

Metodología para el Estudio de Bofedales en Cabeceras de Cuenca Usando Datos Imágenes de los Sensores TM, OLI a bordo de los Satélites Landsat - Caso Estudio: Bofedal Chunal, Cuenca Alta del río Chillón. : Avances

J.L. Garcia D.
E-mail: jlgd01@hotmail.com

B. L. Willems
E-mail: blwillems@gmail.com

Laboratorio de Teledetección, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Ap. Postal 14-0149, Lima 14, Perú

Resumen

Los bofedales almacenan aguas provenientes de precipitaciones pluviales, deshielo de glaciares y principalmente afloramientos superficiales de aguas subterráneas. Los estudios programados en esta investigación servirán para crear una metodología que pueda identificar y cuantificar la extensión de los bofedales de puna de la cuenca alta del río Chillón, situados aproximadamente sobre los 3800 msnm, así como establecer el efecto de dichos humedales en la regulación hídrica. Como parte de la investigación, se realizarán trabajos de campo para la determinación de una zona de estudio, bofedal piloto. El estudio de la cuenca alta de la del río Chillón, en su parte inicial, se procesarán datos imágenes de los sensores TM, y OLI a bordo de los satélites Landsat, para la obtención de mapas de los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de agua de diferencia normalizada (NDWI) y Diferencia Normalizada Índice de infrarrojos (NDII). Los indicadores NDVI, NDWI y NDII zonifican las áreas de bofedales. Se analizarán escenas de décadas distintas con el fin de establecer posibles cambios en su extensión, los estudios realizados apuntan a un aumento del área del bofedal piloto.

Descriptor: Teledetección, NDVI, NDWI, NDII

Abstract

The wetlands store water from rainfall, melting glaciers and surface outcrops mainly groundwater. Studies programmed in this research used to create a methodology that can identify and quantify the extent of the wetlands of the high puna Chillon river basin, located approximately 3800 msnm, and to establish the effect of these wetlands in water regulation. As part of the research, field work was carried out to determine a study area, wetland pilot. The study of the upper basin of the river Chillón, in the initial part of the data image sensors are processed, TM and OLI aboard Landsat satellites, to obtain maps of the vegetation indexes normalized difference (NDVI), water index normalized difference (NDWI) and normalized Difference infrared Index (NDII). The NDVI, NDWI and NDII indicators wetlands zoned areas. Scenes from different decades will be analyzed in order to establish possible changes in extent, studies point to an increased area of wetland pilot.

Keywords: Remote sensing, NDVI, NDWI, NDII

1 INTRODUCCIÓN

El recurso más importante para la vida es el agua, y es por eso que se deben de tomar todas las medidas necesarias para asegurar la existencia y preservación de las fuentes de este recurso. Las zonas de cabecera de cuenca en donde nacen los ríos, se destacan por ser áreas receptoras de agua dentro de las cuencas hidrográficas, en esta zona también se encuentran presente los humedales. El término manejo de cuencas tiene como objetivo controlar la descarga del agua captada por las cuencas en cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia, ya que ayudan a regular, controlar la cantidad y estacionalidad del agua que escurre por los ríos y manantiales. Las cabeceras de cuencas también protegen a los suelos de ser erosionados y evitan la pérdida de la fertilidad en las tierras agrícolas (Jiménez, F., 2005).

Los Humedales son las fuentes directas del agua, es por eso que son muy importantes para el desarrollo de la humanidad, desde una perspectiva cultural, económica e histórica, como fuente de riqueza sostenible y científica (Bernáldez, 1987). Comprenden una amplia variedad de hábitats tales como pantanos, turberas, bofedales, llanuras de aluvión, ríos, lagos, manglares, arrecifes, zonas marinas de baja profundidad, así como los humedales artificiales. La pérdida a nivel mundial de humedales se ha estimado en un 50 % de la superficie original en los últimos 100 años, esto ocurrió principalmente en las regiones templadas del Hemisferio Norte durante la primera mitad del siglo XIX. No obstante, alrededor de 1950, los humedales tropicales y subtropicales han ido desapareciendo rápidamente, en particular los bosques de pantano y los manglares (MEA, 2005).

