

Ensayo de una tipología bioclimática para España peninsular a partir de los índices de vegetación de los satélites NOAA

Paloma ASCASO ALCUBIERRE

1. INTRODUCCIÓN

La bioclimatología, agroclimatología, fitoclimatología y ciencias afines han buscado a lo largo del tiempo un objetivo común: cuantificar las relaciones clima - vegetación; son muy numerosos los estudios realizados sobre este tema, pero prácticamente todos tienen características en común: trabajo en áreas muy reducidas, laboriosidad, elevado coste... Sin embargo siempre nos encontramos con el mismo problema: la falta de series fenológicas y de rendimientos tanto en el tiempo como en el espacio necesarios para estos estudios; sin estos datos, no podremos llegar a un conocimiento de las posibilidades y limitaciones que el comportamiento del clima aporta sobre la vegetación.

En los últimos años, la Teledetección ha demostrado ser una herramienta muy útil en el estudio y seguimiento de los fenómenos naturales, pues nos permite obtener información espacio-temporal directa sobre el estado del medio físico, y por tanto de la vegetación de todo el territorio, evitándonos una gran cantidad de trabajo de campo. En este estudio vamos a intentar combinar la dinámica vegetal con los elementos climatológicos para llegar a una tipificación bioclimática basándonos fundamentalmente en la respuesta que tienen la vegetación ante la variabilidad climática, partiendo de la base de que lo que biológicamente importa de un clima, no es tanto la cuantía de las precipitaciones, ni las temperaturas medias, etc., sino más bien, la variabilidad de las respuestas biológicas a ese clima.

Partimos de una serie de datos que reflejan el nivel de actividad fotosintética que desarrolla la vegetación durante 36 meses (agosto 1985 - septiembre 1988); para ello utilizaremos una serie de Índices de Vegetación Global procedentes de los satélites NOAA, realizados y comercializados por NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y por EPA (Environmental Protection Agency).

Nuestro objetivo básico es pues por un lado bioclimático, pues queremos llegar a un mayor conocimiento del funcionamiento de los sistemas naturales de España Peninsular; además de estudiar el comportamiento de la vegetación y su

capacidad de reacción frente a las condiciones climáticas reinantes, para llegar a un mayor conocimiento de las relaciones entre el mundo vegetal y su ambiente climático, y la respuesta de bioclimática de España Peninsular. En síntesis, comprobar que los Índices de Vegetación son una buena herramienta, trabajar con ellos y sentar las bases para estudios más detallados. Desde el punto de vista metodológico, llegar a conocer y representar a partir de los Índices de Vegetación de los Satélites NOAA la realidad biogeográfica, en este caso de España Peninsular.

2. MATERIALES Y MÉTODOS DE TRABAJO

Para poder llevar a cabo estos objetivos se ha utilizado el software ERDAS IMAGINE para estación de trabajo. Las fases que ha llevado este trabajos son:

- Construcción de una serie de 36 meses (septiembre 1985 - agosto 1988) de Índices de Vegetación Global (GVI) a partir de imágenes originales procedentes de National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y por Environmental Protection Agency (EPA). De todo el territorio se han seleccionado siete áreas, representativas de distintas realidades bioclimáticas (Tabla 1).
- Georreferenciación y realización de la dinámica estacional y anual de los GVI de la zona.
- Realización de una tipología bioclimáticas en función de la dinámica estacional de los GVI.
- Recopilación de datos climáticos. Elaboración del balance hídrico.

Este trabajo puede ser considerado como una síntesis de la Tesis de licenciatura: «La teledetección como herramienta de trabajo en el seguimiento de las condiciones ambientales del territorio. Ensayo metodológico para su aplicación en el campo de la Bioclimatología.» En este estudio, se analizaron 21 áreas geográficas, seleccionadas en función de la existencia de una estación meteorológica allí localizada. De ellas, hemos seleccionado siete ; cada una de ellas es representativa de un clima diferente. En el siguiente cuadro, aparecen las estaciones meteorológicas seleccionadas, su localización geográfica, altitud, y el tipo climático al que corresponde cada una de ellas

Para el seguimiento de la vegetación de este período de estudio se ha utilizado una serie de 36 meses de Índices de Vegetación Global de los satélites NOAA. Los satélites NOAA han sido considerados de gran utilidad de cara al seguimiento de los ciclos fenológicos de la vegetación por la resolución temporal (aproximadamente 6 imágenes diarias) y la resolución espacial (1.1 km de lado en el nadir de la observación).

