

VALORACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE CORRECCIÓN TOPOGRÁFICA EN IMÁGENES DE SATÉLITE APLICADO A LA RESPUESTA ESPECTRAL DEL CAFÉ

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores más limitantes para la delimitación de cultivos que predominan en regiones de alta montaña es el efecto de sombreado topográfico que se presenta (figura 1). Este trabajo se orienta a realizar una valoración de cuatro métodos de corrección topográfica (lambertianos y no-lambertianos) para reducir los efectos de pendiente y aspecto topográfico en una imagen Landsat ETM+. El desarrollo de estos métodos fue evaluado mediante un análisis visual y estadístico, considerando dos criterios: (1) cambios en las características espectrales de la imagen y (2) reducción de la correlación de la reflectancia e iluminación del terreno.

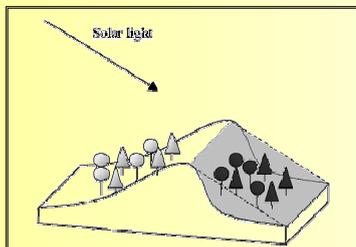


Figura 1. Efecto de la topografía en la reflectancia. Fuente: Riaño et al., 2003

MATERIAL Y METODOS

El área de estudio comprende los municipios de Oporapa, Timana y Palestina del sur del Departamento del Huila – Colombia. La imagen de satélite empleada para este estudio corresponde al sensor multispectral ETM+ a bordo del satélite Landsat 7 (Path 009 Row 059) capturada por el sensor el 24 de agosto de 2001. Para realizar la corrección topográfica de la imagen fue necesario contar con un Modelo Digital de Elevación con igual resolución que la imagen; los software SILVICS y ERDAS se utilizaron para realizar los respectivos procedimientos de análisis de imágenes y para la ubicación de las áreas de validación se empleó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) Trimble pro-XR, con corrección diferencial en tiempo real. Las Áreas de Entrenamiento corresponden a las zonas donde se presenta el efecto de sombreado topográfico (Figura 2) y con cultivos de café con fechas de siembra entre 1999 y 2001 para asegurar la permanencia del cultivo en el año 2001, fecha de toma de la imagen.

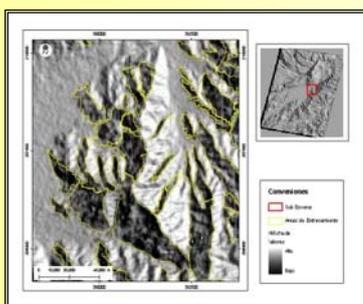


Figura 2. Hillshade generado a partir del Modelo Digital de Elevación con la delimitación de las áreas de entrenamiento

Con el trabajo de campo se obtuvo un agrupamiento de píxeles de áreas en café a plena exposición, tanto para los píxeles que se encuentran bajo el efecto de sombreado, como los que presentan buena iluminación solar; siendo esta muestra la utilizada para la comparación entre las correcciones empleadas en el estudio (figura 3).

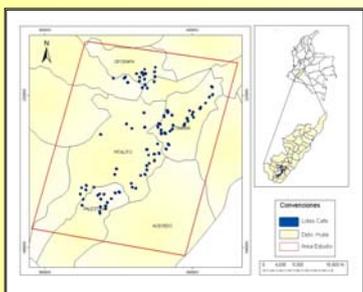


Figura 3. Distribución geográfica del mapeo de lotes cafeteros.

La subescena de la imagen correspondiente al área de estudio, se corrigió topográficamente mediante cuatro métodos (Coseno, Minnaert, C-corrección y Estadístico Empírico) (figura 4 y 5). El organigrama que se presenta describe los pasos a seguir para realizar la corrección topográfica (figura 6).

METODO	FORMULA MATEMATICA	SIMBOLO	EXPLICACION
COSENO	$L_{ij} = L_r \frac{\cos(Z)}{\cos(i)}$	L_r	Radiancia normalizada. Reflectancia de una superficie horizontal
		L_r	Radiancia observada. Ejemplo: valor del píxel de la imagen
MINNAERT	$L_{ij} = L_r \frac{\cos^{-1}(e)}{\cos^2(i)}$	i	Angulo solar incidente
		e	Existencia o ángulo de vista, equivalente al ángulo de la pendiente S
ESTADISTICO	$L_{ij} = L_r - \cos(i)m - b + L_r$	Z	Angulo solar central
		K	Constante de Minnaert*
FACTOR C	$L_{ij} = L_r \frac{\cos(Z)+C}{\cos(i)+C}$	m, b	Pendiente e intercepto de la línea formada por la regresión
		C	*Factor C*, definido como (h/m)

Figura 4. Métodos de corrección topográfica

Figura 5. Simbología formulas matemáticas

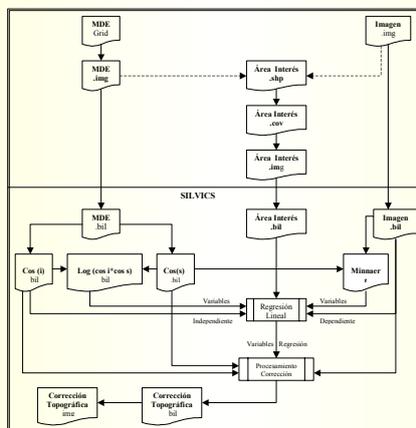


Figura 6. Organigrama para la corrección topográfica.

