

**Teledetección:** Dr. Emilio Chuvieco Salinero

Ejercicio práctico 4: Análisis digital de imágenes en teledetección (Correcciones y realces)

**Objetivo:**

Mostrar ejemplos del impacto que distintas técnicas de realce de imágenes tienen sobre la interpretación de las mismas.

**Desarrollo:**

Contestar a las cuestiones que se indican en un documento Word que está en el directorio de la asignatura. Ahí se incluirán también las figuras con los resultados de los distintos ejercicios. Consultar el manual auxiliar de PCI para alguna duda que surja con el empleo del programa.

**1. Datos de entrada**

Las prácticas se harán con los archivos descargados en la práctica anterior. Se recomienda que estén en un solo archivo Geotiff todas las bandas correspondientes al L8 OLI-TIR de la fecha más reciente (con excepción de las originales 1,8 y 9) y del L5 TM de la fecha más antigua.

Es necesario recortar la imagen pancromática (B8 del OLI) con las mismas coordenadas que se usaron para la imagen multibanda, para generar otro archivo tif.

También convendrá descargar el MDT de la misma zona para la práctica de corrección topográfica, recortando las mismas coordenadas y con la misma resolución.

Los ejercicios convendrá hacerlos para las dos fechas, así cada estudiante se encargará de todo el proceso de una sola fecha.

**2. Conversión a formato PCI**


Para este ejercicio, necesitamos importar las imágenes al programa que vamos usar para la práctica. Para ello seguir los siguientes pasos:

- Abrir el programa Focus (Inicio - programas - PCI Geomatica – PCI Geomatica 10 - Focus). Asegurarse que no está en modo demo (si fuera el caso, consultar al profesor).
- Importar las imágenes al programa Focus, utilizando el comando File – Utility – Import to PCIDISK. Se convierten todas las bandas del archivo TIF de una vez.

**3. Visualización**

Al arrancar el programa, puede abrirse el archivo con el que realizaremos la mayor parte de los ejercicios de esta asignatura. La imagen se abre desde el menú desplegable: *File – Open*. Por defecto se visualizará en color, asignándose los colores RGB a las bandas que estén en los Raster 1-2-3 en el orden que estén en el archivo. Esa asignación puede cambiarse en la pestaña *Maps* pulsando en el signo + de la imagen seleccionada, momento en el que aparecen los tres planos de color, y pulsando con el botón derecho del ratón (BDR) en cada color, lo que nos ofrecerá un menú desplegable con las bandas disponibles en el archivo. Elegir la NIR/SWIR/R (5,6,4 respectivamente para el caso del OLI).

Para visualizar otras bandas del mismo archivo, basta ir a la pestaña *Files*, seleccionar la banda, pulsar el BDR y seleccionar *View – Gray Scale*. Para abrir otro archivo, basta pulsar la opción *File – Open de nuevo*.


Cuando haya varios archivos visualizados, sólo se ve el último, pero pueden visualizarse los inferiores, desactivando la casilla de la imagen superior (pulsando sobre el recuadro de esa imagen). Eso es útil para comparar visualizaciones de varias bandas y/o fechas. También puede seleccionarse el archivo que se quiera ver con el BIR y, sin soltar, desplazarlo hasta ponerlo en primer lugar. En cualquier visualización activa (la que está más arriba en la lista), puede cambiarse el contraste tonal utilizando el botón () en la zona de balance de color. Más tarde nos referiremos a esto.

#### 4. Descripción estadística

En la pestaña *Files* puede verse el histograma de las distintas bandas de la imagen sin necesidad de visualizarlas antes. Basta seleccionar el archivo de interés con el BIR y pulsar sobre la opción + para que se desplieguen las distintas bandas que componen el archivo. Luego, pulsar el BDR sobre la banda de interés y seleccionar la opción *Histogram with Statistics*. Además del histograma también aparecen las estadísticas elementales de las bandas (media, mediana, desviación típica, máximo y mínimo). Los histogramas pueden exportarse a TIFF, BMP y Postscript, o capturarse en pantalla.

También pueden calcularse dispersogramas, para ver la correlación entre bandas. Sobre la pestaña *Maps*, pulsar el BDR sobre la composición en color de la imagen. De las opciones disponibles elegiremos ahora la denominada *Scatterplot*. El programa permite obtener los diagramas de dispersión entre pares de bandas, así como los coeficientes de correlación y regresión, simplemente cambiando la banda activa en la opción X-Axis y Y-Axis.