Los bofedales, en el Perú, llamado también “oconal” o “turbera, se localizan sobre de los 3,800 msnm, se encuentra principalmente en la zona sur y la zona central del país. Ocupa una superficie de 549,360 ha que representa el 0.4% del total nacional, son un tipo de pradera natural muy peculiar donde se encuentra un tipo de vegetación natural siempre verde, suculenta, de elevado potencial forrajero y con suelo permanentemente húmedo (Prieto, 2001). Identificar estas zonas es importante para un mejor manejo de los recursos naturales que se encuentran en las cuencas, principalmente el recurso hídrico.

En los últimos años la Teledetección ha diseñado aplicaciones para casi todas las áreas de las ciencias de la tierra (Fabregat, 1999) debido a las grandes posibilidades y ventajas que presenta: localización de espacios geográficos, observación de fenómenos, reduciéndose en muchos casos el tiempo empleado y el dinero invertido en los estudios sobre el terreno, entre otros (Baker *et al.*, 2006; Shanmugan, 2006). Su objetivo esencial se centra en la identificación de los materiales de la superficie terrestre y los fenómenos que en ella se operan a través de su signatura espectral (Sacristán, 2006). Su aplicación en los recursos naturales se fundamenta en que los elementos de la naturaleza tienen una respuesta espectral propia que se denomina signatura espectral.

Tradicionalmente, los humedales han sido estudiados mediante mapas, fotointerpretación, trabajos de campo y análisis laboratorio, pero las imágenes de satélite ofrecen información adicional a partir de otros canales del espectro electromagnético. Así se obtiene una valiosa información de las características subsuperficiales (humedad, temperatura, presencia de materia orgánica, etc.), no perceptibles en las fotografías aéreas convencionales (García *et al.*, 2006) y permite obtener su delimitación sobre grandes áreas en distintos momentos (De Roeck, *et al.*, 2008). El disponer de información visual y digital de la superficie terrestre, desde la década de los setenta del pasado siglo, está permitiendo estudios temporales de un amplio conjunto de temas medioambientales en el ámbito de la hidrología como son por ejemplo, la cartografía de humedales, la desecación y salinización de humedales y lagos y el seguimiento de la contaminación hídrica (Pérez y García, 2006). En la presente investigación

se aplica diferentes índices espectrales para la zonificación de los bofedales, estos son, el Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI), ecuación 1, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación (Jackson y Huete , 1991), Índice de Diferencia Normalizada de Agua (NDWI), ecuación 2, es un índice usado para estimar la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo (McFeeters, 1996), Índice de Diferencia Normalizada de Infrarrojos (NDII), ecuación 3, es más correlacionada con la humedad del dosel que el NDVI debido a la respuesta espectral del agua y el suelo humedad en la banda infrarroja de onda corta (ρ SWIR) (Hardisky et al., 1983).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (1), \quad NDWI = \frac{\rho_{Green} - \rho_{NIR}}{\rho_{Green} + \rho_{NIR}} \quad (2), \quad NDII = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}} \quad (3)$$

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Establecer una metodología para identificar y cuantificar la extensión de los humedales, bofedales de puna, situados aproximadamente sobre los 3800 msnm, de la cuenca alta del río Chillón, y establecer su efecto en la regulación hídrica de del río Chillón, a través de datos imágenes de los sensores TM, OLI a bordo de los satélites Landsat.

1.2.2 Objetivo específico

- Cuantificar y evaluar la posible disminución de los humedales, bofedales de la cuenca alta del río Chillón, que permitirá elaborar estrategias para afrontar dicha disminución.
- Relacionar la dinámica de los humedales, bofedales, con el caudal de la cuenca del río Chillón.

1.3 Área de estudio

1.3.1. Descripción General de la Cuenca

1.3.2. Ubicación política

Región: Lima

Departamento: Lima

1.3.3. Ubicación Geográfica

Se encuentra ubicada en el departamento de Lima, entre las siguientes coordenadas: Latitud Sur: 11°15' - 12°20'. Longitud Oeste: 76°25' - 77°10'. Altitudinalmente la cuenca oscila entre los 0 msnm en el límite con el océano Pacífico y los 5000 msnm en la cordillera La Viuda, divisoria de las vertientes del Pacífico y Atlántico.

