



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EVALUACIÓN MULTITEMPORAL DEL AUMENTO DE LA SUPERFICIE DE VEGETACIÓN ACUÁTICA DEL EMBALSE DAULE PERIPA, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE IMÁGENES ESPECTRALES DE SENSORES REMOTOS

AUTORA

JESSICA ELIZABETH LÓPEZ ORTEGA

DIRECTOR

Ing. Oscar Rosales, M.Sc.

ASESORES

Ing. Mónica León

Ing. María José Romero

Ing. Jorge Granja

Ibarra – Ecuador

2015

Lugar de investigación: Embalse Daule Peripa - Ecuador

HOJA DE VIDA



APELLIDOS: LÓPEZ ORTEGA

NOMBRES: JÉSSICA ELIZABETH

C. CIUDADANIA: 1002448031

TELÉFONO CONVENCIONAL: 062953802

TELÉFONO CELULAR: 0979963811

E- mail: jessy_23lopez@outlook.com

DIRECCIÓN:

Imbabura, Ibarra, Ibarra, Pasaje A y J Manzana 7 Casa 2 – 06

FECHA DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO: 20 de Julio del 2015

Formato de Registro Bibliográfico

LÓPEZ ORTEGA JÉSSICA ELIZABETH “Evaluación multitemporal del aumento de la superficie de vegetación acuática del embalse Daule Peripa, mediante la aplicación de imágenes espectrales de sensores remotos” TRABAJO DE GRADO.

Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra. EC. Julio del 2015.

DIRECTOR: M.Sc. Oscar Rosales

Las técnicas de teledetección o sensores remotos se pueden aplicar en el conocimiento y manejo de los recursos naturales mediante el procesamiento digital de imágenes de satélite. En el presente estudio se aplicaron dichas técnicas para evaluar las superficies cubiertas por vegetación acuática *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms en el embalse Daule Peripa localizado en las provincias de Manabí, Guayas y Los Ríos, de gran importancia nacional ya que contribuye con 213 MW de energía eléctrica que representa el 20% de la energía consumida por los ecuatorianos.

Fecha: 20 de julio de 2015

M.Sc. Oscar Rosales
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

Jéssica López Ortega
AUTORA

Evaluación multitemporal del aumento de la superficie de vegetación acuática del embalse Daule Peripa, mediante la aplicación de imágenes espectrales de sensores remotos

Jéssica López*¹, Oscar Rosales¹

¹Universidad Técnica del Norte

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales Av. 17 de julio 5-21 y José Córdova,

Ibarra-Ecuador Teléfono: 00593-6-2997800

*Autor correspondiente: e-mail: jessy_23lópez@outlook.com

RESUMEN

La aplicación de técnicas de teledetección con sensores remotos e imágenes espectrales constituye una herramienta fundamental para estimar cambios multitemporales de vegetación acuática en el embalse Daule Peripa ubicado en las provincias Guayas, Manabí y Los Ríos. El proceso consistió en obtener imágenes multiespectrales Landsat con sensores TM, ETM y OLI con fechas de toma 1993, 2000 y 2014. Efectuándose una clasificación supervisada y no supervisada, se calcularon índices NDVI (Presencia de vegetación) y NDWI (Presencia de agua). Los perfiles espectrales muestran diferencias en la banda del infrarrojo cercano entre vegetación en estado de crecimiento y madura. Obteniendo como resultados los siguientes cambios: entre los años 1993 y 2000 el espejo de agua disminuyó 4.231,60 ha (17%), la vegetación acuática en crecimiento aumentó 1.089,16 ha (14,25%), y del mismo modo lo hizo la vegetación acuática madura 1.924, 13 ha (37,41%), siendo estos valores los más elevados

hasta el año 2014. Entre los años 2000 y 2014 la vegetación acuática en crecimiento disminuyó 249,30 ha (2,90%) y la vegetación acuática madura también disminuyó 492,57 ha (6,97%). En el transcurso de estos años se registró una disminución del espejo de agua de 330,90 ha (2,60%). Se demuestra el efecto de aumento de vegetación acuática y disminución del espejo de agua. La proyección del aumento de cobertura vegetal acuática se encontró mediante la aplicación Land Change Modeler (LCM) de Idrisi Selva que la tendencia de la vegetación es expansiva en aproximadamente 533,16 ha/año, lo que significa que para el año 2030 se tendría un crecimiento de superficie de vegetación acuática equivalente a 7.997,40 ha, con la consiguiente disminución del espejo de agua en la misma superficie; la vegetación se proyectó considerando los efectos del cambio climático y la concentración de sedimentos derivados de las actividades antropogénicas en los aportes de la cuenca alta del río Peripa.

