

## COMPARACION ENTRE IMÁGENES LANDSAT-TM Y NOAA-AVHRR SINCRONAS

Alfonso Calera\*; Javier Sanchez\*; Joaquín Meliá\*\*

\*Instituto de Desarrollo Regional. Universidad de Castilla La Mancha

\*\*Universidad de Valencia

acalera@pol-ab.uclm.es

**RESUMEN:** La comparación entre imágenes Landsat-TM y NOAA-AVHRR mediante el NDVI estimado sobre zonas comunes de diferentes tamaños, muestra una relación lineal entre las observaciones desde ambos sensores para imágenes sincrónicas. Un importante factor en las diferencias entre los NDVI-TM y NDVI-AVHRR obtenidos en las escenas sincrónicas es el error de georreferenciación de las escenas NOAA. Este hecho lleva a establecer criterios sobre el tamaño de una zona para realizar su seguimiento temporal mediante el NDVI desde AVHRR, encontrando que la superficie ha de ser , como mínimo, de 3.3km x 3.3 km.

### INTRODUCCION

El seguimiento temporal de la vegetación mediante sensores a bordo de los satélites permite el análisis de los cambios en el crecimiento y estado de la cubierta vegetal producidos por el clima, el suelo y las actividades humanas. Sensores sobre los que se tiene amplia experiencia en su uso para conocer la evolución temporal de la cubierta vegetal son los denominados TM y AVHRR, a bordo de las plataformas Landsat y NOAA, respectivamente.

Cada vez más, la detección de cambios en la cubierta vegetal y su interpretación requiere integrar información multisensor con otra procedente de diferentes fuentes. Dadas las características de estos sensores en cuanto a su diferente resolución espacial y frecuencia temporal, es una idea atractiva la combinación de ambos (Justice et al, 1985)(Goetz, 1997). En esta dirección parece conveniente analizar la relación entre las observaciones hechas desde ambos sensores sobre una misma zona. Un parámetro de elección en el seguimiento de la vegetación, que nos va a permitir la comparación en este trabajo, es el índice de Vegetación por Diferencias Normalizado (NDVI) .

Los registros obtenidos desde diferentes sensores serán diferentes debido a (a) las diferencias en el tiempo de adquisición, y por tanto al cambio temporal en las cubiertas de la superficie terrestre, (b) a las características específicas de cada sensor, (anchos de banda, respuesta del sensor,..) y a las diferentes condiciones en que se realiza la adquisición de datos (atmósfera, observación prácticamente cenital para el TM, inclinación variable para el AVHRR,...), distinta iluminación solar, (c) a los errores en la georreferenciación. En este trabajo se analiza la influencia de los errores en la localización geográfica, y el cambio temporal

de las cubiertas vegetales, en escenas cuasisincrónicas.

En muchas aplicaciones es necesario estimar cual ha de ser el tamaño mínimo de una zona, que permita, en primer lugar, su identificación y localización geográfica en una imagen, y, en segundo lugar, su seguimiento temporal mediante una serie de imágenes adquiridas en diferentes fechas. El tamaño de la zona tendrá mucha trascendencia, ya que cuanto mayor sea la zona, mayor será la heterogeneidad de las cubiertas presentes, lo que dificultará en gran medida la interpretación de los cambios registrados. La comparación entre las observaciones de dos sensores con una gran diferencia en su resolución espacial, de tal manera que un sensor puede calibrar el otro, permitirá avanzar criterios en relación con el tamaño de las zonas para su seguimiento

### MATERIALES Y MÉTODO

Para la realización de este trabajo se ha dispuesto de las siguientes imágenes de 1996:

Imagen Landsat TM: 24 de mayo; 25 de junio

Imagen NOAA-AVHR: 25 de mayo; 22 de junio

Las imágenes Landsat (cuartos de escena) han sido georreferenciadas y normalizadas mediante el método de superficies invariantes. Abarcan una superficie de 90 km x 90 km y la esquina superior izquierda tiene las coordenadas UTM huso 30 (510000,4390000). Las imágenes NOAA han sido adquiridas a MeteoFrance ya corregidas radiométricamente y georreferenciadas. Se ha comprobado la ausencia de nubes en la zona común, habiendo extraído una subescena que se ha obtenido en la misma proyección que las imágenes TM para su superposición.

El cálculo del NDVI se ha realizado sobre las reflectividades correspondientes a cada pixel, para cada sensor. Posteriormente se ha estimado el promedio sobre la zona a considerar.