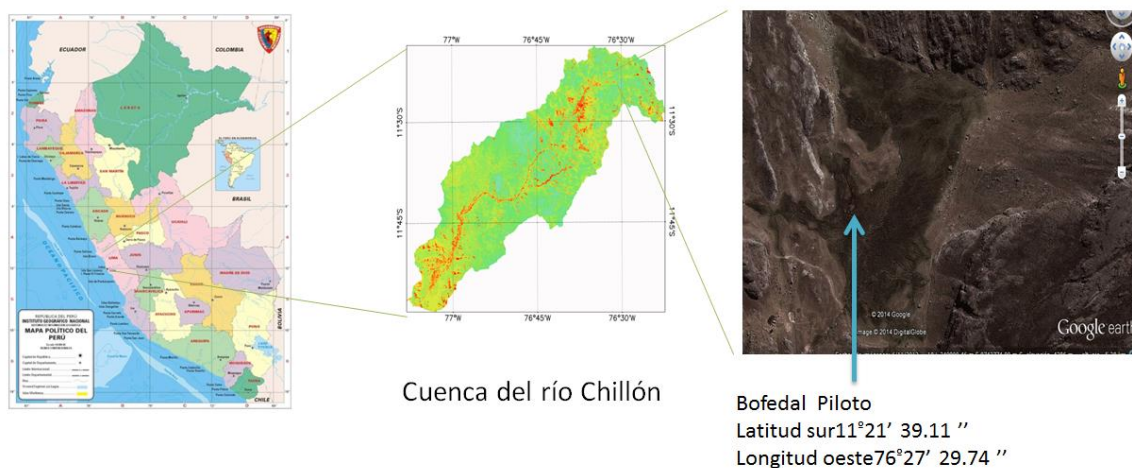


Figura 1. Área de estudio cuenca del río Chillón y bofedal piloto

2. Metodología

La metodología de la investigación desarrolló los siguientes puntos:

- Se realizaron trabajos de campo para identificar y monitorear una zona de estudio, bofedal piloto, Chunal.
- Se analizaron un humedal, bofedal piloto, y en él se estudiará las diferentes características que distinguen a los bofedales de la zona de estudio.
- Se calcularon los índices NDVI, NDWI y NDII de la cuenca del río Chillón.
- Se encontraron los rangos de valores del NDVI, NDWI y NDII que corresponden a los humedales, bofedales, de puna ubicadas en las zonas de la cabecera de cuenca del río Chillón.

El trabajo de campo que se realizó en la cuenca alta del río Chillón ubicó el bofedal piloto, en esta se registrarán puntos GPS. Luego se elaboraron mapas de bofedales en la cuenca alta del río Chillón, en ella se relacionaron las coordenadas de los puntos GPS con sus respectivos valores de los índices de NDVI, NDWI y NDII, esta relación entre puntos GPS y rangos NDVI, NDWI, NDII dieron como resultados los rangos que caracterizan, o zonifican el bofedal piloto, luego se replicó estos rangos a toda la cuenca alta del río Chillón con la finalidad de realizar los mapas de bofedales. Se analizaron una escena de datos imágenes de los sensores TM, OLI a bordo de los satélites Landsat, correspondientes a los años 1997, 2011, y 2013. Se obtuvo mapas de bofedales que correspondan al cálculo del NDVI NDWI y NDII para la zonificación de bofedal piloto, Complementariamente se calculó el área del bofedal piloto, y se comparó los valores de las áreas de años diferentes y se observó las variaciones de áreas.