Los Indices de Vegetación pueden ser definidos como ratios entre bandas espectrales, cuya función es realizar la contribución de la actividad clorofílica en la respuesta espectral de una superficie atenuando la de otros factores como el suelo, las condiciones de iluminación y la atmósfera, que pueden producir interferencias en las señales radiométricas.

Tabla 1
Localización geográfica de los observatorios meteorológicos representativos
de las áreas seleccionadas

<i>Observ. Meteorológico</i>	<i>Provincia</i>	<i>Longitud</i>	<i>Latitud</i>	<i>Altitud (m)</i>	<i>Clima</i>
Fanlo Refugio Goriz	Huesca	0.01	42.39	2.215	Dfb
Moal	Asturias	-6.38	43.03	610	Cfb
Miranda de Ebro	Burgos	-2.57	42.41	520	Csb
Daimiel «IL»	Ciudad Real	-3.36	39.04	615	Csa
Tablada	Sevilla	-6.00	37.22	8	Bsh
Ontiñena	Huesca	0.05	41.41	215	Bsk
Tabernas	Almería	-2.23	37.03	490	BW

A través del ritmo de la vegetación podemos ver reflejadas las condiciones climáticas que caracterizan a ese territorio. Pudiendo llegar a considerar el clima como el principal factor ambiental que influye no sólo en la distribución territorial de las especies vegetales, sino también en el ritmo y rendimiento de los mismos. En la Figura 1 podemos ver la estacionalidad e intensidad del Índice de Vegetación en los puntos seleccionados.

3. ENSAYO DE UNA TIPOLOGÍA BIOCLIMÁTICA PARA ESPAÑA PENINSULAR

En la Tabla 2 hemos intentado reflejar, siguiendo los criterios de Köppen, la caracterización climática de las grandes comarcas naturales en función de la variación media mensual de los Índices de Vegetación. Esto ayuda a comprender las condiciones climáticas que rigen el territorio durante las estaciones favorables; ya que durante el estado de reposo, ya sea por aridez o frío tiene menor importancia.

El análisis mensual y estacional, y su variación temporal, nos van a ayudar a analizar cuantitativa y cualitativamente la respuesta del territorio con respecto al clima. De esta manera, y estudiando el mapa que aparece en la Tabla 2, podremos analizar 6 comportamientos bioclimáticos diferenciados, en función de la variación estacional y de la intensidad del GVI. Estos comportamientos se han obtenido mediante la siguiente metodología:

- a) Cálculo de la media estacional de cada año.
- b) A partir de la media estacional de cada año, se halló la media de cada estación durante todos los años.
- c) Recodificación de los Índices de Vegetación para una mejor y más rápida interpretación de los mismos (Clase 1: nivel bajo: $GVI < 80$; Clase 2: nivel medio: $80 < GVI < 120$; Clase 3: nivel alto: $GVI > 120$).