RESULTADOS

Análisis Visual. El resultado de la corrección topográfica puede verificarse visualmente comparando la respuesta espectral de las imágenes antes y después de la corrección, generando perfiles espectrales que ayuden a visualizar si las sombras en la imagen original causadas por el relieve que tanto han disminuido y si el comportamiento espectral es compensado para diferentes sitios de muestreo (figuras 7,8,9,10).

Método del Coseno

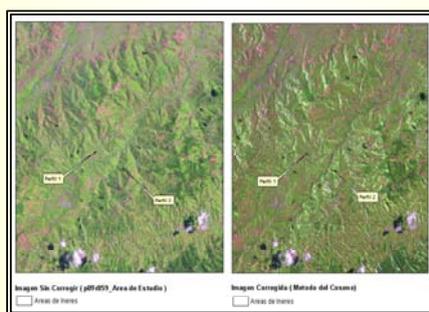


Figura 7. Análisis visual método Coseno. Izquierda imagen sin corrección, derecha imagen corregida. Nótese en la imagen corregida el aumento de brillo en las zonas anteriormente oscuras.

Método Empírico-Estadístico

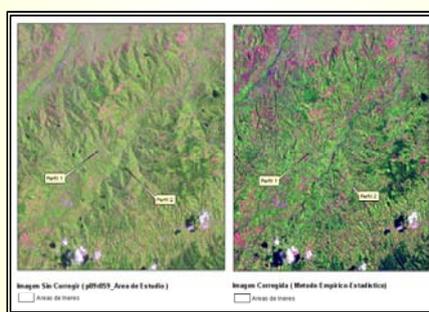


Figura 8. Análisis visual del método Empírico-Estadístico. Izquierda imagen sin corrección, derecha imagen corregida. Nótese en la imagen corregida la variabilidad espectral.

Método Minnaert

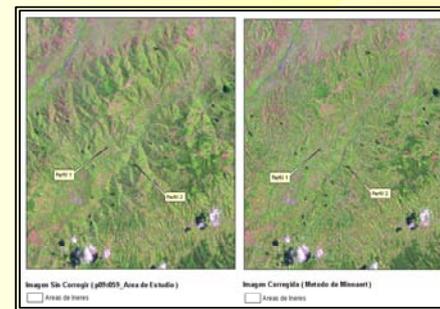


Figura 9. Análisis visual del método de Minnaert. Izquierda imagen sin corrección, derecha imagen corregida.

Método C-corrección



Figura 10. Análisis visual del método C-corrección. Izquierda imagen sin corrección, derecha imagen corregida.

Análisis Estadístico. Una valoración estadística (Regresión Lineal) de la efectividad de la corrección topográfica también debe ser llevada a cabo para poder evaluar el cambio de los valores digitales de la imagen para la cobertura de interés antes y después de la corrección topográfica y así poder definir cual corrección reduce en mejor medida la influencia de la iluminación ($\cos i$) sobre los ND (A menor pendiente, menor variabilidad espectral dentro de la cobertura, mejor corrección topográfica)(figura 11).

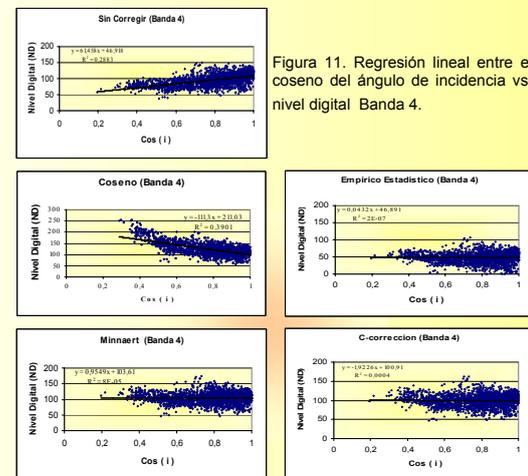


Figura 11. Regresión lineal entre el coseno del ángulo de incidencia vs. nivel digital Banda 4.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

No se recomienda utilizar el método clásico del Coseno para la corrección topográfica en terrenos rugosos, al igual que el método Empírico-Estadístico; ya que este reduce los valores digitales de las cubiertas al valor promedio de la muestra de interés.

El método C-corrección reduce la dependencia de la reflectancia de la geometría del terreno en la imagen y es recomendado para el uso antes de la clasificación de coberturas de café en el departamento del Huila

Se recomienda futuros análisis para examinar el método C-corrección, para diferentes tipos de cobertura presentes en el área de estudio; permitiendo así determinar si la buena compensación espectral obtenida en los cultivos de café, se conserva en general para todo tipo de cobertura en el área de estudio.

Contacto:

Natalia Uribe Rivera^(1,2), Sandra Lorena Bolaños⁽¹⁾, Glenn Hyman⁽¹⁾ y Thomas Oberthur⁽¹⁾.
⁽¹⁾Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Tel.: +57(2) 4450000 Ext. 3428 A.A. 6713;
⁽²⁾Universidad del Valle. Ingeniería Topográfica. Tel: +57(2) 3334897 Cali – Colombia
 nauriber@gmail.com