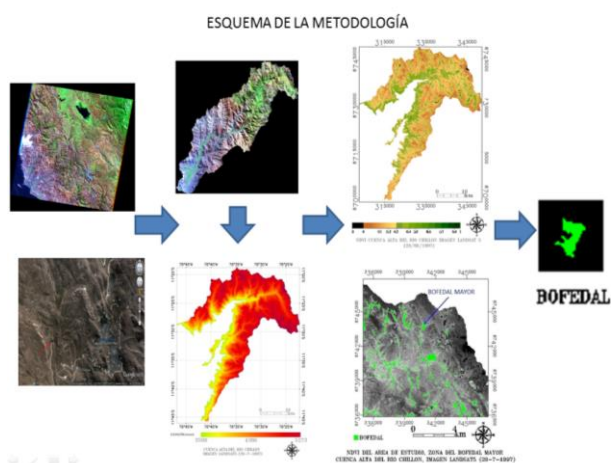


Figura 2. Esquema de la metodología de la investigación, descarga de imagen elección del bofedal piloto, cálculo del área del bofedal piloto.

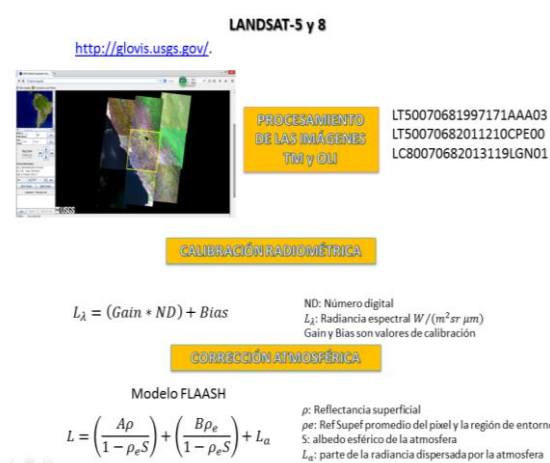


Figura 3. Esquema del Procesamiento de datos imágenes de los sensores TM, OLI a bordo de los satélites Landsat.

3. RESULTADOS ALCANZADOS

Resultados del trabajo de campo

El trabajo de campo en la cuenca alta del río Chillón se realizó en dos zonas, la primera en un bofedal, ubicado en las coordenadas lat: 340485.0000 m E, lon: 8742925.0000 m S, a una altura de 4270 msnm, dicho Bofedal es alimentado por un segundo bofedal, el cual denominaremos “Bofedal mayor” ubicado en las coordenadas lat: 340845.0000 m E, Lon: 8743705.0000 m S, a una altura de 4400 msnm. En el primer Bofedal, se registraron 16 puntos GPS, luego se tomaron 38 puntos GPS adicionales que comprendieron el recorrido desde el primer bofedal hacia el bofedal mayor. El bofedal mayor fue elegido como bofedal piloto, en la cual se utilizara para la validación, esta bofedal piloto es llamado por los pobladores como Chunal.



Figura 4. Trabajo de campo para elección del bofedal piloto, Chunal.



Figura 5. Imagen del bofedal piloto, Chunal.