Palabras clave: Técnicas de teledetección, Imágenes Espectrales, Sensores Remotos, Cambios Multitemporales.

SUMMARY

Application of techniques remote sensing and spectral images is an essential tool to estimate changes in the aquatic vegetation in the reservoir Daule Peripa located in the provinces of Guayas, Manabí and Los Ríos. The process was to obtain multispectral sensors Landsat TM, ETM and takes OLI with dates 1993, 2000 and 2014. An effected supervised and unsupervised classification, index NDVI (presence of vegetation) and NDWI (presence of water) were calculated. The spectral profiles show differences in near infrared band between vegetation growth and mature state. I obtaining results such as the following changes: between 1993 and 2000 decreased the water mirror 4.231,60 ha (17%), aquatic vegetation growth increased in 1.089,16 ha (14.25%), and likewise it did 1.924,13 ha (37.41%), these values being higher until 2014. Between 2000 and 2014 aquatic

vegetation growth has decreased 249.30 ha (2.90%) and mature aquatic vegetation also decreased 492.57 ha (6.97%). During these years, recorded a decrease of water surface of 330.90 ha (2.60%). Increase the effect of aquatic vegetation and reduced water mirror shows. The projected increase in aquatic vegetation cover was found by the Application Land Change Modeler (LCM) of Idrisi Selva the vegetation is expanding in approximately 533,16 ha / year, which means that the para 2030 Growth would have UN aquatic vegetation surface equivalent to 7.997,40 ha, with a consequent reduction of the water surface on the same surface; project vegetation considering the effects of climate change and derivatives sediment concentration of anthropogenic activities on the contributions of the Peripa river.

Keywords: Techniques Remote Sensing, Spectral images, Remote Sensing, changes multitemporal.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye uno de los factores ambientales de mayor importancia a nivel mundial, el cuidado y conservación ya sea de forma natural o artificial es vital. Desde la antigüedad el ser humano ha buscado la manera de almacenar grandes cantidades de agua, a raíz de esta necesidad se construyeron los embalses. Un embalse se construye interceptando un curso de agua y usando las depresiones naturales del terreno. (Franklin & Adler, 2006).

En las últimas décadas en los embalses del Ecuador se ha observado un problema que va en aumento y ha pasado desapercibido por la falta de investigación e interés; el crecimiento y proliferación de vegetación

acuática (macrófitas), está ocupando una amplia superficie, reduciendo a gran escala el espejo de agua y afectando directamente a las funciones del mismo (Guerrero & Carmona, 2001). El embalse Daule Peripa ubicado en las provincias Guayas, Manabí y Los Ríos, al igual que muchos embalses en el país presenta este grave problema debido a un mal manejo dentro del mismo, el no controlar el crecimiento acelerado y tampoco cosechar las especies de forma continua, produce una serie de consecuencias como; la eutrofización, disminución del espejo de agua, dificultad de navegación, interrupción de las funciones hidrológicas, acumulación de sedimentos que ingresan a través de la

cuenca que tiene como afluente principal el río Daule y que también se forman por la descomposición de las especies vegetales (Marey, 2013), la falta de información cuantitativa sobre la superficies cubiertas por vegetación acuática dificulta la ejecución de propuestas de manejo dentro del ecosistema acuático artificial. Para analizar el problema a fondo se cuenta con herramientas que brindan eficacia en la investigación, en este caso el uso de imágenes espectrales obtenidas mediante un sensor localizado en el satélite Landsat.

