por la presencia de matorrales y pastizales que tienen valores de NDVI más altos en primavera. En verano estos valores son negativos debido a que los suelos están descubiertos, influyendo en la reflectancia espectral (debido sobre todo a la presencia de yesos). El condicionante hídrico es muy importante, con una gran aridez (régimen de humedad xérico) durante esta estación, y permite que sea a principios de primavera, con mayor disponibilidad de agua, cuando los valores sean más elevados.

La muestra 19 ofrece algunas diferencias respecto a las anteriores, ya que la vegetación se asienta sobre materiales calcáreos, con un suelo más evolucionado (en general con presencia de un horizonte B de alteración), que soporta algunas masas forestales de vegetación mediterránea (distintas especies de *Quercus*), más densa y estratificada que en las muestras anteriores. El régimen de humedad, ústico, también favorece este mayor desarrollo vegetal. La curva de los NDVI ofrece una mayor homogeneidad en primavera, mientras que en verano hay oscilaciones mayores, debidas posiblemente a diferentes condiciones atmosféricas (calima, etc.), que coinciden también con oscilaciones en las curvas de vegetación forestal (figura 6), e incluso, con las de cultivos (aunque menos manifiestas).

4.5.- Vegetación forestal (figura 6)

Se han escogido cinco muestras: las cuatro primeras están caracterizadas por masas forestales de vegetación esclerófila (correspondientes a la formación durilignosa y aestidurilignosa, representadas fundamentalmente por distintas especies del género *Quercus*) y desarrolladas sobre suelos pardos (cambisoles calcáricos). La muestra nº 26 corresponde a vegetación de ribera (chopos) desarrollada sobre suelos aluviales, formados a partir de sedimentos cuaternarios.

En las curvas obtenidas mediante los NDVI se puede observar que las diferencias más acusadas entre ellas no son debidas al tipo de vegetación o suelo (cabría esperar que la última muestra tuviera valores totalmente diferentes a las anteriores), sino a la altitud, que introduce una gran variación en las condiciones climática y microclimáticas (tabla 1) y en el desarrollo fenológico. Así, es la muestra nº 25, situada en Pirineos y con presencia de quejigos, la que ofrece valores más bajos en primavera, debido a unas condiciones climáticas desfavorables (bajas temperaturas que retrasan el desarrollo vegetal), para alcanzar valores más altos durante todo el verano; además, en esta muestra se observa la influencia de especies de frondosas, con valores más altos de reflectividad, que incrementan los NDVI, a diferencia de las muestras situadas a menor altitud y caracterizadas por vegetación típicamente mediterránea.

Las curvas de las muestras 22, 23 y 24 ofrecen mayores semejanzas entre ellas, con valores más bajos para la 22 debido a que su menor altitud y latitud influye en un menor índice de precipitaciones, con un desarrollo menor del bosque. A partir de septiembre desciende, en todas ellas, la actividad clorofílica, por lo que hay un acusado descenso en los valores de NDVI.

La última muestra corresponde a vegetación de ribera (chopos) y es más homogénea, con pocas oscilaciones a lo largo de toda la serie, aunque los valores son algo más elevados en primavera debido al desarrollo de las hojas y a una mayor actividad vegetal.

En definitiva, después de analizar estas 26 muestras con diferentes usos de suelo se puede señalar que los valores más altos en los NDVI corresponden a las masas forestales (finales de primavera) y cultivos en regadío (importantes oscilaciones temporales). Por el contrario, en las áreas dedicadas a cultivo de cereales en secano, los valores son más bajos y homogéneos (salvo en zonas de montaña). El rigor climático de las zonas de mayor altitud se manifiesta en un retraso en el desarrollo de la vegetación a lo largo de toda la serie analizada. Por el contrario, las zonas más áridas tienen valores más bajos en verano. La influencia de la litología y el tipo de suelo se refleja de forma manifiesta en las áreas con predominio de materiales yesíferos, que poseen valores de NDVI más bajos.

La metodología utilizada en el presente estudio, aún sin depurar, podrá ser objeto de modificaciones conforme se vaya adquiriendo una mayor experiencia en el tratamiento de imágenes obtenidas mediante satélite, y se aplique a una mayor diversidad de áreas.

