

# METODOLOGÍA PARA LA DETECCIÓN DE CAMBIOS EN LA OCUPACION DE SUELO A PARTIR DE LA POSICIÓN RELATIVA DE LOS PÍXELES EN LOS HISTOGRAMAS

M. GRANÓ

granoreder@engref.fr

CIRAD Forêts, BP 5035, 34032 Montpellier. Cedex 1. Francia.  
Foresterie Rurale et Tropicale - ENGREF, BP5093, 34033 Montpellier. Francia.

**RESUMEN:** Los cambios más importantes en la ocupación de suelo pueden ser detectados a partir de la posición relativa de los píxeles en los distintos histogramas. Usando el IB, el NDVI y una tipificación previa de los cambios, se pueden localizar de forma sencilla las zonas que han sufrido los cambios más significativos

**ABSTRACT:** The most significant land-use changes can be detected through the variations in the pixels relative histograms positions. Using both the IB, NDVI and a detailed land-use changes classification a localization of the land-use changes can easily be achieved.

**Palabras clave:** estudio dinámico, cambios, brillantez, Camerún.

## INTRODUCCIÓN

En el marco de una cooperación entre el Engref y el Cirad, llevada a cabo en el Norte de Camerún, surgió la necesidad de desarrollar una metodología para la detección de cambios que pudiesen presentar problemas en la gestión de los recursos naturales. Esta metodología debía ser lo más sencilla posible y permitir una primera interpretación de los cambios detectados; se trataba de localizar una serie de zonas de riesgo, pero no debía substituir al trabajo de campo.

Se intentó minimizar las correcciones a realizar, permitir la fácil combinación de imágenes procedentes de distintos captores y hacerla sencilla y comprensible tanto a nivel conceptual, como en su desarrollo.

## PRESENTACIÓN REGIONAL

La zona de estudio se encuentra en el Norte de Camerún. El clima es tropical sudano-saheliano, con una estación lluviosa entre los meses de junio y septiembre —en la que se recogen unos 800 mm— y una estación seca que ocupa el resto del calendario (Triboulet, 1995).

Dominan los suelos férricos y argilos pobres en materia orgánica, los halomorfs con horizonte superficial arenoso y las combinaciones entre ambos.

La vegetación natural es mayoritariamente de tipo savana con recubrimientos que raramente que oscilan

entre el 5 y el 65% de la superficie y queda su actividad es muy poca durante la época seca. Existen dos periodos de producción agrícola; uno durante la época de lluvias, y otro durante la estación seca (cultivos de contraestación). Las zonas de pastos son quemadas periódicamente.

Más concretamente se trata de una zona centrada en las coordenadas N10°49'30" y E14°48'27"; una zona plana, sin formaciones de relieve destacables y una diferencia de cota absoluta inferior a los 150 m.

Las imágenes utilizadas eran las escenas de Spot, con los identificadores 1 088 329 870115 093757 2X y 4 088 329 981216 095023 2I.

Para poder simplificar la metodología, se debía reducir el numero de cambios a detectar. Para ello, con la ayuda de personal conocedor del lugar y bibliográfica se definieron las principales problemáticas y se realizó una tipología de los cambios a detectar. Estos eran principalmente :

Talas y cortas excesivas y recurrentes de savanas que debilitan la vegetación y la hacen cada vez más rara, hasta llegar a un grado de degradación difícilmente reversible.

Roturación de savanas para implantar cereales de invierno.

Quemas de nuevas zonas para obtener pastos.

Crecimientos de las ciudades y pueblos o de sus zonas de influencia debidas al aumento de su población con la degradación sucesiva de sus entornos.

### FUNDAMENTOS DE LA METODOLOGÍA

Las correcciones de calibrage y atmosféricas son transformaciones de tipo lineal, y no afectan al orden —posición ordinal relativa— de los valores de cada uno de los canales, en lo cual se basa el siguiente método. Es decir que los píxeles más claros que otros, lo son tanto si se han realizado tales correcciones, como si se trabaja con los datos brutos, y por tanto no es indispensable realizarlas para desarrollar esta metodología.

En una zona sahariana como el Norte de Camerún, y en las fechas de la toma de las imágenes, los cultivos de contraestación, en plena actividad en esta época del año, y las zonas de vegetación tipo savana, presentan valores intermedios del Índice de Brillo (IB). Los suelos claros con ralas coberturas de herbáceas ya secas o del todo desnudos presentan los valores más altos de IB, mientras que los suelos oscuros (ferruginosos con aspecto de coraza) también con escasa cobertura y los quemados presentan los valores más bajos del índice (Peyre y De Wispeleare, 1991). Así que en el histograma del IB, las zonas de dominancia de suelos claros poco cubiertos se sitúan mayoritariamente en el extremo derecho, las zonas con mayor presencia en vegetación —activa o no— se sitúan en la zona central del histograma, y los suelos predominantemente desnudos o quemados a la izquierda, en la zona de los valores más bajos.