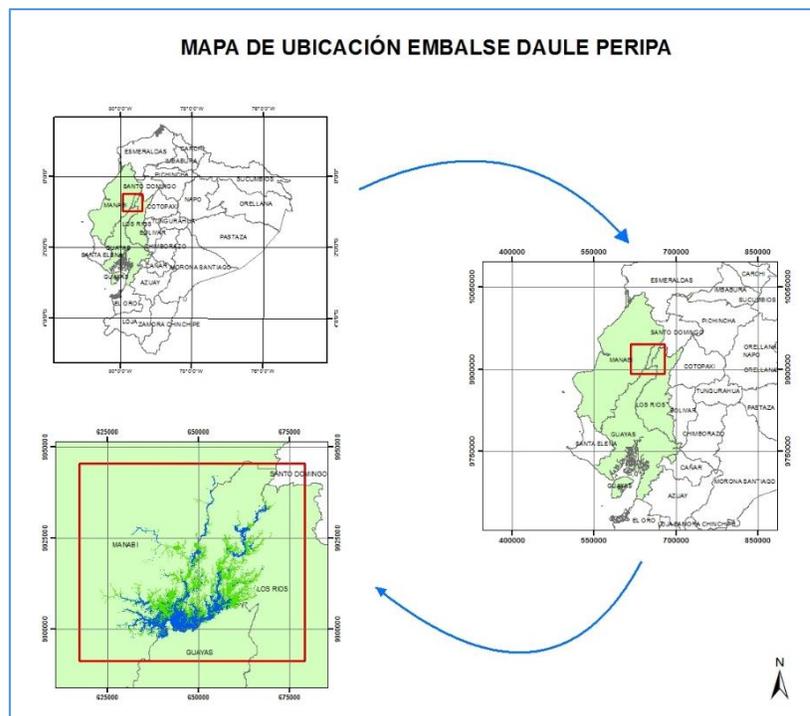
La presente investigación se realizó dada la necesidad de obtener información multitemporal del incremento de superficies cubiertas de especies vegetales en el embalse durante las últimas décadas. Los datos obtenidos serán aplicados para posteriores análisis en otros embalses del país. Por medio del análisis de imágenes espectrales de sensores remotos, se realizarán propuestas alternativas de solución que contribuyan a mitigar la problemática ambiental existente (SENAGUA, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del área de estudio

El proyecto multipropósito Daule Peripa, es una de las obras hidráulicas más importantes realizada en el Ecuador. Geográficamente comprendida entre las coordenadas $0^{\circ}41'$ y $0^{\circ}57'$ latitud sur, $79^{\circ}54'$ y $79^{\circ}32'$ longitud oeste, 10 km aguas abajo de la confluencia del río Daule con el Peripa en la cuenca del río

Guayas; el embalse inunda aproximadamente 420.000 hectáreas, de las cuales, 250.000 han sido declaradas como área de reserva, forma un lago artificial con un espejo de agua de aproximadamente 295 km², almacenando alrededor de 6.000.000.000 m³ (seis mil millones de metros cúbicos) de agua.



El proyecto Daule Peripa genera al país desde su central hidroeléctrica 213 MW anuales, es decir, el 20% de la energía eléctrica que se consume en el país. Además, beneficia a la producción de más de 100.000 hectáreas a través de su sistema de riego y el trasvase de aguas hacia la península de “Santa Elena” y parte de la provincia de Manabí (Romero, 2005).

El área de estudio comprende cuatro provincias: Guayas, Los Ríos, Manabí y Pichincha. La provincia con mayor extensión dentro de la cuenca es Manabí con un total de cuatro cantones: Pichincha, Chone, Flavio Alfaro y El Carmen. En la provincia del Guayas, los territorios dentro del área de la cuenca pertenecen al cantón El Empalme, en la provincia de Los Ríos, los cantones Buena Fe y Quevedo.

Metodología

Se realizó la búsqueda y adquisición de imágenes LANDSAT con fecha de toma 1993, 2000 y 2014, para lo cual se emplearon geo portales de la NASA como la USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) (Figura 1), se describió las principales características de las imágenes como resolución espacial (Nivel de detalle de la imagen), resolución espectral (Número y ancho de las bandas que se detectaron con el sensor) y precisión radiométrica (Número de niveles digitales otorgados por el sensor).