5.- CONCLUSIONES

En el valle del río Gállego el análisis de índices de vegetación normalizados, correspondientes a imágenes NOAA, confirma la estrecha relación entre distintos parámetros físicos y la evolución temporal de la vegetación.

El NDVI es un claro indicador de la actividad fotosintética y del vigor de las distintas especies vegetales. Estas imágenes son especialmente útiles para la recogida de información y análisis de la misma, así como para el estudio de las interrelaciones espaciales.

Los factores que condicionan los NDVI son, fundamentalmente: altitud, relación entre

precipitaciones y temperaturas, microclima, material original y usos del suelo.

En el curso bajo del río Gállego, con régimen de humedad arídico, el factor hídrico es limitante para el desarrollo de la vegetación. A mayor altitud, las temperaturas son las que ejercen el principal papel regulador.

El clima influye también en el desarrollo fenológico: en las zonas bajas la primavera es la estación favorable, con valores elevados en los NDVI; en las áreas de montaña los valores más altos corresponden a los meses de verano.

Se distinguen cinco usos de suelo con evoluciones y desarrollos fenológicos totalmente diferenciados:

Las superficies sin vegetación tienen siempre valores de NDVI muy bajos, con influencia del material subyacente. Se diferencian las zonas con céspedes alpinos desarrollados sobre suelos poco evolucionados y con una explosión biológica centrada en muy pocos meses (debido fundamentalmente a las bajas temperaturas), de las zonas con matorral gipsícola disperso, condicionado por la aridez climática.

Los cultivos en secano tienen valores de NDVI más altos en primavera; estos valores están condicionados por la altitud, presencia de agua y capacidad de retención del suelo.

Los cultivos de regadío ofrecen valores muy heterogéneos. Similares en cuanto a material original, tipo de suelo y capacidad de retención de agua, las variaciones en los NDVI se deben al tipo de cultivo y las oscilaciones térmicas.

En el análisis de las muestras de vegetación natural se observa la estrecha relación entre los valores de los NDVI y los pisos de vegetación. Las zonas bajas, representadas por pastizales y matorrales xerófitos, están condicionadas por la aridez del medio y muestran valores muy bajos en verano. En las zonas de mayor altitud, con mayor desarrollo del suelo y vegetación más estratificada, los valores están más relacionados con las temperaturas.

En la vegetación forestal se observa un gran contraste entre los NDVI de las áreas caracterizadas por vegetación mediterránea (formación durilignosa), las zonas de montaña, con mayor presencia de frondosas (formación aestidurilignosa) y la vegetación higrófila de ribera.

6.- REFERENCIAS

- ALBERTO, F. ARRUE, J.L. y MACHIN, J. 1984. El clima de los suelos de la Cuenca del Ebro. I-Regímenes de humedad. *Anales de la Estación Experimental Aula Dei*. 17:7-20.
- ARRUE, J.L., ALBERTO, F. y MACHIN, J. 1984. El clima de los suelos de la Cuenca del Ebro. II-Regímenes de temperatura. *Anales de la Estación Experimental Aula Dei*. 17:20-32.
- BECKER, F., CHOUDHURY, B.J. 1988. Relative sensitivity of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and microwave polarization difference index (MPDI) for vegetation and desertification monitoring. *Remote Sensing of Environment*. 24:297-331.
- CIHLAR, J., ST.LAURENT, L., DYER, J.A. 1991. Relation between the normalized difference vegetation index and ecological variables. *Remote Sensing Environment*. 35:279-298.
- CORINE 1988. *Cartografía de Ocupación de Usos del Suelo*.
- COURAULT, D. et al. 1994. Analyse des Sécheresses de 1988 à 1990 en France à partir de l'anayse combinée de données satellitaire NOAA-AVHRR et d'un modèle agrométéorologique. *Agronomie*, 14. Paris, pp. 14-56.
- FAO. 1989. *Leyenda del Mapa Mundial de Suelos*. FAO. Roma.
- GALLO, K.P., HEDDINGHAUS, T.R. 1989. The use of satellite derived vegetation index as indicators of climatic variability. *Amer. Meteorological Society sponsored sixth conference on applied climatology*. Charleston, S.C.
- GUERRA, A. et al. 1968. *Mapa de Suelos de España*. C.S.I.C., Madrid.
- I.G.N. 1993. *Atlas Nacional de España. Sección de Climatología*. I.G.N., Madrid.
- I.G.M.E. 1973. *Mapa Geológico de España, 1:200.000. Tudela*. IGME, Madrid.
1980. *Mapa Geológico de España, 1:200.000.Huesca*. IGME, Madrid.
1980. *Mapa Geológico de España, 1:200.000. Zaragoza*. IGME, Madrid.