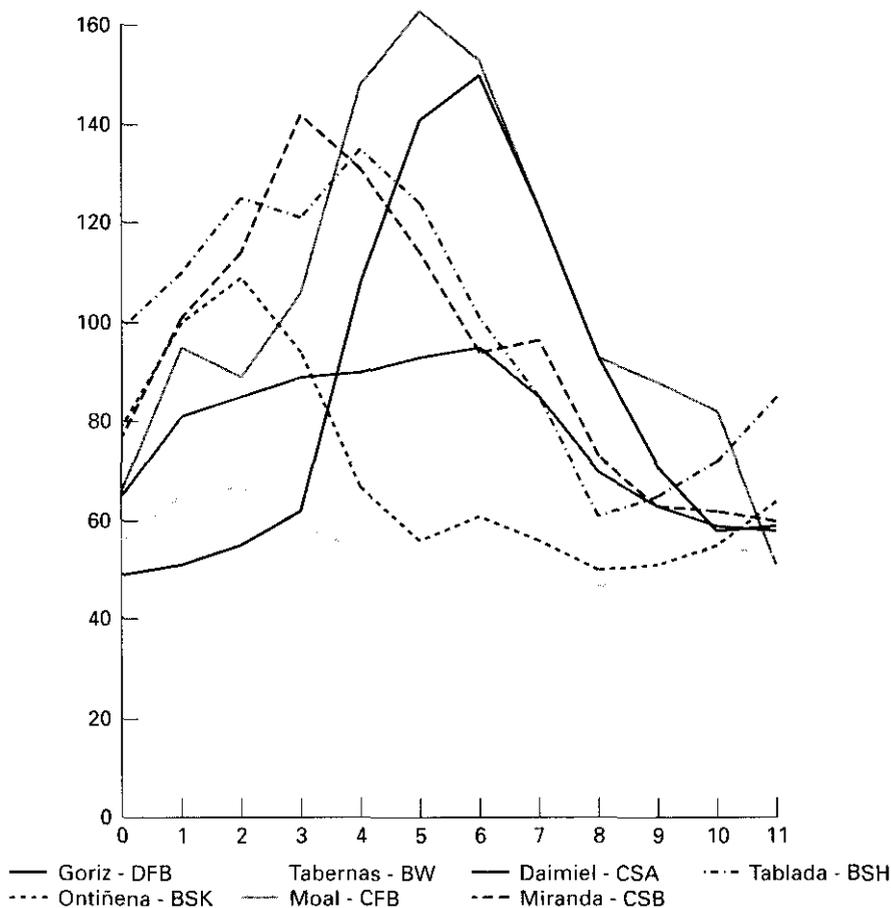


Figura 1.—Evolución media mensual de los GVI de las áreas de estudio.

d) Procesamiento de las posibles variaciones de los GVI estacionales.

e) De las 20 combinaciones resultantes se reagruparon en seis comportamientos similares en función de la etapa desfavorable para el desarrollo vegetal y de la intensidad de los Índices de Vegetación.

En la Tabla 2 aparecen todas las combinaciones resultantes de las diferentes variaciones, y en que seis grandes grupos han sido unificados.

En la Figura 2 aparece el mapa resultante de este ensayo metodológico, a partir de éste y de las variaciones resultantes se puede decir de cada uno de los comportamientos bioclimáticos:

Tabla 2
Comportamiento del territorio en función de la variación
estacional del GVI

		Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Actividad media/alta permanente	1	2	2	3	3
	2	2	2	3	2
	3	2	2	2	3
	4	2	2	2	2
Actividad media/alta con parada invernal	5	2	1	3	3
	6	2	1	2	3
	7	2	1	2	2
Actividad media con mínimo invierno-primaveral	8	2	1	1	3
	9	2	1	1	2
	10	1	1	1	2
Actividad media invernal, mínimo otoño o estivo-otoñal	11	1	2	3	2
	12	1	2	3	1
	13	1	2	2	2
	14	1	2	2	1
Actividad media alta con mínimo otoño-invernal	15	1	1	3	2
	16	1	1	2	3
	17	1	1	2	3
	17	1	1	2	2
	18	1	1	3	1
	19	1	1	2	1
Baja actividad permanente	20	1	1	1	1

Actividad media - alta permanente

Caracterizada por una ausencia de estación con fuertes limitaciones térmicas y una humedad constante, bien ligada a un clima húmedo durante todo el año, o bien a un clima con sequía estival, pero que presenta, dentro de la heterogeneidad edáfica, suelos con alta capacidad de retención y cubierta vegetal abundante. El ritmo bioclimático de esta clase se caracteriza por una muy alta y constante actividad vegetativa con una no muy importante variación a lo largo del año, favorecido por la suavidad térmica y la humedad abundante o al menos suficiente que facilita el desarrollo de una vegetación natural y forestal perennifolia.

El área geográfica donde se desarrolla es poco heterogénea, localizándose en

importantes áreas de Galicia, pequeños islotes de Extremadura, en las Sierras Gaditanas y en áreas de huerta del litoral mediterráneo.

El tipo de vegetación que se desarrolla es según la clasificación de usos de suelo CORINE, fundamentalmente forestal (perennifolia) y de vegetación natural. Se desarrolla en zonas donde dominan los prados sobre los caducifolios, dando valores medios invernales en aquellas áreas donde térmicamente se pueden desarrollar. También se localiza en suelos profundos en el Sur que permiten afrontar la aridez estival sin necesidad de parar el ritmo vegetativo. El clima, húmedo todo el año, está localizado en ambiente oceánico con influencia de las borrascas y humedad atlántica, y con pequeños contrastes térmicos que no dañan a la vegetación.