De forma similar, pero referente al Índice de Vegetación de Diferencias Normalizadas (NDVI) se observa que, en la época de registro de las imágenes, los cultivos de contraestación y los pastos de invierno tienen los valores más altos de NDVI de toda la imagen y se sitúan en el extremo derecho del histograma del NDVI. La vegetación savanosa, en general en avanzado estado de desecación en estas fechas, presenta valores intermedios, entre los cultivos o pastos hivernales en plena actividad, y los suelos desprovistos de vegetación o con herbáceas efímeras completamente secas, y por tanto las zonas savanas ocupan la parte central del histograma, de-

jando la zona de valores más bajos —la izquierda del histograma a los suelos mayormente desnudos o quemados para la obtención de pastos.

En base a esto, un píxel que haya cambiado su tipo de ocupación cambiará también su posición relativa en el histograma con relación a la mayoría de píxeles.

Realizando una clasificación de los píxeles en función de su posición en los histogramas de IB y NDVI y detectando los cambios en dicha posición en años diferentes, se pueden detectar las zonas que han sufrido los cambios más importantes.

### METODOLOGÍA

Se calcula el IB y el NDVI tanto para la imagen más antigua como para la más reciente.

Para el IB, con la ayuda de las frecuencias acumuladas se realiza una división del histograma en 6 clases, de forma que cada clase contenga aproximadamente el mismo número de píxeles que las demás.

De esta forma, los píxeles con valores más bajos de NDVI —normalmente zonas oscurecidas por el paso del fuego— pasan a formar parte de la clase 1, y píxeles de con los valores más altos a la clase 6.

Se realiza esta reclasificación tanto para la imagen más reciente como para la más antigua.

Se realiza a continuación un cruce de imágenes tras el cual, se obtiene una nueva imagen clasificada en 36 grupos correspondientes a todas las combinaciones posibles entre la clasificación de cada píxel en la imagen más antigua y la más reciente.

Seguidamente se reclasifica esta imagen en un número menor de clases. Estas clases se realizan ya en tras una primera interpretación de los cambios que se detectan (Tabla 1).

Así se obtiene una primera aproximación de las zonas más afectadas por los cambios más destacables a nivel de uso y ocupación del suelo.

Con el objeto de limitar las zonas y detectar variaciones radiométricas que no se corresponden con los cambios que se desean localizar, y eliminar píxeles incongruentes, se realiza un proceso similar con los valores del NDVI.

Clasificación de los píxeles en la imagen más reciente	Clasificación de los píxeles en la imagen más antigua					
	CI 1	CI 2	CI 3	CI 4	CI 5	CI 6
CI 1	I	I	PV1	PV1	Q	Q
CI 2	I	I	I	PV1	Q	Q
CI 3	RV	I	I	I	RV	RV
CI 4	RV	RV	I	I	I	RV
CI 5	H	H	PV2	I	I	I
CI 6	H	H	PV2	PV2	I	I

**Tabla 1:** Reclasificación de la imagen cruzada entre los IB de los distintos años.

Hipótesis de los cambios: I: Píxel invariante o de variación poco importante. PV1: Posible pérdida de vegetación por cortas sobre suelos oscuros o por quema de savana arbustiva. Q: Quemadas de suelos claros poco cubiertos para la obtención de pastos. RV: Posibles revegetaciones, tanto savana natural, como instalación de cultivos de contraestación. H: Nuevas tierras extremadamente degradadas sin ningún tipo de vegetación. Abandono de zonas de pastoreo frecuentemente quemadas. PV2: Posible pérdida de vegetación por cortas sobre suelos claros.

Se clasifica la imagen NDVI en 5 clases, de forma que en cada una de las clases contenga el mismo número de píxeles. Realizado esto tanto para la imagen más antigua como para la más reciente, se cruzan ambas imágenes obteniendo así una nueva imagen que contiene 25 clases correspondientes a las 25 combinaciones posibles de clasificación de un píxel en ambas imágenes.

Se simplifica dicha imagen, de manera que se obtengan solamente tres clases, correspondientes a un aumento, un mantenimiento, o una pérdida relativa de NDVI entre ambas imágenes (Tabla 2).

Finalmente se realiza un último cruce de imágenes [cambios IB] X [cambios NDVI]. Se obtiene una imagen que contiene 18 clases. Tras descartar algunas combinaciones formadas i unificar otras (tabla 3), se obtiene una imagen en la que aparecen localizadas las zonas que han padecido una serie de evoluciones en la ocupación

del suelo que conciernen a la gestión de los recursos naturales.