3.1 Resultados con los índices

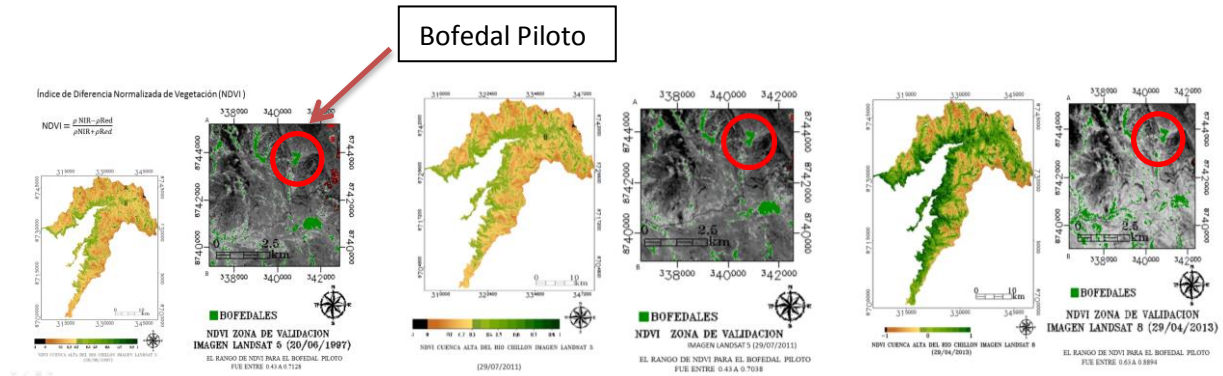


Figura. 5. Resultados con la generación de mapas de NDVI años 1997,2011, 2013

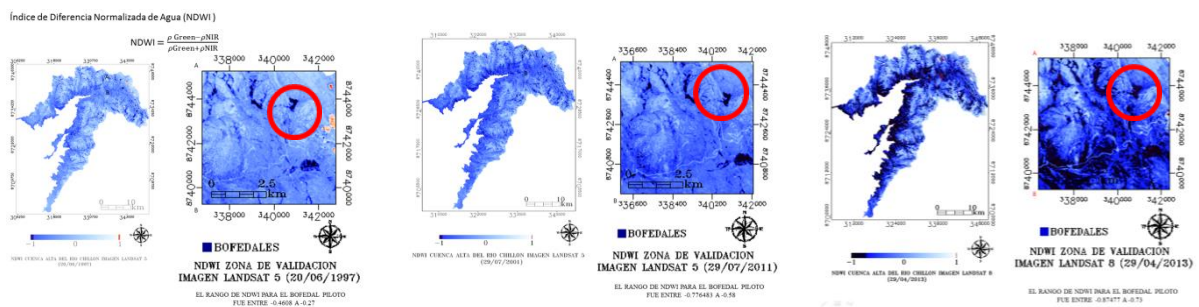


Figura. 6. Resultados con la generación de mapas de NDWI años 1997,2011, 2013

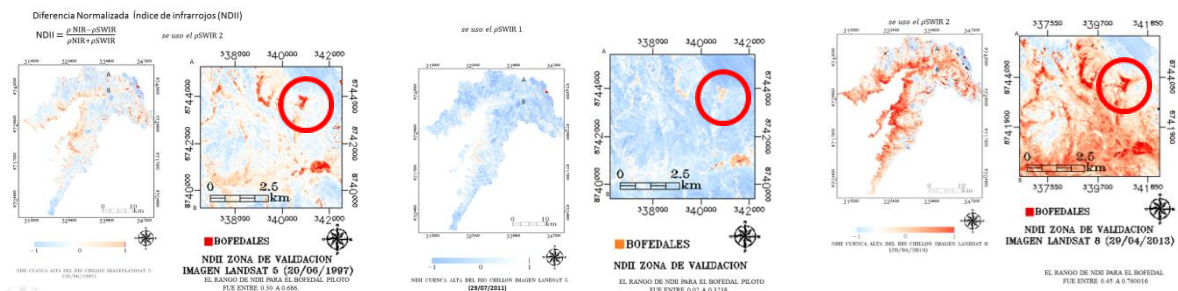


Figura. 7. Resultados con la generación de mapas de NDII años 1997,2011, 2013

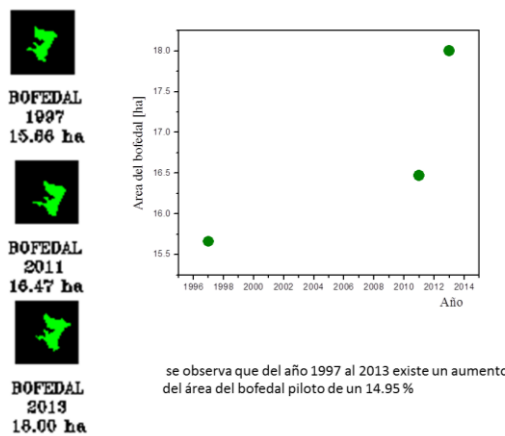


Figura 8. Evolución de las áreas del bofedal piloto, años 1997, 2011, y 2013.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos podemos observar que los mapas de los índices que se han utilizado zonifican los bofedales de la cuenca alta del río Chillón, esto se puede afirmar gracias al trabajo de campo realizado, ya que mediante el trabajo de campo se pudo constatar visualmente los bofedales zonificados en los mapas de los diferentes índices, NDVI, NDWI, NDII. Se observa también que al calcular el área del bofedal piloto de los años 1997, 2011 y 2013 se aprecia un aumento del área del bofedal piloto, este aumento del área es debido, probablemente, al deshielo de la cordillera la viuda, ya que dicha cordillera se encuentra muy cerca al bofedal piloto.