Asimismo se ha dispuesto del mapa temático obtenido mediante clasificación supervisada multitemporal de imágenes Landsat. En este mapa las clases han sido: Suelo desnudo(Suelo urbano,barbecho,...), Cultivos de secano de primavera, Cultivos de Regadío (de Primavera, de Verano,...), Cultivos de Verano(Viña y Girasol) y Forestal.

Dada la coincidencia de fechas en la adquisición de las imágenes es claro que tenemos registros con bastante simultaneidad desde diferentes sensores de una similar realidad física.

El procedimiento que se ha utilizado para establecer una zona de observación común para ambos sensores ha consistido en disponer sobre la imagen una malla regular cuadrada. Cada cuadrícula de esta malla establece la superficie sobre la que se realiza la observación. El paso de malla, que es la longitud del lado de cada retícula, fija la escala en la que se está realizando la comparación y el tamaño sobre el que se ha de producir la agregación de los pixel individuales que integran la zona.

Una vez definida la retícula se ha procedido al cruce de esta malla con los mapas de NDVI de las imágenes Landsat y NOAA, obteniendo para cada cuadrícula el promedio del NDVI para los pixel intersectados.

Se han definido cinco tamaños de la cuadrícula para estimar los cambios debidos al diferente tamaño de agregación: 1.1 km x 1.1 km, 2.2 km x 2.2 km; 3.3 km x 3.3 km; 5.5 km x 5.5 km y 9.9 km x 9.9 km. El origen de las diferentes mallas utilizadas ha sido siempre el mismo, quedando definida la esquina superior izquierda de la malla por las coordenadas UTM (509 900, 4 384 300).

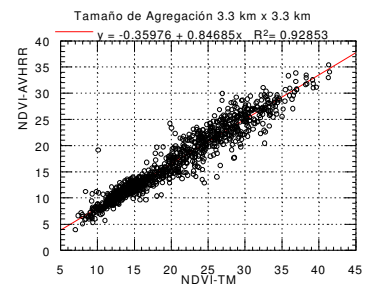
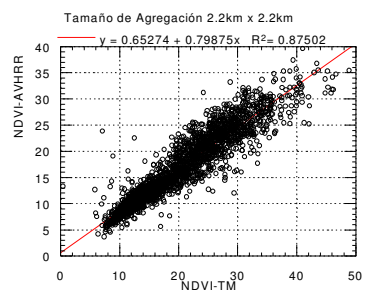
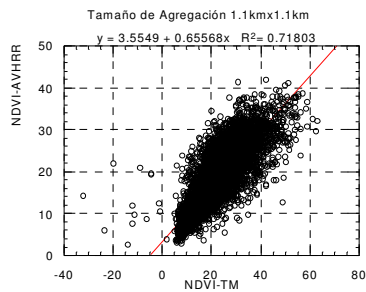
Un elemento importante en la comparación entre NDVI-TM y NDVI-AVHRR es la selección de las fechas en que tenemos imágenes cuasisíncronas. En este caso las fechas entre las que se establece la comparación son especialmente adecuadas para el análisis que queremos realizar, ya que el paisaje que se observa en las escenas de Junio es muy diferente del que se observa a finales de Mayo, dado que los cultivos de secano se han cosechado en Junio, habiendo crecido sustancialmente todos los cultivos de verano.

Este cambio en las cubiertas vegetales se pone de manifiesto en la representación del índice de vegetación de una fecha (mayo) frente a otra (junio). En ella se encuentra que no existe correlación apreciable entre las escenas de mayo y

junio, lo que confirma la diferencia entre el paisaje de Mayo y de Junio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación entre las observaciones realizadas desde ambos sensores se ha realizado representando los valores del NDVI-AVHRR frente a los de NDVI-TM síncronos, para las diferentes fechas, y para todo el conjunto de datos. Se ha calculado para cada distribución la ecuación de ajuste por mínimos cuadrados. En la fig. 1 se muestran los NDVI-AVHRR frente a los NDVI-TM, correspondientes a todos los datos de todas las escenas, para cada una de las escalas, figura que es representativa de las tendencias encontradas.