- KEER, Y.N. et al. 1989. NOAA AVHRR and its uses for rainfall and evapotranspiration monitoring. *Int. J. Remote Sensing*. 10:847-854.
- LLOYD, D. 1989. A phenological description of Iberian vegetation using short wave vegetation index imagery. *International Journal Remote Sensing*. 10:827-833.
- MONTERRAT, P. 1971. *La Jacetania y la vida vegetal*. Caja Ahorros de Aragón y Rioja. Zaragoza.
- MORENO, J. et al. 1992. Correlation between NDVI values derived from NOAA AVHRR HRPT data and ground measurement of precipitation in the efect study area (Spain). *International Space Year*. ESA, SP-341; July.
- TAMAYO, J. 1994. *Relación entre las precipitaciones y el Índice de Vegetación Diferencia Normalizada (NDVI) en áreas de riesgo de desertificación. Aplicación a la zona de estudio del proyecto EFEDA*. Tesis Doctoral, Univ. de Valencia; 294 pp.
- TATEISHI, R., KAJIWARA, K. 1991. Land cover monitoring in Asia by NOAA GVI data. *Geocarto Intern*; 53-85.

USOS DE SUELO	MATERIAL ORIGINAL	SUELO	VEGETACIÓN	ALTITUD	REGIMEN DE HUMEDAD	REGIMEN DE TEMPERATURA	
1	Suelo desnudo	Silíceo	Tierra parda húmeda	Pasto alpino / Gieras	2466	Peridico	Cryico
2	Suelo desnudo	Paleozoico, ígneas y metamórficas	Raniker - Litosuelo	Pasto alpino / Gieras	2661	Peridico	Cryico
3	Suelo desnudo	Paleozoico, ígneas y metamórficas	Tierra parda - húmeda	Pasto alpino	1731	Peridico	Cryico
4	Suelo desnudo	Yesos, margas y limos yesíferos	Yesífero	Materral gipsícola	305	Árido	Térmico
6	Suelo desnudo	Yesos, margas y limos yesíferos	Yesífero, poco evolucionado	Materral gipsícola	219	Árido	Térmico
6	Secano	Mioceno, yesos y margas	Pardo yesífero	Cultivos	391	Xérico	Térmico
7	Secano	Mioceno, yesos y margas	Gris subdesértico yesífero	Cultivos	391	Xérico	Térmico
8	Secano	Mioceno, yesos y margas	Gris yesífero	Cultivos	327	Xérico	Térmico
8	Secano	Mioceno, margas, yesos y caliza	Yesífero	Cultivos	478	Xérico	Térmico
10	Secano	Mioceno, calizas y margas	Pardo calizo	Cultivos	586	Ustico	Térmico
11	Secano	Mioceno, arcilla, calizas y margas	Pardo calizo	Cultivos	521	Ustico	Mésico
12	Secano	Oligoceno, calizas, arcillas y margas	Tierra parda húmeda	Cultivos	1213	Udico	Mésico
13	Regadio	Cuaternario, sedimentario aluvial	Aluvial	Cultivos	219	Árido	Térmico
14	Regadio	Cuaternario, sedimentario aluvial	Aluvial	Cultivos	283	Árido	Térmico
16	Regadio	Cuaternario, sedimentario aluvial	Aluvial	Cultivos	262	Árido	Térmico
16	Regadio	Cuaternario, sedimentario aluvial	Aluvial	Cultivos	175	Árido	Térmico
17	Regadio	Cuaternario, sedimentario aluvial	Aluvial	Cultivos	178	Árido	Térmico
18	Veg. Natural	Mioceno, margas, calizas, yesos	Gris subdesértico yesífero	Pastizal matorral	391	Xérico	Térmico
19	Veg. Natural	Mioceno, material no consolidado	Pardo calizo A-(B)-C	Encinas, erial	478	Ustico	Mésico
20	Veg. Natural	Mioceno, calizas, margas y yesos	Redisiforme A-C	Pastizal matorral	413	Xérico	Térmico
21	Veg. Natural	Paleozoico Silíceo	Tierra parda húmeda A-(B)-C	Cervunal	2272	Peridico	Cryico
22	Forestal	Cuaternario, Gravas y conglomerados	Pardo	Encinas	478	Ustico	Mésico
23	Forestal	Cuaternario, Gravas y conglomerados	Pardo	Encinas	543	Ustico	Mésico
24	Forestal	Mioceno, margas, arcillas	Pardo calizo	Quejigos, ancinas	802	Ustico	Mésico
25	Forestal	Eoceno, calizas, margas	Pardo calizo forestal	Quejigales	1018	Ustico	Mésico
28	Forestal	Sedimentación aluvial	aluvial	Vegetación ribera	178	Árido	Térmico