Actividad media - alta con parada invernal

Limitación térmica invernal sin parada por aridez estival, siendo áreas con

Ensayo de una tipología bioclimática en función de la intensidad y variación de los Índices de Vegetación Global

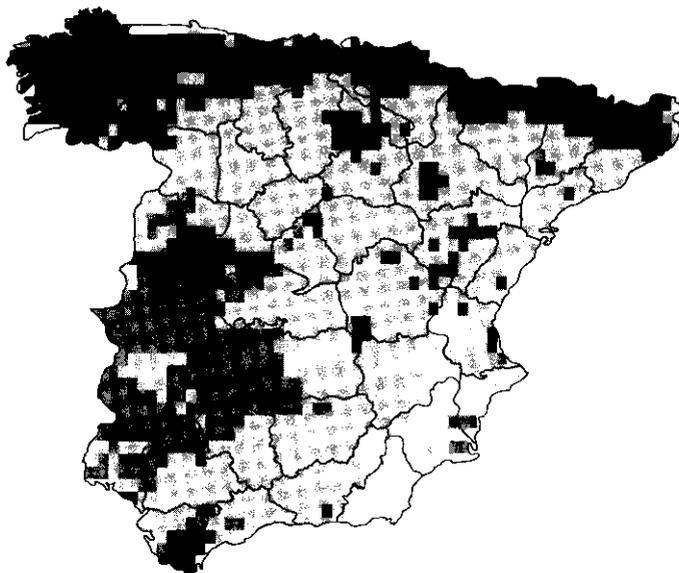


Figura 2.— Principales comportamientos bioclimáticos en España Peninsular.

lluvias estivales, que permiten un desarrollo vegetativo importante durante la primavera, el verano y otoño, dominando una vegetación forestal caducifolia, matorral y monte bajo. Podrían englobarse aquí algunas áreas de regadío, que aunque se desarrollan en zonas con aridez estival, el riego supe las necesidades hídricas, asemejándose a este tipo de respuesta vegetal.

Se puede localizar geográficamente en el Norte Peninsular y en pequeñas áreas del Sistema Central y Norte del Sistema Ibérico, correspondientes a parameras de despertar tardío. A esta tipología pertenece Moal.

El tipo de vegetación dominante es forestal (bosque caducifolio y de media montaña) con matorral y zonas de regadío. En aquellas zonas en las que el ritmo de la vegetación depende directamente del clima, y las actividades humanas no actúan de manera decisiva sobre la misma, el clima se caracteriza por presentar veranos frescos y húmedos e inviernos desapacibles por falta de sol y de frecuentes temporales de lluvia y viento, produciendo un tipo de vegetación importante, no sólo en primavera sino también en verano y otoño.

Actividad media - alta con mínimo invierno -primaverál:

El ritmo bioclimático de estas áreas es similar al ritmo climático, siendo el invierno y la primavera las épocas de parada vegetal, dándose el máximo en verano, cuando las temperaturas favorecen el crecimiento vegetal. El control térmico invernal continúa durante la primavera, provocando un ciclo vegetativo corto (mayo - septiembre) con un máximo desarrollo foliar estival y fuerte crecimiento de las especies vegetales espontáneas en verano. La alta y media montaña, junto con las parameras continentales del Sistema Ibérico responden a esta tipología bioclimática a la que pertenece Fanlo Refugio de Goriz. Los usos de suelo que predominan en este área son los espacios abiertos con poca vegetación, la vegetación natural y el uso de suelo forestal.

Climáticamente el territorio se caracteriza por unas fuertes oscilaciones térmicas, con bajas temperaturas invierno - primaverales y un importante número de días de helada, durante el verano, la suavidad térmica es la nota fundamental. En cuanto al comportamiento hídrico, varía extraordinariamente desde el hiperhúmedo de las altas cumbres Pirenaicas, hasta las de menor cantidad de GVI como Soportujar.

Actividad media invernal con mínimo otoñal o estivo-otoñal

Control hídrico estivo - otoñal que impide el desarrollo estival. Suavidad térmica y humedad invernal que facilita la respuesta media de la vegetación, característica bioclimática fundamental en este clase.

Geográficamente se localiza en el SW peninsular y en áreas de agricultura intensiva del litoral mediterráneo y el Sistema Central.