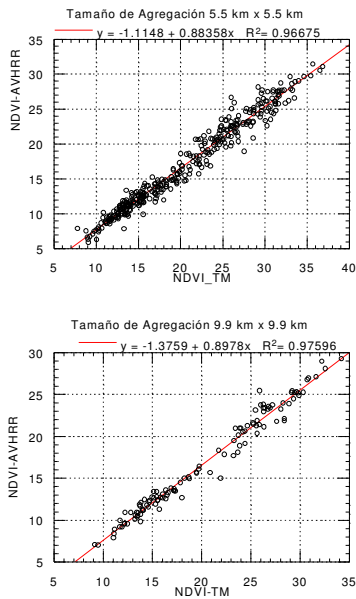


Fig.1.- Relación entre NDVI-AVHRR y NDVI-TM en escenas sincronas de Mayo y Junio, para diferentes tamaños de agregación.

De estas figuras parece desprenderse la existencia de una relación lineal entre las observaciones de un sensor y las obtenidas por el otro, lo que se pone de manifiesto cuando se incrementa el tamaño de agregación. El efecto principal que se aprecia es la reducción de la dispersión que se produce en el cambio de tamaño de agregación al incrementar éste. Este efecto aparece tanto en lo que se refiere al análisis de las escenas de Mayo, como en las de Junio, como al análisis global. El análisis llevado a cabo por De Cola (1997), sobre una zona de inferior tamaño a la que es objeto de este estudio muestra un efecto similar.

Al combinar los datos de las escenas de Mayo y Junio se obtienen resultados que presentan una sustancial disminución de la dispersión, si los comparamos con los obtenidos con las escenas origen. Este efecto es debido esencialmente a que, al combinar en la misma gráfica los datos correspondientes a fechas que presentan dos paisajes muy diferenciados, se incrementa el rango del NDVI sobre el que se realiza el análisis de regresión. De esta forma la distribución correspondiente a ambas escenas y que denominaremos distribución conjunta, puede considerarse más representativa, ya que además incorpora un mayor peso estadístico. El resultado

correspondiente a esta distribución conjunta afianza la existencia de relación lineal, cuyo mejor valor es

$$\text{NDVI-AVHRR} = 0.90 \text{ NDVI-TM} - 1.2 \quad (1)$$

***Influencia de las cubiertas vegetales dado el diferente instante de adquisición de las imágenes.***

El hecho de que en Junio la escena Landsat se adquiere un tiempo de tres días posterior a la NOAA, parece sugerir que las diferencias encontrada entre la distribución de Junio y la distribución global pudiera ser debida, entre otras causas, al cambio temporal que pudieran haber experimentado ciertas cubiertas vegetales entre los instantes de adquisición de las escenas.

Un primer elemento a analizar es la presencia de superficies de agua, ya que al generar NDVI negativos introducen factores difíciles de interpretar en el cálculo de los promedios. Como nos hallamos especialmente interesados en el seguimiento de cultivos, se han identificado las zonas con presencia significativa de agua y se han eliminado del conjunto de datos, decisión adoptada en analisis similares (Puyou- Lascassies et al, 1994) La eliminación de estas zonas ha supuesto para todas las escalas, y para todas las escenas, en cualquiera de las formas en que se han comparado, una ligera disminución en la dispersión de los datos, lo que parece sugerir que zonas con superficies de agua significativas introducen dispersión.

A finales de Junio los cultivos de verano, y cultivos de regadío, son las cubiertas vegetales en las que la rapidez de cambio del NDVI es notable, incrementándose éste. La influencia del resto de cubiertas en las posibles variaciones es baja, ya que dado el instante temporal prácticamente se mantienen constantes.

Se ha tomado el criterio de eliminar aquellos pixel (unidades de agregación) en que la proporción de cultivos de regadío, y cultivos de verano fuera relevante en el cambio del NDVI. Todos estos procesos se han ido realizando acumuladamente, de tal forma que primero se han eliminado las zonas con agua; posteriormente sobre la tabla resultante, se han quitado las zonas con cultivos de regadío de verano, y finalmente sobre la tabla generada, se han eliminado las zonas con una superficie significativa de cultivos de verano de secano.

Para las correcciones debidas a los cultivos de verano, tanto de regadío como de secano, que se hace para las escenas de Junio, se observa que la pendiente de la recta de ajuste se aproxima hacia los valores expresados en las ecuaciones en que se consideran todos los datos. Sin embargo el coeficiente de correlación varía muy poco al realizar estas correcciones, lo que podría ser

indicativo de que las causas que originan la dispersión de los datos se deben a otros factores distintos de esta diferencia temporal

### ***Influencia de la incertidumbre en la georreferenciación***

El hecho básico que sustenta la hipótesis de una fuerte relación entre la dispersión de los datos y el error en la georreferenciación es la reducción sustancial en la dispersión de los datos que se encuentra en los cambios de escala al tomar mayores tamaños de agregación, como se muestra claramente en la fig. 1.