Tabla I.- Características del medio físico de los puntos de muestreo

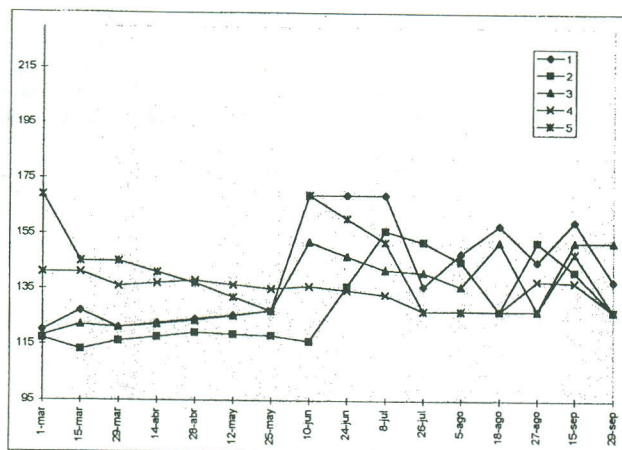


Figura 2.- Espacios abiertos con poca vegetación

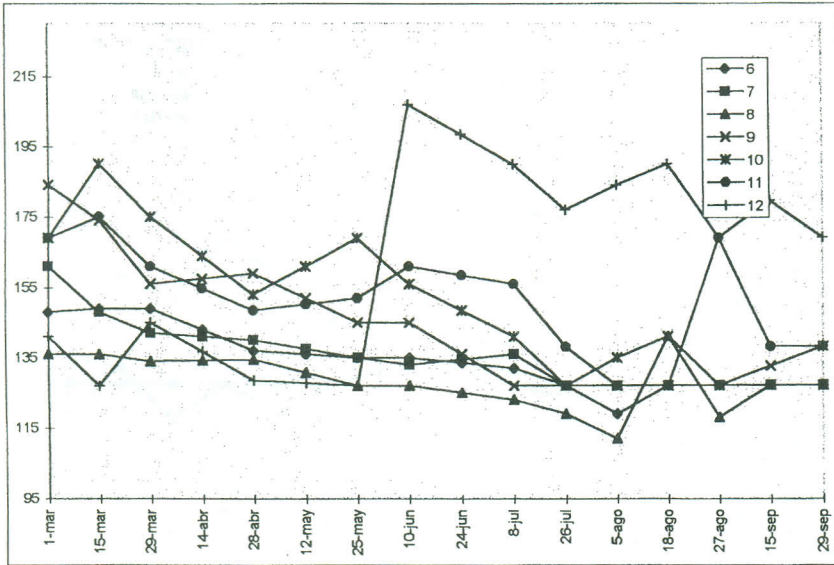


Figura 3.- Cultivos de secano

