

MODELO DE MEZCLA DE PIXEL PARA CÁLCULO DEL CONSUMO DE AGUA EN EL GOLF Y AGRICULTURA, REGIÓN DEL ALGARVE, PORTUGAL

A. M. Santos (*), J.P. Monteiro (*) y E. R. S. Santos (**).

(*) *Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente, UALG. 8005-139 Faro. alex_ualgpt@yahoo.com*

(**) *Centro Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás. 74.055-110 Goiânia.*

RESUMEN

Imágenes orbitales son fuentes de datos para la cuantificación indirecta de agua para agricultura. Eso ocurre mediante la identificación del área regada y dotación de regadío. Tal metodología es desarrollada normalmente a partir de la Clasificación de imágenes. Sin embargo, la mayoría de los algoritmos sólo analiza la diferencia existente en el comportamiento espectral de los blancos. En áreas como el Algarve, Portugal, donde predomina la pequeña propiedad, la identificación del área regada queda comprometida cuando se utiliza la Clasificación, debido al gran número de elementos contenidos en un único pixel, que resultan de la mezcla espectral condicionada por la reflectancia de los diversos blancos. Buscando modelar esta condición de mezcla se aplicó el Modelo de Análisis de Mezcla Espectral con Múltiples Miembros Finales (*Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis*), a partir de la generación de imágenes-fracción. El análisis fue desarrollado para los cítricos, cultivo predominante en el Algarve. Los resultados mostraron que las parcelas agrícolas no sobrepasan 2,14 km² y área total de 65,08 km². Para contrastar se ejecutó una metodología de análisis semejante para los campos de golf, que tienen el consumo de agua conocido. En este sentido, se reconoció un área de 18,49 km² (Golf). De acuerdo con la dotación de riego de cada tipo de regadío, se identificó un consumo global de 77,28 millones de m³/año.

ABSTRACT

Orbital images are source of data for indirect quantification of water to agriculture. It's made from mapping the irrigated and water allotment. This methodology is normally developed by Image Classification. Therefore, the algorithms only analyse the difference between endmembers spectral. In Algarve region in Portugal predominant is the small farming. Thus, the identification of the irrigated area is compromised when utilized the Classification because the pixel has many elements number inserted in unique pixel, that result in spectral mixture the reflectance of the endmembers. For modelling the mixture endmembers applied the Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis by fraction image. This work is developed for citrus, which is the more important crop. The results show that the irrigated area aren't exceed 2,14 km² in a total area of 65,08 km². To check these results are executed a similar methodology by analysing the golf camp, that the water consumes its known. Thus, identify area of 18,49 km² (Golf) and consume of 77,28 millions de m³/year.

Palabras clave: modelo espectral de mezcla, consumo de agua, agricultura, Portugal.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el paisaje del Algarve es marcado por la presencia de los cítricos, cultivo predominante en la región, y que son responsables por el mayor consumo de agua en la agricultura. La cuantificación directa del agua utilizada en el riego no es conocida, ya que no existe un inventario exhaustivo de las captaciones de agua subterránea en la región. Además, los pozos existentes no son controlados en términos de registro individual de extracciones. También predomina un gran número de pequeñas propiedades rurales.

En este sentido, las imágenes orbitales son fuentes de datos para la cuantificación indirecta de agua utilizada en la agricultura (Fernández 1999, Periz 1999, Fernández *et al.* 2000, Braga y Oliveira

2005). En función de la resolución del sensor utilizado (20 m.) y tamaño de las parcelas agrícolas, apareció más de un elemento del paisaje en un único píxel: a-sombra, b-vegetación y c-suelo (Figura 1).



Figura 1. - Condición de mezcla en el píxel, a-sombra, b-vegetación y c-suelo.

Esta condición de mezcla puede ser transformada en las llamadas imágenes-fracción, a partir de la aplicación de los modelos de mezcla de píxel (Shimabukuro *et al.* 1998), proporcionando ganancia de calidad en la discriminación del área regada.