Las huertas, dehesas, y monte (monte hueco, bosques y vegetación natural) así

como pequeñas áreas de secano, son el tipo de vegetación y uso de suelo dominante en esta zona. La importante influencia de los vientos húmedos del Atlántico, favorecen una actividad vegetativa intensa, que unida a las suaves temperaturas invernales, la hacen la estación más favorable bioclimáticamente. Las elevadas temperaturas de verano provocan un incremento en la evapotranspiración que hace decaer el ritmo vegetal ante la ausencia del agua necesaria para cubrir su demanda hídrica.

Actividad media - alta con mínimo otoño - invernal

La aridez puede ser considerada como el nexo de unión en el extenso territorio que abarca esta tipología bioclimática. La nota dominante es la ausencia de una relación clara entre la época de actividad media - alta siempre primaveral o primaveral-estival con las combinaciones concretas de la intensidad estacional y un uso del territorio o unas características concretas del medio.

Un mismo ritmo estacional dentro de esta gran clase, corresponde a usos de suelo muy diferenciados, que sólo un estudio más detallado permitirá explicar con precisión.

Geográficamente este tipología se desarrolla allí donde predominan las tierras cultivadas, sobre todo en las cuencas terciarias.

Los usos de suelo a los que corresponde son básicamente zonas de cultivo, aunque también aparecen pequeñas manchas de otro tipo de ocupación.

El clima mediterráneo caracteriza el territorio, existiendo una importante gradación en función de su continentalidad. En conjunto va a estar dominado por importantes contrastes térmicos (altas temperaturas estivales y bajas temperaturas invernales) y por una marcada aridez estival.

Baja actividad permanente

Actividad vegetativa muy baja a lo largo de todo el año debido a las mínimas precipitaciones, además se concentran en un pequeño número de días. La aridez extrema impide el crecimiento de una vegetación que no sea esteparia, pues debe ser un ciclo vegetativo muy corto, que coincida con la estación húmeda, ya que térmicamente no hay parada vegetativa.

El Sudeste y pequeños islotes en el Ebro y Sistema Ibérico, además de la Mancha oriental es por donde se extiende este territorio. Los espacios abiertos con poca vegetación y zonas agrícolas de secano son los usos de suelo dominantes en el área.

La vegetación esteparia es la única que puede resistir el ritmo climático dominante en la zona; una aridez extrema y (en las áreas de interior) una extremada continentalidad impiden el crecimiento de otro tipo de vegetación que no sea termófila y xerófila. La vegetación arbórea está caracterizada por especies frugales, con portes reducidos, defensa en hojas y troncos contra la evapotranspiración y la luz. En suma, una fuerte estacionalidad vegetal debido fundamentalmente a la irregularidad y escasez de precipitaciones.

4. CONCLUSIONES

Hasta ahora era muy difícil estudiar este tipo de aspectos del medio físico a escala regional. Para conocer la dinámica espacio-temporal de la fotosíntesis y otros aspectos biológicos, eran necesarias redes de observación puntuales que recogían una serie de datos bioclimáticos espacialmente discontinuos y no siempre homologables, restando validez a los intentos de elaboración de estudios a mayor escala espacial o temporal.

En este estudio hemos querido de alguna manera fundamentar la utilización de los índices de vegetación como indicador bioclimático. A lo largo de este trabajo hemos elaborado una metodología para conocer el comportamiento fenológico del territorio a través de la evolución temporal de los Índices de Vegetación Global.

Mediante los *Índices de Vegetación Global* hemos podido utilizar una cobertura uniforme del paisaje, mediante la cual hemos estudiado los distintos aspectos de la vegetación en el período de tiempo seleccionado. Lo que más ha destacado de esta serie de Índices es:

- La intensa actividad vegetativa primaveral en el SW Peninsular.
- La importante actividad estival del área de Cádiz, atribuible no sólo a la elevada precipitación, sino posiblemente a la presencia de suelos con una importante capacidad de retención de agua (vertisoles), que permite mantener una elevada actividad fotosintética a la masa arbórea que allí se asienta a pesar de la sequía estival.
- La relativamente baja actividad del Sistema Ibérico y parte del Sistema Central, debido en parte al predominio de matorrales de degradación y coníferas sobre los bosques caducifolios en la vegetación actual y en parte a la relativa sequedad estival.
- El fuerte contraste estacional en las áreas con predominio de la vegetación forestal caducifolia, ligado a su ciclo fenológico.
- La baja actividad permanente del Sudeste Peninsular fácilmente explicable por su régimen de lluvia.
- La escasa capacidad de definición de la escala utilizada en áreas de predominio de áreas cultivadas por la diversidad de situaciones dentro de cada pixel.