#### 5. Realces visuales

El programa ofrece diversos medios para realzar la apariencia visual de una imagen. Los más comunes son la expansión del contraste y los filtros. La primera es fácilmente accesible a través de los iconos de la barra superior de tareas (). También puede obtenerse en la pestaña *Maps* pulsando el BDR sobre la imagen (y eligiendo la opción *Enhance*). Los tipos de realce incluidos son:



Sin Realce



Lineal, homogéneo en todo el rango



Raíz, realza más los tonos oscuros



Realce cuadrático, realza más los tonos claros



Adaptativo, derivado del histograma de la imagen.



Ecuación del histograma.



Inverso, genera un histograma simétrico al que contienen los datos.

Ensayar una composición de color de tres bandas con y sin realce para ver el efecto sobre los colores resultantes. Basta abrir un espacio RGB, con tres bandas originales y aplicar el realce sobre ellas.

Los filtrajes también pueden accederse desde la pestaña *Maps* seleccionando el archivo visualizado con el BDR (opción *Filter*). Los filtros pueden aplicarse sobre una banda o sobre una composición en color de tres bandas. Al acceder al menú de filtraje aparece una pequeña ventana que nos permite variar flexiblemente los parámetros de filtraje. Se puede seleccionar el tamaño de la ventana de filtraje (*filter size*) que varía de 3x3 hasta 33x33 píxeles. También se pueden seleccionar tres tipos de filtros: de paso bajo (*Low Pass*), de paso alto (*High Pass*) y definidos por el usuario (*Custom*). En cada una de esas pestañas hay diversas opciones. El filtro puede aplicarse sobre la imagen activa en el monitor (*Apply to View*), o sobre el archivo (*Apply to File*). Normalmente, utilizaremos sólo la primera opción, ya que se supone que el filtro sólo se orienta a mejorar virtualmente los valores de la imagen. Si quisieran obtenerse productos para interpretación visual en papel será necesario aplicarlos en disco.

Ensayaremos la aplicación sobre la banda 4 de la imagen de dos filtros: mediano de paso bajo (*Median filter*) y de paso alto lineal (*Edge sharpening filter*) y no lineal (*Sobel*). Aplicarlo en cada caso a toda la imagen pulsando *Apply to View*, tras seleccionar el tipo de filtro deseado y el tamaño de la ventana (puede iniciarse con 3x3 píxeles, e irlo modificando para ver el efecto sobre los resultados). Ojo, antes de aplicar otro filtro, conviene quitar el efecto del filtro anterior, para filtrar los valores originales y no los ya filtrados. Para ello, pulsar antes de cada nuevo filtro, el botón *Remove View Filter*. Nos podemos desplazar sobre la imagen pulsando un valor mayor de zoom. También pueden obtenerse filtros a elección del usuario (*Custom*) de 3 x 3 para realzar los rasgos direccionales de la imagen.

Tanto para los realces visuales como para los filtrajes, el programa *Focus* puede acceder a algoritmos más avanzados, a través de una librería, disponible en el menú desplegable: *Tools – Algorithm Librarian*.

## 6. Corrección geométrica

Puesto que las imágenes de las dos fechas están corregidas geométricamente, no es necesario co-registrarlas. En caso de que se observen sectores en los que el ajuste no es bueno, podrán aplicarse los procesos de corrección geométrica, como indica el anexo que se dedica a este apartado.

Para ajustar el MDT a la imagen, puede ser necesario re proyectarlo, lo que se obtiene con la opción *Tools – Reprojection* del menú principal de *Focus*. Aquí habría que indicar el archivo de origen, que si es compatible con PCI lo leerá sin necesidad de convertirlo y sabrá que proyección y coordenadas de las esquinas tiene de origen. Luego indicar la proyección de salida, con el tamaño del pixel y las coordenadas de las esquinas apropiados para que el archivo resultante tenga la misma resolución y las mismas esquinas que las imágenes Landsat que estamos usando. Usar la opción *Bounds and resolution* para señalar estos parámetros y

asegurarnos que son después del mismo tamaño.

### 7. Conversión a reflectividad

Para los ejercicios que siguen deberán crearse previamente capas raster en el archivo donde vayamos a hacer la práctica (6 bandas de salida para las que vamos a corregir en esta sección). Para crear bandas vacías, pulsar en la pestaña *Files* con el BDR sobre el archivo de la imagen y seleccionar la opción *New – Raster Layers*. Conviene que sean de 32 bits para asegurarnos que no se trunquen los decimales a la hora de crear las nuevas bandas.