ÁREA DE ESTUDIO

La región del Algarve está localizada en la porción continental del territorio portugués, limitando al norte con la región del Alentejo, al sur y al oeste con el océano Atlántico y al este con España. Se destacan 17 sistemas acuíferos (Almeida *et al.* 2000). El área del estudio posee 1.539 km², cerca de 30% de la región total del Algarve (Fig. 1).

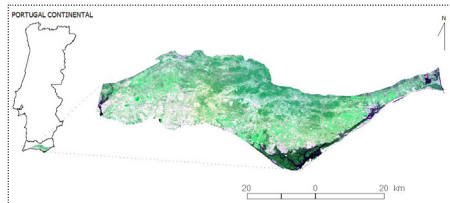


Figura 2. - Localización del Área de Estudio.

DATOS ORBITALES

En este estudio se utilizaron datos del China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) y un sensor CCD de resolución 20 metros. Estando disponibles en el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-Brasil, a través de la dirección electrónica (www.inpe.br/CDRS).

METODOLOGÍA

Corrección Atmosférica

Las imágenes fueron sometidas a un algoritmo desarrollado por Carlotto (1999 *apud* Perrota 2005) y que tiene el objetivo de corregir las distorsiones causadas por la dispersión de la radiación electromagnética.

Transformación MNF

La transformación *Minimum Noise Fraction* (MNF) es utilizada para segregar ruidos en la imagen y para facilitar el procesamiento de los datos.

Selección de los Componentes Puros (*Endmembers*)

La identificación de los blancos puros; citrino (verde), área impermeable (rojo), agua (azul) fue extraída de muestras directamente en la imagen. Para ganancia de calidad en la indicación del blanco

puro fue aplicado el algoritmo Pixel Purity Index (PPI) (Boardman *et al.* 1995). El mejor gráfico de dispersión fue obtenido a partir de la combinación de la banda 1 y banda 2 (Figura 3).

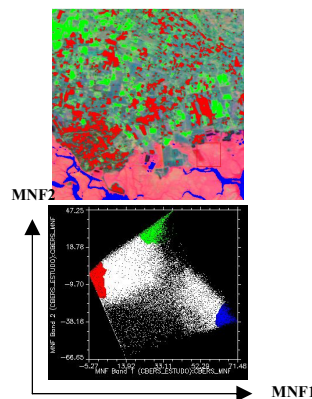


Figura 3. - Identificación de Componentes Puros.

Tras la identificación de los *endmembers* se obtuvo un *threshold*, que es la “unión” de los valores de los *endmembers* con la imagen PPI (Figura 4). En esta investigación el mayor índice de pureza fue el valor 772. Se aceptó para el análisis el valor entre 14 y 770, resultando así en la selección de 416.394 *pixels*. La respuesta espectral de los blancos puros puede ser analizada también en la figura 4.

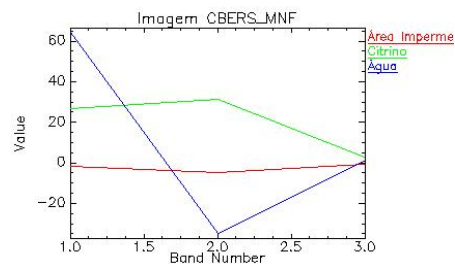


Figura 4. - Respuesta Espectral de los blancos puros.

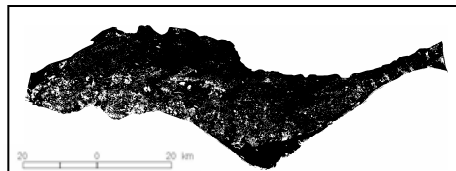


Figura 5. - Imagen PPI.

En la figura 5, los píxeles de color blanco son aquellos clasificados con algún valor de pureza. Se identificó que los blancos en áreas construidas presentaron un mayor índice de pureza.

MODELO DE MEZCLA ESPECTRAL (MME)

El Modelo de Mezcla Espectral (MME) (Adams *et al.* 1993) estima la fracción de componentes puros en la imagen. En el modelo propuesto por Shimabukuro y Smith (1991), son considerados los componentes puros de un píxel la vegetación, la sombra y el suelo.

