

Respuesta de la vegetación a variaciones climáticas en las praderas y sistemas adehesados mediterráneos. Metodología de análisis utilizado utilizando datos hiperespectrales y multiespectrales

M. García García

ETSIA Universidad Politécnica de Madrid

Las regiones de clima Mediterráneo están sujetas a una gran variabilidad en la precipitación y sequías periódicas. El desarrollo de herramientas para predecir y realizar un seguimiento de la productividad de la vegetación es importante en la producción de pastos y en la agricultura de secano, así como para predecir la estabilidad y el funcionamiento a largo plazo de los ecosistemas. Sin embargo, las respuestas ante la variabilidad interanual son grandes y se solapan con respuestas al clima que muestran tendencias a largo plazo, haciendo complicada la asignación de relaciones causales a los cambios de la vegetación. Los datos hiperespectrales presentan el potencial de captar respuestas de la vegetación no detectadas por sensores de banda ancha, y se pueden utilizar para escalar a sensores de mapeo global de resolución más grosera como por ejemplo AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) o MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).

Esta investigación está orientada a la detección de respuestas de la vegetación a la variabilidad climática interanual utilizando datos hiperspectrales AVIRIS (Airborne Visible-Infrared Imaging Spectrometer) y multiespectrales (AVHRR) sobre una región de vegetación natural en la costa central de California. El objetivo en última instancia es la realización de predicciones de la productividad de la vegetación teniendo en cuenta los niveles de precipitación y la señales ENSO (El Niño-Southern Oscillation).

Existen dos escalas de análisis, una incluida en otra. La **Figura 1** muestra el área completa de análisis correspondiente a la zona de las montañas de Santa Cruz. En la ciudad de Palo Alto se encuentra la 'Reserva Biológica de Jasper Ridge', que presenta en una superficie relativamente pequeña (482 ha) los mismos tipos de vegetación existentes a gran escala, siendo por tanto equivalente a un 'prototipo' de la variabilidad existente a escalas mayores.

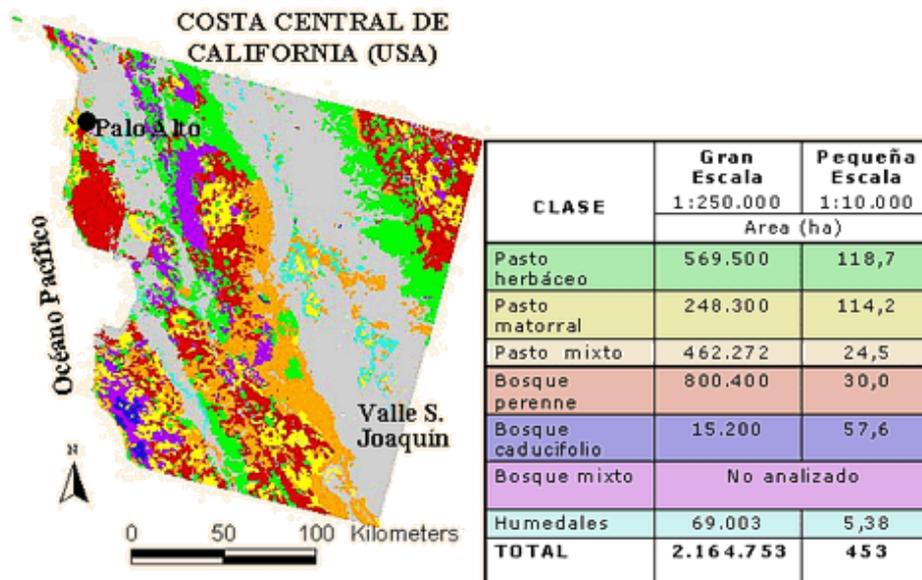


Figura 1. Zona de estudio a gran escala con los tipos de vegetación (Fuente: LULC del USGS, proyección Lambert Azimutal). En la ciudad de Palo Alto se encuentra la zona de análisis a pequeña escala: Jasper Ridge Biological Preserve. En la tabla se muestra la superficie analizada para cada tipo de vegetación y escala.