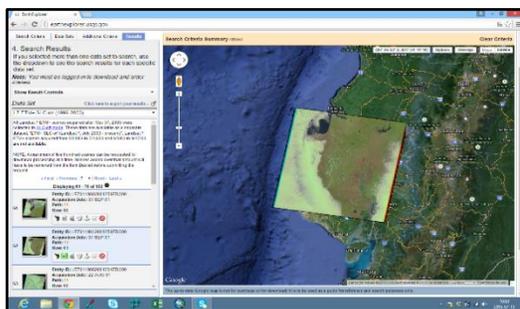


Figura 1 Geo portales de la NASA (USGS)

La descarga consistió en la obtención de 4 bandas en el caso del sensor TM, también 4 bandas en el caso del sensor ETM y OLI para

realizar el análisis de incremento de superficie cubierta por vegetación acuática. Seguido de un procesamiento de imágenes el cual consistió en unir las bandas en un solo archivo raster (Figura 2) corrección geométrica (Errores sistemáticos, puntos georreferenciados), corrección radiométrica (Distorsiones de la imagen), corrección geográfica (Posición exacta) y corrección atmosférica (Eliminación de partículas dispuestas en la imagen y nubosidades).

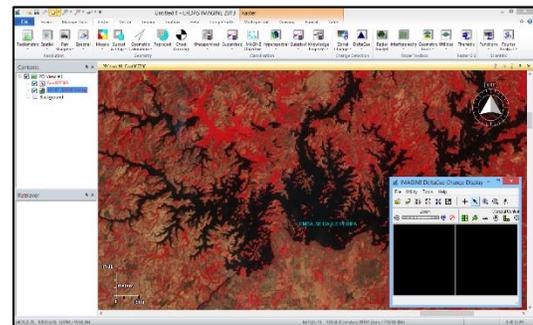


Figura 2 Procesamiento de imágenes LANDSAT

Luego del procesamiento se procedió a clasificar las imágenes en supervisada realizada en campo con puntos de navegador GPS para corroborar la información generada a partir de las imágenes descargadas y no supervisada realizada en el laboratorio de Geomática de la Universidad Técnica del Norte. Las imágenes fueron ingresadas al software ERDAS para capturar las firmas espectrales y reconocer a que categoría de vegetación acuática pertenece sea en crecimiento o en estado maduro, todo dependiendo de la fenología de la especie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.

Al clasificar las imágenes inmediatamente se calculó los índices de vegetación NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

El NDWI (Normalized Difference Water Index) (Figura 3) es uno de los índices más utilizado para estimar la presencia de agua y el NDWI (Normalized Difference Water Index) es uno de los índices más utilizado para estimar la presencia de agua, los cuales han permitido explorar el funcionamiento de los ecosistemas y sus respuestas a cambios globales, han permitido explorar el funcionamiento de los ecosistemas y sus respuestas a cambios globales. Dichas respuestas son capturadas en firmas espectrales las cuales responden a comportamientos diferenciales que presenta la materia dentro de un ecosistema así el agua y la vegetación acuática reflejan radiación electromagnética diferente en la vegetación es más evidente debido al estado fenológico de la planta (Estado de crecimiento y madura).

Los sensores remotos son los dispositivos capaces de detectar energía reflejada en la región del infrarrojo cercano. El NDWI (Normalized Difference Water Index) (Figura 4) es uno de los índices más utilizado para estimar la presencia de agua, se ha permitido explorar el funcionamiento de los ecosistemas y sus respuestas a cambios globales.

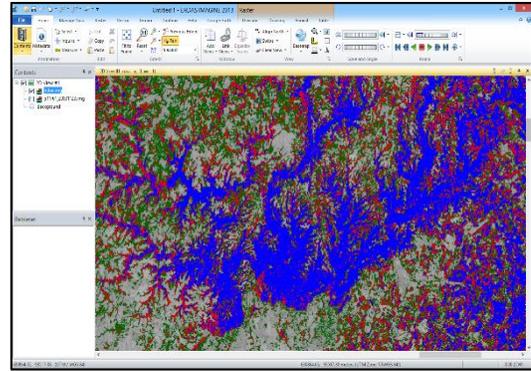


Figura 1 Índice NDVI (Presencia de agua)

Para la validación de la clasificación de imágenes se utilizó una matriz de confusión la cual consiste en analizar con exactitud las clasificaciones comparándolas con otra declarada como absoluta. También se utilizó el coeficiente Kappa dato estadístico que mide la concordancia (Tabla 1) de dos metodologías es decir, evalúa la similitud de dos clasificaciones de imágenes y los valores de concordancia que oscilan desde la nula hasta la casi perfecta. La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) fue clave para la generación de cartografía de la cobertura vegetal a escala 1:50.000. Se realizaron composiciones de mapas temáticos para calcular las variaciones de la cobertura en los años preestablecidos (2000 – 2014).