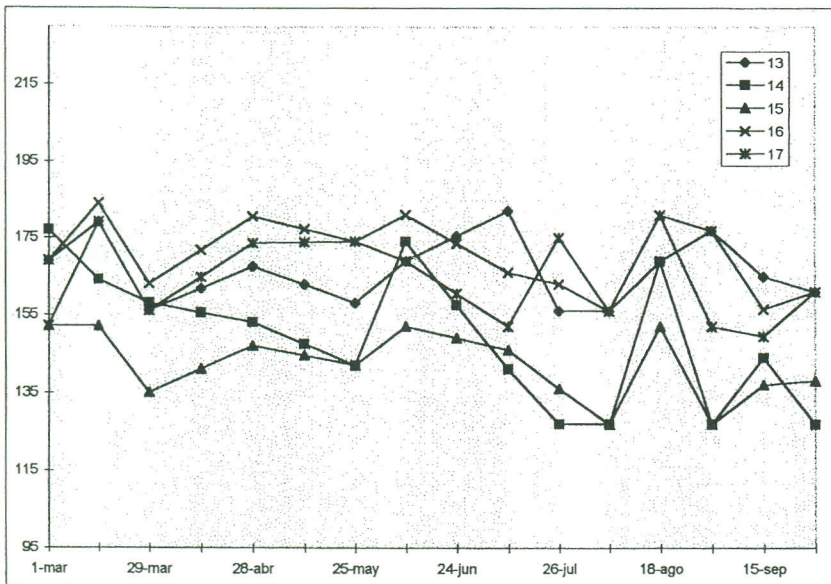


Figura 4.- Cultivos de regadío

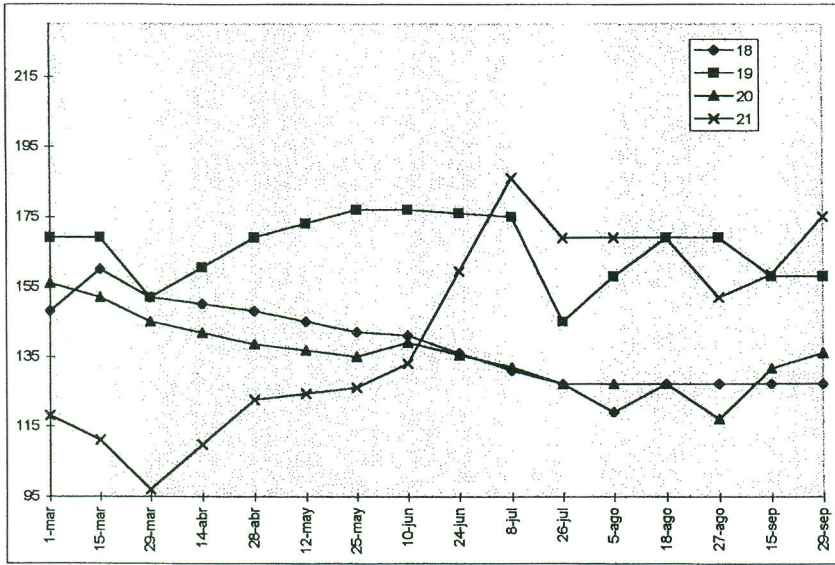


Figura 5.- Vegetación natural

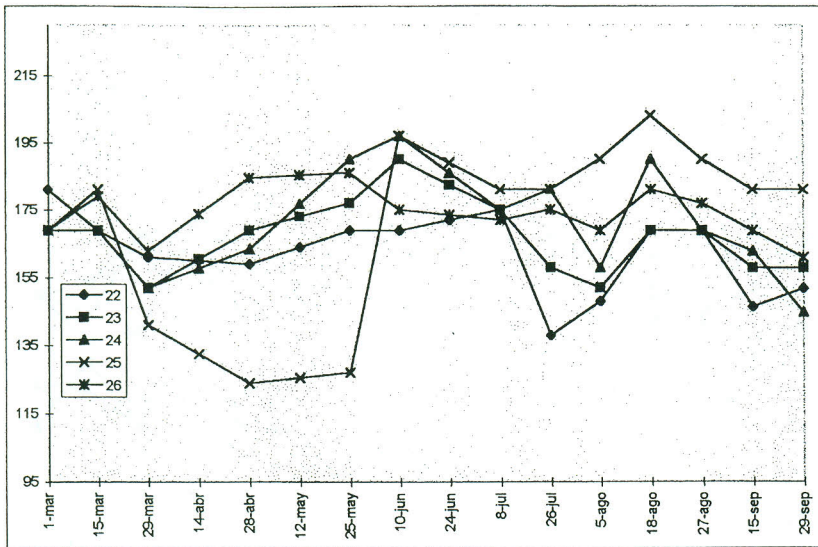


Figura 6.- Vegetación forestal