A pequeña escala (Jasper Ridge Biological Preserve) se aplicaron modelos lineales de mezcla sobre cinco imágenes AVIRIS adquiridas durante un periodo de cuatro años, previamente corregidas y calibradas, evaluándose los resultados con un análisis de sensibilidad del modelo a distintas fuentes de error (atmosféricas, ruido del sensor, cambios estacionales y espaciales en las componentes puras) así como con datos documentados de campo. Los resultados muestran como para cada tipo de vegetación, las fracciones de mezcla, promediadas espacialmente pueden no ser significativamente distintas entre fechas. Sin embargo, un análisis especial revela diferencias significativas a nivel de píxel que pueden ser relacionadas con diferencias en el balance de radiación y la disponibilidad de agua (Fig. 2), mostrando la importancia de la resolución espacial en este tipo de análisis (García y Ustin, 2001).

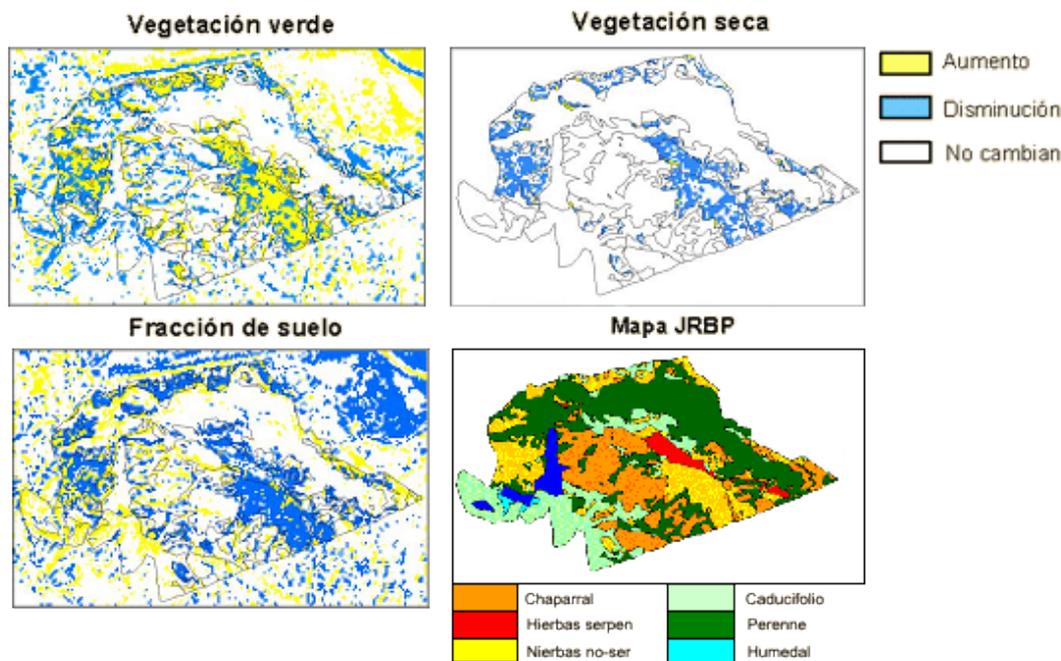


Figura 2. Cambios significativos (media + 1 std) en las fracciones de mezcla en Jasper Ridge utilizando dos imágenes AVIRIS en primavera de un año húmedo (1998) y de un año medio (1996).

A gran escala, las series quincenales del NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) del sensor AVHRR-NOAA adquiridas entre 1994 y 1998, se analizaron para los mismos tipos de vegetación que en Jasper Ridge. Los resultados muestran que la precipitación explica una alta proporción de la varianza temporal del NDVI, especialmente en los pastos

herbáceos, permitiendo la realización de predicciones del pico máximo de productividad primaveral (correlacionado con la productividad anual), con tres o cuatro meses de antelación. Efectos retroactivos y retardados en el tiempo entre la precipitación y la productividad primaria (NDVI) muestran la complejidad de las interacciones clima-vegetación. En el caso de que las señales ENSO sean fuertes en la región NINO3.4, el incremento en precipitación que llevan asociado en esta zona de California puede permitir un adelanto de la estimación de las producciones de 6 meses. En la **Figura 3** se muestran las correlaciones cruzadas entre NDVI y distintas variables de precipitación en la zona a gran escala observándose efectos a corto, medio y largo plazo.