4 CONCLUSIONES

El estudio de las características típicas de un bofedal piloto fue de gran utilidad para la teledetección de los bofedales de la cuenca alta del río Chillón. Los indicadores NDVI y NDWI, NDII zonifican las áreas de bofedales. Los rangos de los índices que zonifican los bofedales son, para el NDVI los valores extremos están entre 0.43 y 0.8994, para el NDWI los valores extremos están entre -0.874 y -0.27, para el NDII los valores extremos están entre 0.02 y 0.76. Al calcular el área del bofedal piloto de los años 1997, 2011 Y 2013, se observa un aumento del 14.95 %. Los estudios realizados apuntan a un aumento del área del bofedal piloto.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación está siendo desarrollada en el laboratorio de Teledetección, LABTEL, de la facultad de ciencias físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. La investigación está enmarcada dentro del proyecto PEER: “Strengthening resilience of Andean river basin headwaters facing global change”, el cual tiene entre sus propósitos implementar un sistema de monitoreo por satélite para el estudio de los sistemas de cabeceras de cuenca. Dicho sistema viene siendo diseñado de manera conjunta con la Autoridad Nacional del Agua, y está visionado como una herramienta de soporte para las tareas de gestión integrada de los recursos hídricos de la institución en sus diferentes niveles (ANA, AAA, ALA).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- .Baker, C., Lawrence, R., Montagne, C. & Patten, D. (2006). Mapping wetlands and Riparian areas using Landsat ETM+ imagery and decision-tree-based models. *Wetlands*, 26, pp. 465-474.
- .BERNÁLDEZ, F. G. 1987. Las zonas encharcables españolas: el marco conceptual. En: Bases científicas para la protección de los humedales en España. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ed.): 9-30. Madrid, España.
- .De Roeck, Els R., Verhoest, N.E.C., Miya, M.H., Lievens, H., Batelaan, O., Thomas, A. & Brendonck, L. (2008). Remote Sensing and Wetland Ecology: a South African Case Study. *Sensors* 8, pp. 3542-3556.
- .Fabregat, V. (1999). Fundamentos teóricos del control de las extracciones mediante teledetección. En: Ballester, A., Fernández, J.A., López, J.A (ed). Medida y Evaluación de las extracciones de agua subterránea, pp. 89-104.
- .García, M.P., Pérez, M.E. & Sanz, J.J. (2006). Variabilidad hídrica y edáfica de humedales peninsulares interiores a partir de imágenes Landsat (TM y ETM). *Estudios Geográficos*, LXVII, 260, Enero-Junio, pp. 57-78.
- .Hardisky, M., Klemas, V., and Smart, R.: The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies, *Photogramm. Eng. Rem. S.*, 49(1), 77–83, 1983
- .Jackson, R. D. and Huete, A. R. (1991). Interpreting vegetation indexes, *Prev. Vet. Med.*, 11(3–4), 185–200.
- Jiménez, F. 2005. Gestión integral de cuencas hidrográficas. Enfoques y estrategias actuales. CATIE Recursos, Ciencia y decisión. No.2.
- .McFeeters S.K. (1996) The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*. 17(7):1425-1432.
- .MEA. 2005. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington DC.
- .Pérez, M.E. & García, P. (2006). Aplicaciones de la teledetección en hidrología. *Observatorio Medioambiental*, 9, pp. 171-186.
- .PRIETO, 2001. Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S.
- .Sacristan, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *AquaTIC*, 24, pp. 13-41.
- .Shanmugam, P., Yu-Hwan, A. & Shanmugam, S. (2006). A comparison of the classification of wetland characteristics by linear spectral mixture modelling and traditional hard classification on multispectral remotely sensed imagery in southern India. *Ecol. Model.*, 194, pp. 379-394.