Aplicación del Modelo de Mezcla

La imagen-fracción (Figura 6a) sombra fue importante en la distinción de la vegetación encontrada en el relieve más abrupto y por tanto más reservada, pero que está sujeta a mayor sombreado del relieve. La imagen-fracción vegetación fue muy importante en la distinción entre las áreas ocupadas por cítricos y de transformación (cultivos abandonados de alfarrobeira y de gramínea natural). Las áreas irrigadas presentan mayor vigor de la vegetación lo que explica su intensidad, representada por los puntos más claros en la figura 6b. La imagen-fracción vegetación no fue eficaz en la distinción entre los campos de golf y las parcelas irrigadas.

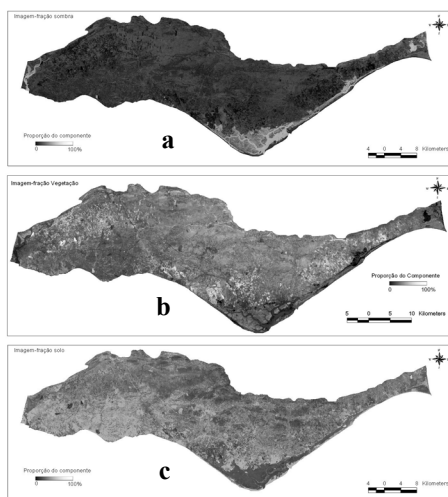


Figura 6. – 6a – Imagen-fracción sombra, 6b – fracción vegetación y 6c – fracción suelo, áreas impermeables, suelo compactado.

La imagen-fracción suelo (Figura 6c) resaltó además del componente suelo, zonas de área urbana, donde la presencia de suelo es identificada en áreas abandonadas. Concluyendo el análisis de las imágenes-fracción fue adicionada a los resultados una imagen de composición coloreada (Figura 7) Vegetación (Green), Suelo (Red) y Agua (Blue).

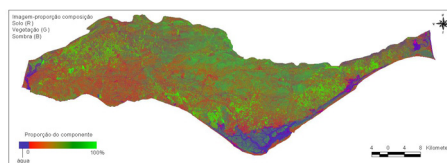


Figura 7. - Composición en color de las imágenes-fracción, Suelo (R), Agua (B) y Vegetación (G).

Calidad del Modelo

El cálculo del error medio en el proceso de estimación de proporciones y la generación de imágenes-error son indicadores de la adecuación de los componentes seleccionados (Câmara *et al.* 1996).

DOTACIÓN DE RIEGO

La dotación de riego es la necesidad hídrica de un cultivo agrícola, por unidad de área en el terreno. El cálculo de dotación de riego fue obtenido en la investigación de Costa (2003) *apud* (Nunes *et al.* 2006) que obtuvo 860,25 mm/año para el cultivo cítricos.

CONSUMO DE AGUA

Utilizando los datos de dotaciones medias de agua para las clases de cultivos es posible calcular el volumen de agua que se utiliza para irrigar los cultivos. Para obtener el área ocupada por los cultivo de regadío la imagen-fracción vegetación fue segmentada.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Consumo de Agua para el Golf

El consumo de agua en el Golf es controlado directamente en la extracción por los usuarios. Así, se utilizaron los datos de la investigación “Estudo das Potencialidades de Reutilização de águas Residuais na Região do Algarve, Caracterização da Procura”, para contrastar la metodología aquí presentada. La investigación anteriormente citada fue realizada a partir de la observación de datos de imagen remota de altísima resolución espacial (fotografía aérea) del año de 2002 y obtuvo un área de 11,2 km² con consumo de 9,7 millones de m³/año, en un total de 23 campos de golf en la misma área aquí analizada.

Para la investigación que se presenta se obtuvo un área de 12,59 km² para los mismos campos de golf cartografiados por el proyecto citado. Esta discrepancia está asociada a la diferencia de datos de satélite utilizados. Se destaca

que en la investigación realizada por las Aguas del Algarve fueron presentadas perspectivas de crecimiento del área ocupada por el golf, en total 21 nuevos campos serían construidos. Tal hecho fue constatado para el año de 2008, donde se identificó que el área ocupada por el golf es de 18,47 km². Para el período actual, siguiendo los datos de dotación de riego del Proyecto Aguas del Algarve, se obtuvo consumo de agua de 15, 99 millones de m³/año.