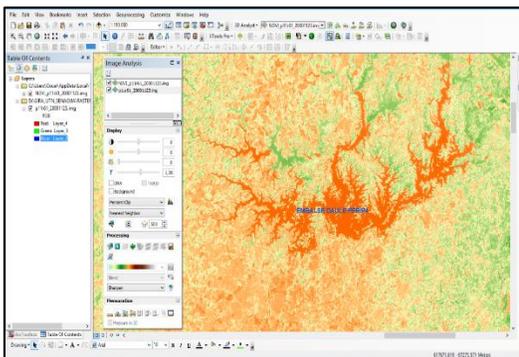


Figura 3 Índice NDVI (Presencia de vegetación)

Rango	Concordancia
0	Nula
0.01 - 0.02	Leve
0.21 - 0.40	Aceptable
0.41 - 0.60	Moderada
0.61 - 0.80	Considerable
0.81 - 1.00	Casi perfecta

Tabla 1 Concordancia coeficiente Kappa

Land Change Modeler Idrisi Selva es una de las herramientas actuales más útiles a nivel mundial ampliamente utilizado para la priorización de conservación y planificación, el software permite analizar rápidamente el cambio de cobertura terrestre, simular escenarios futuros de cambio de tierras, escenarios de emisiones de Reducción de Emisiones de carbono causada por la Deforestación y la degradación de los bosques) y modelo de impactos e inclusive biodiversidad. Con este Software se realizó una

proyección de la situación del Embalse Daule Peripa con una proyección de la situación futura al año 2030.

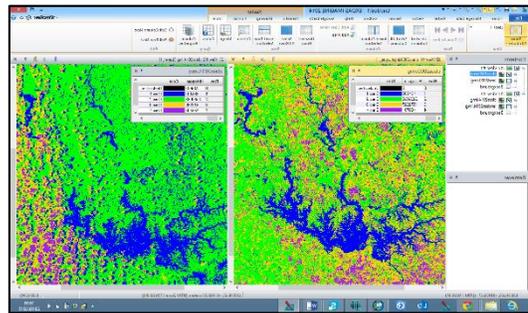


Figura 5 Proyección al 2030 embalse Daule Peripa

RESULTADOS

Descripción multitemporal

Entre los años 1993 y 2000 (Figura 6), el cuerpo de agua disminuyó 4231,60 hectáreas (17%), siendo esta la mayor pérdida hasta el 2014. Analizando los valores obtenidos de vegetación en crecimiento en el año 1993 ya existe presencia de vegetación acuática; hasta el año 2000, no se realizó ningún tipo de control para eliminar la especie por lo que se detectó un incremento de 1089,16 hectáreas representado el 14,25% de la vegetación acuática.

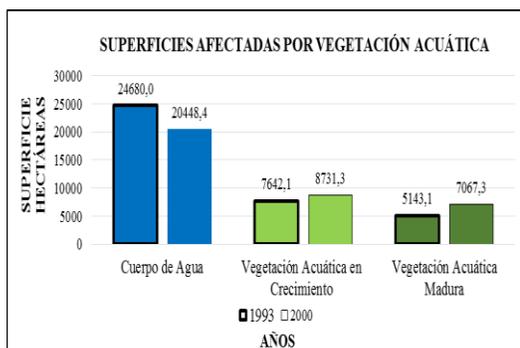


Figura 6 Áreas con vegetación acuática 1993 – 2000

En la vegetación acuática en estado de madurez se analizó los resultados obtenidos y se observó las variaciones multitemporales de la especie *Eichhornia crassipes* (Mart.)

Solms, dando como resultado entre el año 1993 y 2000, un aumento de 1924,13 hectáreas (37,41%).