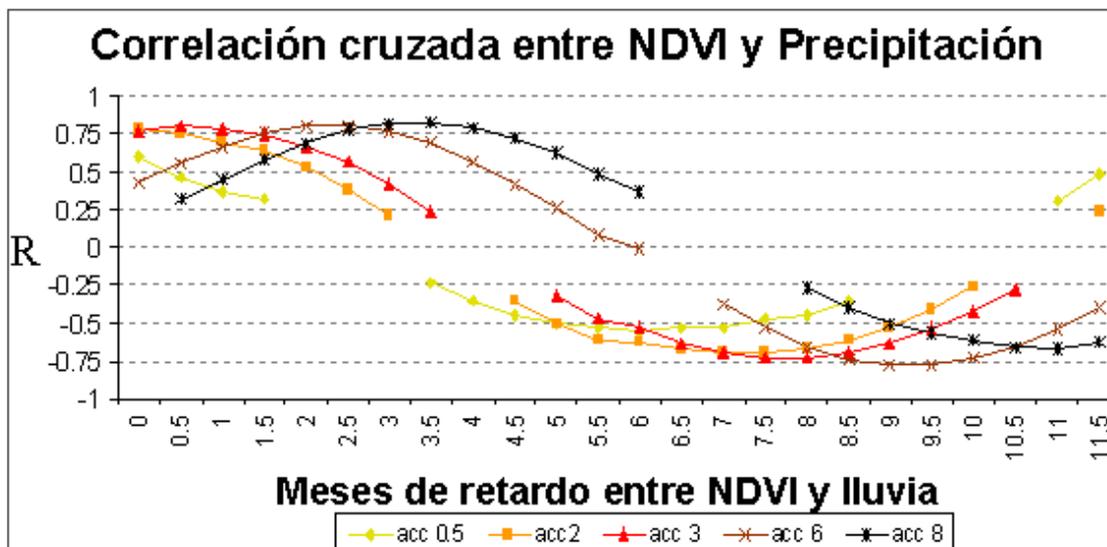


Figura 3. Correlaciones cruzadas ($p < 0.05$) entre el NDVI medio correspondiente a los pastos herbáceos y cinco variables derivadas de la precipitación en la zona de estudio: acc 0.5 (precipitación acumulada los quince días previos al NDVI), acc 2 (precipitación acumulada durante 2 meses), acc 3 (precipitación acumulada 3 meses), etc.

Para evaluar los análisis en ambas extensiones y el impacto del cambio en la resolución espacial se compararon las tendencias en las variables espectrales detectadas con ambos sensores y los semivariogramas experimentales a ambas escalas (**Fig. 4**). Los resultados revelan que los procesos de superficie que tienen a ambas escalas son más similares para el bosque perenne y el chaparral que para los tipos de vegetación herbácea. En este último caso, factores actuando a escalas locales, como el contenido en humedad del suelo, parecen tener una mayor importancia que el efecto de los gradientes ambientales. Así, el uso de AVHRR o MODIS para realizar seguimientos de la vegetación puede no ser apropiado en la regiones Mediterráneas que presentan un alto nivel de fragmentación del paisaje y fuertes gradientes climáticos (García *et al.*, 2001). La variabilidad espacial total detectada con AVIRIS es siempre mayor que con el sensor AVHRR a pesar de que en este estudio la extensión de AVIRIS relativa a AVHRR representaba menos de un 0.5 % (**Fig. 4**). Un análisis más detallado de la degradación de la resolución espacial revela que la variabilidad espacial condiciona la selección de sensor para la detección de cambios. Así, cuando hay autocorrelación espacial se puede utilizar una menor resolución (siempre dentro del alcance) y predecir el impacto de esta menor resolución. Cuando no existe dependencia espacial y la variabilidad total es alta, el impacto es grande y además no predecible.