Esta apreciación aparece reforzada tras el análisis en el que se han eliminado zonas en que el cambio temporal pudiera ser significativo, y encontrar que el efecto de estas correcciones tiene incidencia principalmente sobre los coeficientes de las ecuaciones de ajuste, mientras que prácticamente no incide sobre los coeficientes de correlación que expresan la dispersión de los datos.

Una forma de reflejar el impacto del error de localización de una zona en función del tamaño de la unidad de agregación, es considerar la superficie común entre la que ocupe la unidad de agregación y la que ésta ocuparía si se desplazara en una traslación un espacio correspondiente al error de localización de un pixel individual. Para cuantificar este impacto es conveniente utilizar la fracción,  $f$ , esto es, el cociente entre la superficie común y la superficie de la unidad de agregación.

Se ha analizado la relación entre el coeficiente de correlación  $R$ , que indica el grado de dispersión de los NDVI-TM frente a NDVI-AVHRR y la fracción  $f$ , para cada tamaño de agregación considerado. Se encuentra que existe una relación positiva cuando se consideran los tamaños de 1.1 a 5.5, es decir cuando crece  $f$ , crece  $R$ , lo que indica una disminución de la dispersión, al incrementar el tamaño de agregación. El cambio del tamaño de 5.5 a 9.9 no mejora apreciablemente el coeficiente de correlación, aunque varíe  $f$ , como si se hubiera producido un efecto de saturación. Nos encontramos en el punto en que tamaños de agregación superiores no disminuyen la dispersión de los datos.

Así pues, para el caso de escenas TM-AVHRR síncronas analizadas, el factor más importante que introduce dispersión en los datos para la comparación del NDVI obtenido desde cada uno de los sensores, es el error de georreferenciación del sensor AVHRR

### ***Tamaño de una zona para su seguimiento mediante NDVI-AVHRR***

La discusión anterior permite establecer algunos criterios de importancia práctica relacionados con el tamaño de la zona para su seguimiento temporal.

Para el tamaño de las unidades de agregación que estamos utilizando se puede considerar que el error de georreferenciación asociado al NDVI-AVHRR es muy superior frente al error con el mismo origen de NDVI-TM, dada la diferencia en el tamaño del pixel. Por ello se puede considerar que el sensor de alta resolución espacial permite "calibrar" al sensor de baja resolución espacial, en relación con el tamaño de la zona para su seguimiento temporal.

De acuerdo con los análisis efectuados, el tamaño mínimo de la unidad de agregación a partir del cual la dispersión no sesga significativamente la relación entre ambos sensores es el de 3.3 km x 3.3 km.

También es de notar que el incremento del tamaño de la unidad de agregación a 9.9kmx9.9 km no produce apreciable disminución en la dispersión de los datos ni tampoco cambios en cuanto a los valores de la pendiente y de la ordenada en el origen de la relación cuantitativa entre NDVI-AVHRR y NDVI-TM, sobre las obtenidas con las escalas de 5.5 x5.5 km.

Así, se deduce que el tamaño mínimo de una zona para permitir su seguimiento temporal mediante imágenes NOAA, tendría que ser de 3.3kmx3.3 km.

También es importante considerar que, a partir de un tamaño de agregación superior a 9.9km, no se produce una mejora significativa en la reducción de la dispersión de los datos. Con esta consideración, los tamaños de agregación en que un producto NOAA sería más adecuado para el seguimiento temporal de la vegetación se situaría entre 3.3 km x 3.3km y 9.9 km x 9.9 km.

**Agradecimientos.-** Este trabajo se ha realizado con financiación del proyecto CICYT CL195-1887.

### **Bibliografía:**

- De Cola, L., 1997. Multiresolution Covariation Among Landsat and AVHRR Vegetation Indices. pp 73-93 Quattrochi, D. and Goodchild, M. Ed. CRC Lewis Publishers.
- Goetz, S. J., 1997. Multi-sensor analysis of NDVI, surface temperature and biophysical variables at a mixed grassland site. Int. J. Remote Sensing, 18,1,71-94
- Justice, C.O.; Townshend, J.R.G.; Holben, B.N. and Tucker, C.J., 1985. Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data. Int. J. Remote Sensing, 6,8,1271-1318.
- Puyou-Lascassies, Ph; Podaire, A. and Gay, M., 1994. Extracting crop radiometric responses from simulated low and high spatial resolution satellite data using a linear mixing model. Int J. Remote Sensing, 15,18,3767-378