En los años 2000 y 2014 (Figura 7) la vegetación acuática en crecimiento disminuye 249,30 hectáreas (2,90%), la época en la que fue tomada la imagen Landsat ETM fue seca (Junio – Octubre). En el procesamiento digital de imágenes se diferenciaron las coberturas de vegetación en crecimiento de las coberturas de vegetación madura debido a los valores de reflectancia altos y bajos respectivamente. Con respecto a la interpretación de la imagen Landsat que fue descargada del año 2014, se registró una disminución de 492,57 hectáreas (6,97%), la extracción mecánica por parte de la Empresa Privada SOAMSO (Soluciones Ambientales Sostenibles) puede ser la causa de la disminución de superficies cubiertas por la especie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms madura. Desde el año 2000 al 2014 el espejo de agua registró una disminución de 330,90 hectáreas que corresponde al 2,60%. Finalmente entre los años 2000 y

2014 se registró un aumento en la presencia de la especie acuática en estado de crecimiento, llegando a ocupar 172,34 hectáreas, representado un 2,03%.

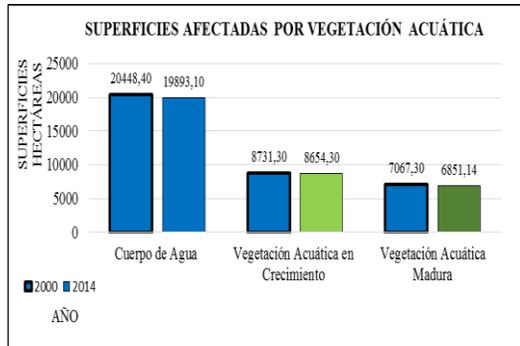


Figura 7 Áreas con vegetación acuática 2000 – 2014

El incremento anual de la vegetación acuática es evidente, a través de las imágenes y coberturas cartográficas elaboradas se puede constatar el aumento y la proliferación de estas especies invasoras, las mismas que en mayor presencia de sedimentos se reproducen con mayor facilidad, es importante la labor que realiza la empresa Soluciones Ambientales Sostenibles SOAMSO quien desde el año 2000 trabaja de forma continua en la extracción mecánica de macrófitas y elaboración de abono orgánico a partir de las mismas, esta es la razón por la cual no se registran aumentos considerables de la población de vegetación acuática. A partir del análisis de las imágenes resultantes de la clasificación supervisada, sólo se visualiza vegetación en las zonas afluentes al embalse, como se muestra en la imagen procesada del año 2000.

CONCLUSIONES

- La aplicación de técnicas de teledetección al estudio del aumento poblacional de vegetación acuática en el embalse

Daule Peripa, permitió detectar la disminución del cuerpo de agua en el transcurso de los siguientes años: 1993 a 2000 disminuyó 4231,6 hectáreas (17%) y del 2000 al 2014 se registró una disminución de 330,9 hectáreas (2,60%).

- Mediante el análisis de imágenes se determinó que el aumento de vegetación acuática en los años 1993 a 2000 fue de 430,47 ha/año, mientras que en los años 2000 a 2014 se detectó una disminución de 20,93 ha/año; estas variaciones se deben a que a partir del año 2000 se realizó una eliminación mecánica de la vegetación acuática por parte de la Empresa Privada SOAMSO Cía. Ltda. (Soluciones Ambientales Sostenibles).
- El análisis de proyección de crecimiento de vegetación acuática comparando dos imágenes con fechas de toma 2000 y 2014, dio como resultado un aumento promedio de 533,16 hectáreas/año; este crecimiento de comunidades de macrófitas se explica por la acumulación de material sedimentable y el aumento de la temperatura del agua ocasionado por el calentamiento global.
- El empleo de los índices NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) y NDWI (Normalized Difference Water Index), utilizados en estudios de vegetación y cultivos, han mostrado importantes aplicaciones en el medio acuático (macrófitas). Mediante estos análisis, es posible detectar presencia de agua, vegetación acuática en etapa de crecimiento y vegetación acuática en estado de madurez.
- La ventaja del uso de imágenes obtenidas con sensores remotos de

mayores resoluciones espaciales y espectrales puede ayudar a mejorar la resolución y el análisis de superficies de vegetación acuática de gran extensión.

- El presente estudio es aplicable para sugerir el manejo adecuado de vegetación acuática en embalses de la costa Ecuatoriana.