Consumo de agua en la Agricultura

En el Algarve los valores de dotación de riego (mm) para clase cítricos son del orden de 860,25 mm/año. Así, para una área de 6508 ha de cítricos y las dotaciones calculadas se obtuvo un consumo total de agua para el riego igual a 56 millones de m³/año.

CONSIDERACIONES FINALES

La aplicación del MLM potencializó el uso de las imágenes de media resolución espacial para análisis de los cultivos agrícolas y los resultados mostraron ganancia de fiabilidad en relación con la técnica convencional de Clasificación. Hay expectativas de que los datos del Satélite CBERS-2B estén disponibles continuamente, cuando se haya realizado una amplia investigación que estime el consumo de agua para todos los productos agrícolas cultivados en el Algarve. El resultado mostró cítricos sobre algunos acuíferos, como por ejemplo los sistemas Querença-Silves y Luz de Tavira (Observar flechas indicativas en la Figura 8).

Al contrario, los campos de golf se encuentran distribuidos por el área de estudio, pero se concentran próximo al litoral, región donde se encuentra una estructura hotelera consolidada.

Por fin resaltamos que la investigación contribuyó a brindar datos que posibilitan analizar el estado de uso y ocupación del área de los principales acuíferos encontrados en la región del Algarve.

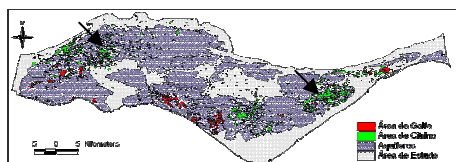


Figura 8. – Relación Campos de Golfe, Cítricos y principales sistemas acuíferos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, J. B.; Smith, M. O.; Gillespie, A. R. 1993. Imaging spectroscopy Interpretation based on spectral mixture analysis. Remote Geochemical Analysis. Cambridge, University Press.
- Almeida, C.; Mendonça, J.L.; Jesus, M.R.; Gomes, A.J. 2000. *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental, Relatório*. INAG, Instituto da Água. Lisboa.
- Boardman, J. W.; Kruse, F. A. & Green, R. 1995. Mapping target signatures via partial unmixing of AVIRIS data. *Airborne Geoscience*, 1, n.º. 1: 23-26.
- Braga, A. L.; Oliveira, Júlio C. 2005. Identificação e quantificação de áreas irrigadas por pivô central utilizando imagens CCD/CBERS. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. 12: 849-856.
- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, Juan. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20, n.º. 3: 395-403.
- Carlotto, M. J. 1999. Reducing the effects of space-varying wavelength-dependent scattering in multispectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 20, n.º. 17: 3333-3344.
- Fernández, G.; Alberto, M. E. A.; Rejas, J. G.; Gómez, J. A.; Oscar, G. C.; Marcos, J.; Alix, F. R. 2000. Propuesta Metodológica para la Utilización de la Teledetección Multiespectral Aeroportada em la Gestión y Seguimiento de Recursos Hídricos. *Encontro de Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible*, 6: 83-101.
- Fernández, S. C. Aplicaciones de la teledetección y SIG al control y cuantificación de las extracciones de agua subterránea. 1999. In: López Geta, editor. *Medida y Evaluación de las Extracciones de Agua Subterránea*, 1: 125-141.
- INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Imagens CBERS-2B*. 2008. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/> 14 setiembre de 2008.
- Periz, A. B. Experiencia sobre la evaluación de las extracciones de agua subterránea en las Islas Baleares. 1999. In: López Geta, editor. *Medida y Evaluación de las Extracciones de Agua Subterránea*, 1: 43-54.
- Shimabukuro, Y. E.; Novo, E. M.; Ponzoni, F. J. Índice de Vegetação e Modelo Linear de Mistura Espectral no Monitoramento da Região do Pantanal. 1998. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33, n.º. 3: 1729-1737.
- Shimabukuro, Y.E.; Smith, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. 1999. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 29, n.º. 1:16-20, 1991.