BIBLIOGRAFÍA

- Chuvieco, E. (1990): *Fundamentos de teledetección espacial*. Editorial Rialp. Madrid. pp. 453.
- Cihlar, J.; St. Laurent, L.; Dyer, J. A. (1991). «Relation between the normalized difference vegetation index and ecological variables». *Remote Sensing environment*. Núm. 35. pp. 279-298.
- Courault, D.; Clastre, P.; Guinot, J.P.; Seguin, B. (1994): «Analyse des Sécheresses de 1988 à 1990 en France à partir de l'analyse combinée de données satellitaire NOAA - AVHRR et d'un modèle agrométéorologique». *Agronomie* 14. Paris. pp. 14 - 56.
- Derrien, M.; Farki, B.; Legleau, H.; Sairouni, A. (1992): «Vegetation cover mapping over

- France using NOAA-11/AVHRR». *International Remote Sensing*. Vol. 13. Núm. 9. pp. 1787-1795.
- Font Tullot, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*. INM. MOPT. Madrid. 296 pags.
- 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.
- Gallo, K. P. (1990). Satellite - «Derived vegetation indices: A new climatic variable» *Amer. Meteorological Society sponsored symposium of global change systems. Special sessions on climate variations and hidrology*. Anaheim. CA.
- Gandía, S.; Meliá, J. (1993): *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Climatología y desertificación*. Univ. de Valencia. Departamento de Termodinámica. 308 pag.
- Gilabert, M. A. (1991): «Índices de vegetación». *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: Agricultura*. Universidad de Valencia. Dept. Termodinámica. pp. 285-294.
- Huete, A. R. (1987): «Spectral signatures and vegetation indices». *II Reunión Nacional del grupo de trabajo en teledetección*. Valencia. CDTI, pp.15-25.
- INM (1993) Resumen termopluiométrico de las estaciones de estudio.
- Kidwell, K. B. (1990). *Global vegetation index User's guide*. US Department of commerce NOAA. Washington.
- Lloyd, D. (1989): «A phenological description of Iberian vegetation using short wave vegetation index imagery». *International Journal Remote Sensing*. Vol. 10. Núms. 4 y 5. pp. 827-833.
- Marroquín Santoña, A. (1991): «La teledetección como herramienta agrometeorológica». *Calendario meteorológico 1992*. INM, MOPT. Madrid, pp 212-218.
- Running, S. W.; Nemani, R. R. (1988): «Relating seasonal patterns of the AVHRR vegetation index of simulated photosynthesis and transpiration of forest in different climate». *Remote sensing of environment*. Núm. 24, pp. 347-367.
- Tamayo Carmona, 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. Valencia, Facultad de Física. Dept. Termodinámica. 294 pp.

RESUMEN

Se presenta un ensayo metodológico a partir de una serie de 36 meses de Índices de vegetación de los Satélites NOAA, para llegar a un conocimiento cuantitativo de la realidad biogeográfica en diferentes puntos de España Peninsular. Se ha llegado así a una clasificación bioclimática en función de la variación estacional y de la intensidad de estos índices, pudiendo ser considerados como buenos indicadores bioclimáticos

ABSTRACT

This paper presents a methodological test to map out bioclimatic parameters. The study is carried out from a time series of 36 months of vegetation Indexes derived from NOAA

satellites observations over The Spanish Peninsula. The purpose of this analysis is to come to a understanding of bioclimatic response linkage with quantitative parameters biogeographics. A bioclimatic clasification has been obtained based on seasonal NDVI changes and occurrence pattern.

RÉSUMÉ

On offre un essai methodologique a partir d'une serie de 36 mois d'indices de vegetation des satellites NOAA, pour arriver à une connaissance quantitative de la réalitée biogéographique en différents points de l'Espagne Peninsulaire.

On est arrive ainssi a une classification bioclimatique en fonction de la variation stationnelle et de l'intensité de ces indices, en étant considerés comme indicateurs bioclimatiques.