## RESULTADOS

Se ha puesto en funcionamiento un plan para verificar in situ los resultados obtenidos con esta metodología, pero en el momento de finalización del plazo de entrega de documentos para el Congreso, aún no se dispone de los datos de terreno.

Los resultados coinciden con otros estudios similares y realizados de forma paralela, basados en métodos de corrección radiométrica relativa (Yang, 2000). Estos otros métodos requieren de más cálculos y los resultados que se han obtenido son ambiguos en lo que se refiere a interpretación de los cambios detectados de forma numérica.

Clasificación de los píxeles en la imagen más reciente	Clasificación de los píxeles en la imagen más antigua				
	CI 1	CI 2	CI 3	CI 4	CI 5
CI 1	I	I	D	D	D
CI 2	I	I	I	D	D
CI 3	A	I	I	I	D
CI 4	A	A	I	I	I
CI 5	A	A	A	I	I

**Tabla 2:** Reclasificación de la imagen cruzada entre los NDVI de los distintos años

Significado de las nuevas clases. A: Aumento relativo del NDVI; I: invariante o cambio no significativo; D: Disminución relativa del NDVI.

	D	I	A
I	Invariante	Invariante	Invariante
PV1	Pérdida de vegetación sobre suelos claros	Pérdida de vegetación sobre suelos claros	Incongruencia ⇒ invariable
Q	quemadas	quemadas	Incongruencia ⇒ invariable
RV	Incongruencia ⇒ invariable	Aumento de la vegetación	Aumento de la vegetación
H	Aparición de tierras compactas sin vegetación	Aparición de tierras compactas sin vegetación	Aparición de tierras compactas sin vegetación
PV2	Pérdida de vegetación sobre suelos oscuros	Pérdida de vegetación sobre suelos oscuros	Incongruencia ⇒ invariable

**Tabla 3:** Reclasificación de la imagen cruzada entre el tratamiento del IB y el del NDVI

Los resultados también muestran coherencia en lo referente a detectar una serie de cambios producidos en lugares donde tal cambio se pueda dar, es decir no se han observado ninguna incompatibilidad entre los resultados obtenidos según este método y la ocupación de suelo, ni con la información bibliográfica de la que se dispone.

## DISCUSIÓN

Este método permite llevar a cabo la detección de cambios en zonas donde la ocupación del terreno es un mosaico de elementos, que se traduce en una gran cantidad de píxeles heterogéneos y de difícil clasificación a causa de la continuidad en los valores de las respuestas espectrales producidos por las múltiples combinaciones de porcentaje de suelo cubierto, tipos de suelo y diferentes grados de actividad vegetal en función de las distintas especies.

El método puede ser llevado a cabo por personal con poca formación en el campo de la teledetección, y con equipos y programas no muy potentes.

Es necesario que las imágenes estén tomadas en periodos del año similares, puesto que si no el diferente estado de actividad vegetal podría inducir a la detección de unos cambios que no nos interesan, a la vez que otros cambios quizá pasarían desapercibidos.

El único requisito realmente indispensable es un calaje muy preciso entre las dos imágenes, a veces más preciso del que nos ofrecen las imágenes adquiridas ya georeferenciadas. Así mismo, también permite de forma directa la comparación de imágenes procedentes de distintos satélites

El hecho de trabajar con tan sólo dos canales, reduce el tiempo del proceso, y recurrir al IB y al NDVI facilita la interpretación de los resultados así como de

cada uno de los pasos de la metodología, de forma que se puede adaptar fácilmente a distintas zonas con distintas problemáticas y formaciones vegetales sin necesidad de recurrir a pesadas operaciones de interpretación de los distintos canales originales.

El hecho de trabajar con tan sólo dos canales, reduce el tiempo del proceso, y recurrir al IB y al NDVI facilita la interpretación de los resultados así como de cada uno de los pasos de la metodología, de forma que se puede adaptar fácilmente a distintas zonas con distintas problemáticas y formaciones vegetales sin necesidad de recurrir a pesadas operaciones de interpretación de los distintos canales originales.

## BIBLIOGRAFÍA

- PEYRE DE FABREGUES, B. y DE WISPELEARE, G., 1991. 'Evolution et suivi des ressources pastorales par télédétection spatiale dans la région du sud-Tamesna -Niger-. Rapport final. IEMVT/CIRAD. 80p + anexos. Paris.
- TRIBOULET, C., 1995. 'Les transformations des paysages du Diamaré et du Bassin de la Benoué (Nord Cameroun)'. Etude à l'aide de l'imagerie SPOT. 560p. Toulouse.
- YANG, X., 2000. Relative Radiometric Normalization Performance for Change Detection from Multi-Date Satellite Images. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66(8): 967-980.

## AGRADECIMIENTOS

Especialmente a Denis Gautier y Agnès Bégué.