Para obtener reflectividades corregidas emplearemos el modelo propuesto por Chavez (1996). la fórmula sería:

$$\rho_k = \frac{d^2 * \pi * a_{1,k} * (ND_k - ND_{\min,k})}{E_{o,k} \sin \theta_e \tau_{k,i}}$$

donde  $\rho_k$  es la reflectividad para la banda k:

- d es un factor que tiene en cuenta la variación de la distancia Tierra-Sol, y se calcula a partir del día juliano (D) siguiendo la siguiente fórmula:

$$d = 1 + 0.0167 (\sin (2\pi (D - 93,5) / 365))$$

En las imágenes Landsat-8, el valor d también aparece en los metadatos de la imagen (es el parámetro denominado: *Earth\_sun\_distance*), que están en un archivo ascii con extensión .MTL.

- $a_{1,k}$  es el coeficiente multiplicativo de la conversión a radiancia. Puede encontrarse en la cabecera de la imagen (Se conoce como *Radiance\_Mult\_Band*)
- $\theta_e$  el ángulo de elevación solar (incluido en la cabecera de la imagen);
- $\tau_{k,i}$  la transmisividad para el flujo descendente en la banda k, (utilizaremos los valores por defecto propuestos por Gilabert et al., 1994:  $\tau_{k,i} = 0.70, 0.78, 0.85, 0.91, 0.95, 0.97$  para las bandas 1, 2, 3,4,5,7 del TM, respectivamente, adaptarlas a las del OLI).
- $E_{o,k}$  es la irradiancia solar en el techo de la atmósfera para la banda k. En la tabla siguiente se incluyen los valores que parecen más adecuados actualmente.

Landsat- 8 OLI		Landsat-TM	
Banda	TOA*	Banda	ToA
2 (blue)	2067	1	1983
3 (green)	1893	2	1796
4 (red)	1603	3	1536
5 (NIR)	972.6	4	1031
6 (SWIR)	245.0	5	220
7 (SWIR)	79.72	7	83.44

Esta conversión a reflectividad puede calcularse a partir del lenguaje de modelado disponible en *Tools – EASI Modeling* (ver anexo con la explicación de cómo funciona este lenguaje). Ojo crear antes 6 bandas de 32 bits para almacenar las reflectividades, ya que todos los valores estarán comprendidos entre 0 y 1 (de lo contrario, estaría mal hecho el cálculo)<sup>1</sup>.

Una vez obtenidas las reflectividades, puede construirse un gráfico de reflectividades con las bandas resultado para distintas cubiertas. Para ello, se pulsa el BDR sobre las bandas del archivo que se esté visualizando, seleccionado la opción *Spectralplot*. Al pulsar esta opción, aparecen dos nuevas ventanas: *Spectral plotting* y *Spectral Graph*. En la primera, se introducen los siguientes parámetros de control:

- *Hyperspectral image*, señalar el primer y último canal de la imagen (indicar sólo los correspondientes a las reflectividades);
- *Plotting range*, el primer y último canal a visualizar en el gráfico;
- *Library Min e Image Min* corresponden a los valores máximos y mínimos de la imagen (dependerá del tipo de variable que hayamos generado, 0-1).

Finalmente, situar el cursor en algún lugar con vegetación sana en la imagen visualizada y pulsar el botón *From Image* en la ventana *Spectral Plotting*, con lo que se dibujarán los valores de reflectividad de superficie de cultivos de regadío. Aceptar esa signatura pulsando *From image* en la ventana. Señalar también una zona de suelo desnudo y otra de agua. Estas signaturas espectrales podrían salvarse en un archivo de signaturas, pulsando el botón *Save Spectrum*, dentro de la ventana *Spectral Plotting*. Señalar como archivo de salida la extensión .xls (Excel), para luego visualizarlo más fácilmente. Ojo anotar el nombre de las categorías que introduzcamos para identificar luego más fácilmente los espectros. Aparecerán en el archivo Excel con los valores ND originales y las reflectividades corregidas. Graficar qué orden se introducen las categorías para seleccionar antes el mismo fichero.

## 8. Corrección topográfica

Incluye dos fases. En la primera se calcula el ángulo de iluminación (procedente del modelo digital del terreno) y en la segunda se corrige la reflectividad de entrada de acuerdo con el valor de ese ángulo.