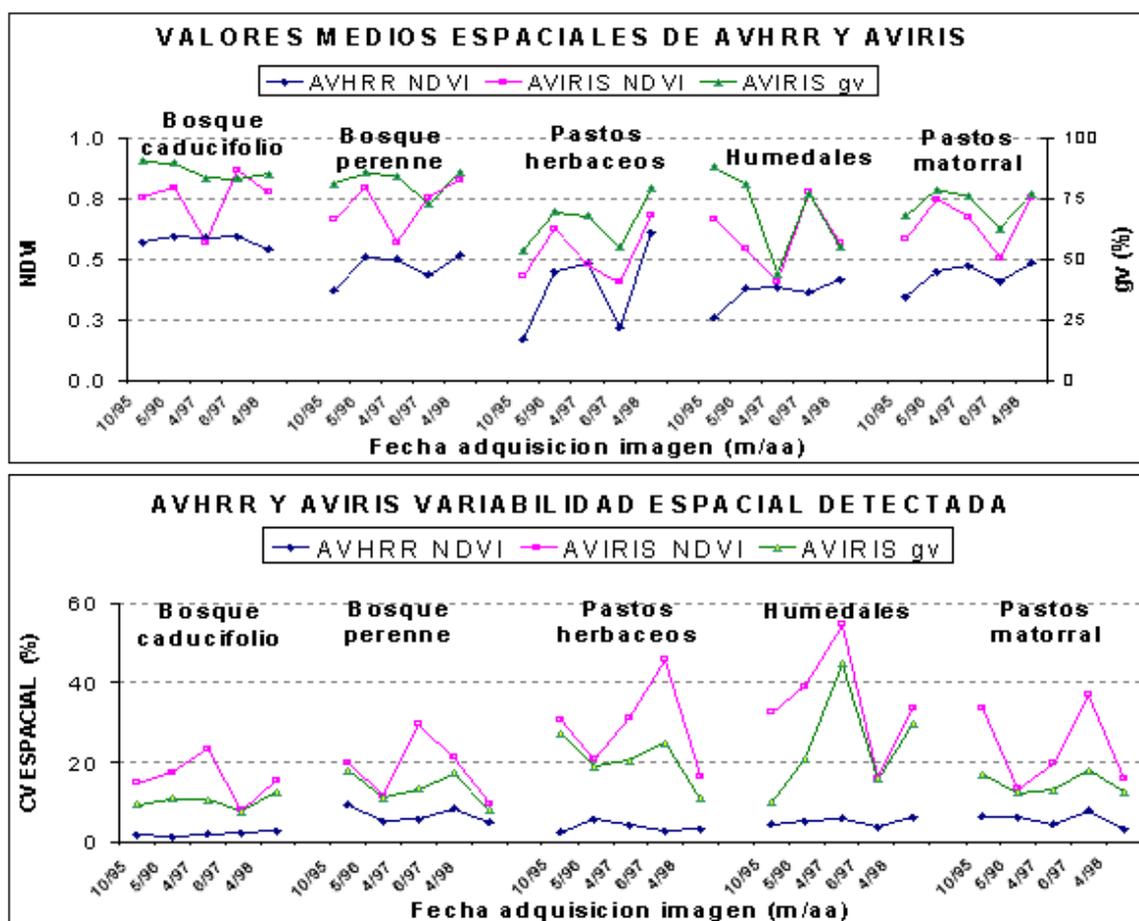


Figura 4. (panel superior) NDVI medio de AVHRR (AVHRR-NDVI), NDVI medio de AVIRIS (AVIRIS-NDVI) y fracción de vegetación verde de AVIRIS (AVIRIS-gv) calculadas por tipo de vegetación en 5 fechas. (panel inferior) Coeficientes de variación espacial (%) correspondientes a los índices de vegetación del panel superior.

Respecto a la resolución espectral, los sensores hiperespectrales, además de proporcionar estimaciones cuantitativas de cobertura vegetal verde con mayor nivel de precisión que los sensores multiespectrales, permiten el mapeo de otras componentes de la vegetación como fracción de vegetación no fotosintética, o contenido en humedad de la vegetación, proporcionando un mayor rango de información sobre las condiciones del paisaje. Los modelos de mezcla se encuentran menos afectados por efectos de iluminación y ruido que los índices de vegetación. Son robustos a lo largo del tiempo y su mayor fuente de error se debe a cambios en las componentes dentro del píxel.

Una parametrización de los factores ambientales actuando a ambas escalas y la realización de algunas calibraciones de campo adicionales sería deseable para una mejor comprensión de las interacciones entre clima y productividad primaria en esta región. Asimismo, la exploración de técnicas de predicción de sequía, más que de los eventos húmedos, sería interesante para una gestión más eficiente de los pastos naturales y la agricultura de secano.

MÓNICA GARCÍA GARCÍA

Respuesta de la vegetación a variaciones climáticas en praderas y sistemas adhesados mediterráneos. Metodología de análisis utilizando datos hiperespectrales y multiespectrales.

ETSIA Universidad Politécnica de Madrid.
 Noviembre 2003
 Dirección: A. Iglesias y S. Ustin.

Referencias

García, M., and S. L. Ustin. 2001. Detection of interannual vegetation responses to climatic variability using AVIRIS data in a coastal savanna in California. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 39:1480-1490.

García, M., Palacios-Orueta A., and S.L. Ustin. 2001. Análisis de patrones espacio-temporales de la estructura de la vegetación en ecosistemas Mediterráneos a distintas escalas. *Revista Española de Teledetección* 16: 29-36.