RECOMENDACIONES

- El uso de imágenes Landsat TM, ETM y OLI es recomendable para investigaciones en áreas de grandes extensiones y de difícil acceso, debido a la disponibilidad de imágenes en los geo portales de la USGS (United States Geological Survey) y GLCF (Global Land Cover Facility) los cuales cuentan con actualizaciones continuas, y coberturas globales.
- Se recomienda la aplicación de técnicas de teledetección con imágenes multiespectrales e hiperespectrales en futuros estudios en ecosistemas acuáticos naturales y artificiales, especialmente en los relacionados en producción hidroeléctrica.
- A partir de este estudio es fundamental elaborar propuestas de manejo para el control del aumento de vegetación acuática principalmente en el embalse Daule Peripa, infraestructura que beneficia a gran parte de las provincias del Guayas y Manabí.
- Es recomendable aplicar técnicas de teledetección con imágenes gratuitas de los sensores Landsat e imágenes comerciales del sensor ASTER para cuantificar las superficies cubiertas por vegetación acuática en embalses de la región costera del Ecuador tales como: La Esperanza, San Vicente, Tahuín y Poza Honda.
- Para analizar los cambios de cobertura vegetal acuática se

recomienda emplear imágenes multiespectrales con 4 bandas, con la finalidad de identificar la vegetación en estado fenológico en crecimiento y la vegetación madura.

- Una posible solución frente a este problema sería adquirir señales espectrales en distintos estados fenológicos (crecimiento, floración) de las especies de vegetación acuática y analizar las imágenes disponibles con los espectros representativos.
- Se recomienda instalar pequeñas parcelas para evaluar métodos de control de la vegetación acuática. Los métodos pueden ser: control químico, mecánico y biológico, los ensayos deben ubicarse en las áreas de influencia de la presa y toma de agua de la central hidroeléctrica.
- La empresa privada Soluciones Ambientales Sostenibles Cía. Ltda. (SOAMSO) contratada para controlar el incremento de vegetación acuática del embalse Daule Peripa, debe tecnificar y aumentar los procesos de operación, para optimizar resultados y evitar la disminución del espejo de agua en mayor porcentaje. La labor que realizan al cosechar la especie invasora *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms y convertirla en compost o abono orgánico es innovadora sin embargo, dentro de la Carrera de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Técnica del Norte ya se han puesto en ejecución proyectos similares con más especies acuáticas trabajo que debe ser reconocido dentro de la provincia de Imbabura como alternativa para una agricultura orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvaro, Y. G. & Álvaro, G. S. (2006). Clasificación de imágenes por satélite.
- Alvarado Carrión, P. R. (2013). Factibilidad del uso de Lechuguín del embalse mazar para la obtención de compost.
- Adam E, O Mutanga & D Rugege (2010). Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation.
- Albright T & DJ Ode (2011). Monitoring the dynamics of an invasive emergent macrophyte community using operational remote sensing data.
- Bedon F. P. & Pinto S. A. (2012). Evaluación de técnicas de detección de cambios del uso de la tierra a través del análisis multitemporal de imágenes satelitales en el cantón Daule.
- Cerón, C., Palacios, W., Sierra, R., & Valencia, R. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental.
- CONELEC. (2009). Estadísticas Del Sector Eléctrico Ecuatoriano.
- Cabello, J. & Paruelo, J.M. (2008). La teledetección en estudios ecológicos. Ecosistemas.
- Cañadas, L. (1983). Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador, MAG – PRONAREG. Quito – Ecuador.
- Castaño-Gallego AA & P Lozano-Rivera. (2006). Delimitación de ecosistemas sumergidos (praderas de fanerógamas) a partir de imágenes EOS-ASTER en la zona costera del departamento de la Guajira (Colombia).
- Chuvieco, E. (1990). Fundamentos de Teledetección Espacial Barcelona.
- Chuvieco, E. (2002). Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio.
- Mera, E. (2013). Clasificación supervisada. Recuperado de: <http://www.slideshare.net/EduardoMera1/pr-clasificacion-supervisada-guzman-mera>
- Ortega, M. P. (2011). Aplicaciones de la teledetección y SIG en la caracterización de humedales en la reserva de la biosfera de la mancha húmeda, Madrid.
- Paul J. Curran, 1985. Principles of Remote Sensing, Longman.
- Pagot, M. (2003). Metodologías inductivas y deductivas en técnicas de teledetección.