La iluminación (coseno del ángulo de incidencia) se calcula a partir de los ángulos cenital solar, acimutal solar, la orientación y de pendiente de acuerdo a:

$$\cos \gamma_i = \cos \theta_c \cos \theta_n + \sin \theta_c \sin \theta_n \cos(\varphi_c - \varphi_n)$$

donde  $\gamma_i$  es el ángulo cenital de iluminación (entre la vertical a los rayos solares),  $\theta_c$  indica el

<sup>1</sup> Ejemplo para la banda espectral B2, correspondiente al azul:

$$\%9 = (1.0116^2 * 3.141598 * 0.012563 * (\%1 - 8279)) / (2067 * \sin(56.521 * 3.141598 / 180) * 0.7).$$

Ojo, tener en cuenta que las funciones trigonométricas en PCI se asumen para ángulos en radianes, por tanto, si queremos calcular una de estas funciones, debemos convertir antes el ángulo a radianes (multiplicar por  $\pi$  y dividir por 180). Por ejemplo, la expresión para calcular el  $\cos 45^\circ$  sería  $\cos(45 * 3.141598 / 180)$ .

ángulo cenital solar,  $\theta_n$  la pendiente del terreno,  $\phi_c$  el ángulo acimutal solar y  $\phi_n$  el ángulo de orientación de la vertiente. Esta fórmula se puede calcular con *Tools – EASI Modeling*. Los ángulos solares se pueden obtener de la fecha y hora de adquisición de la imagen, aunque suelen aparecer en la cabecera de la imagen. Mientras tanto la pendiente y la orientación se pueden obtener a partir del MDT. Los datos solares para esta imagen están incluidos en los metadatos de la imagen. Alternativamente, y más sencillo que el proceso anterior, se puede calcular directamente la iluminación con el programa ANG (que ofrece el ángulo entre la luz solar y la horizontal, esto es el complementario del ángulo de iluminación  $\eta = 90 - \gamma$ ). Este comando está disponible en *Tools – Algorithm Librarian – Analysis - DEM Processing*. Basta introducir el canal en donde está situado el MDT, el tamaño del píxel en metros, el escalado de las alturas (si hubiera), los ángulos solares antes comentados y la distancia al punto de luz (el sol, que está a unos 150.000.000 km).

Una vez calculada la imagen del ángulo de iluminación (que equivale a un sombreado del terreno), puede aplicarse alguna de las fórmulas para la corrección topográfica sugeridas en la literatura. Antes de hacerlo, la banda con el ángulo de iluminación debe estar en el mismo archivo de las bandas originales (puede transferirse mediante *File – Utility – Transfer Layers*, o cuando esté visualizada, pulsando con el BDR en *Save As*, y salvarla en el archivo de interés).

Para la corrección del sombreado topográfico, sugiero utilizar el criterio c-Teillet, definido por:

$$\rho_{\lambda,hi} = \rho_{\lambda,i} \left( \frac{\cos \theta_s + c_\lambda}{\cos \gamma_i + c_\lambda} \right) \quad c_\lambda = \left( \frac{b_\lambda}{m_\lambda} \right)$$

Donde

- $\rho_{\lambda,hi}$  sería la reflectividad para una superficie horizontal
- $\rho_{\lambda,i}$  la correspondiente a un terreno en pendiente para las mismas coordenadas;
- $\theta_c$  indica el ángulo cenital solar (ojo, en los metadatos puede venir el de elevación solar, que es el complementario ( $\theta_c = 90 - \text{elev}$ ));
- $\gamma$  es el ángulo de iluminación. Si se ha calculado con ANG, el ángulo que se obtiene es el complementario, así que habría que calcular el cos (90-ANG) o simplemente el seno de ANG.
- $c_\lambda$  se calcula para cada banda como el cociente entre el sesgo b y la pendiente m de la recta de regresión entre la imagen de reflectividad de cada banda (calculada sin tener en cuenta el efecto topográfico) y el coseno del ángulo de iluminación<sup>2</sup>. Esta regresión puede hacerse con la opción antes utilizada para obtener diagramas de dispersión

## Entrega 20.11

<sup>2</sup> Ejemplo para una banda:  $\%21 = \%7 * (\cos ((90 - 58.30) * 3.1415 / 180) + 0.01 / 0.05) / (\%20 + 0.01 / 0.05)$ . En este caso, ya se habría calculado previamente el cos y se habría almacenado en la banda 20.