

VARIACIONES EN EL ÁREA Y PERÍMETRO DE LA LAGUNA LECHE KHOTA, VERTIENTE ORIENTAL DEL CHACHACOMANI LA PAZ – BOLIVIA

Análisis multitemporal y proyección para el 2030

VARIATIONS IN THE AREA AND PERIMETER OF THE LECHE KHOTA LAAGOON, ORIENTAL VERTIENT OF CHACHACOMANI LA PAZ – BOLIVIA
Multi Temporal analysis, and projection for 2030

Natalia Palacios Zuleta*,
Rosario Sanga Ramírez**, Jorge Palacios Zuleta***

RESUMEN

En la Cordillera de los Andes los impactos del calentamiento global y el cambio climático ya se sienten. Por lo que, al aumentar la temperatura del lugar, los ciclos tradicionales de evaporación del agua también están cambiando. Como es el caso de la laguna Leche Khota, vertiente oriental del nevado Chachacomani, sitio geográfico espacial que fue estudiado a través de imágenes satelitales LandSat 5, 7 y 8, para el periodo 1998–2018.

Los resultados muestran un decremento en el área de la laguna. Mostrando que la oligotrofia (propiedades de las aguas de lagos de alta montaña) y la reducción del perímetro son proporcionales con la pérdida de su área.

PALABRAS CLAVE: Análisis multitemporal, oligotrofia, NDWI Índice Normalizado de Diferencia de Agua.

ABSTRACT

In the Andes Mountains the impacts of global warming and climate change are already felt. So, as the temperature of the place increases, traditional water evaporation cycles are also changing. As is the case of the Leche Khota lagoon, eastern slope of the Chachacomani snowy, spatial geographical site that was studied through satellite images LandSat 5, 7 and 8, for the period 1998–2018.

The results show a decrease in the lagoon area. Showing that oligotrophy (properties of high mountain lake waters) and the reduction of the perimeter are proportional to the loss of its area.

KEY WORDS: Multitemporal analysis, oligotrophy, NDWI Normalized Water Difference Index.

RESUMO

Nas montanhas dos Andes, os impactos do aquecimento global e das mudanças climáticas já são sentidos. Assim, à medida que a temperatura do local aumenta, os ciclos tradicionais de evaporação da água também estão mudando. Como é o caso da lagoa Leche Khota, declive oriental do local geográfico espacial nevado de Chachacomani, estudado por meio de imagens de satélite LandSat 5, 7 e 8, para o período 1998–2018.

Os resultados mostram uma diminuição na área da lagoa. Mostrando que a oligotrofia (propriedades das águas dos lagos de montanhas altas) e a redução do perímetro são proporcionais à perda de sua área.

PALAVRAS-CHAVE: Análise multitemporal, oligotrofia, NDWI Índice de Diferença de Água Normalizada.

History of the article: Received 15/03/2019. Style review 29/10/2019. Accepted 08/11/2019.

INTRODUCCIÓN

La laguna Leche Khota se localiza en el departamento de La Paz, provincia Larecaja, municipio de Guanay, vertiente oriental del nevado Chachacomani.

Con el propósito de establecer una estimación de las pérdidas en perímetro y área de la laguna Leche Khota, se implementó una investigación de gabinete sobre imágenes satelitales Landsat 5, 7, 8 obtenidas de forma gratuita del INPE Brasil (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales) para el periodo 1998–2018, que permitió examinar las variaciones, cubriendo los últimos 20 años, en intervalos de cinco años y su proyección hasta el año 2030.

DESARROLLO

Material digital

- Información vectorial formato shapefile, curvas de nivel cada 100 m, límites de provincia, municipio del departamento de La Paz.
- Imágenes LANDSAT 5-TM 1998, 2003, 2008, LANDSAT 7-ETM 2013 y LANDSAT 8-OLI 2018. Resolución espacial de 30 m de pixel.
- Imágenes obtenidas del INPE Brasil (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales). Imágenes LANDSAT cada 5 años
- Modelo digital para corrección ortométrica SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 30 metros. Descargado de manera gratuita a través del servidor del USGS (United States Geological Survey).
- Las imágenes satelitales donde se efectuaron los cálculos de áreas proyección UTM Zona 19S y el sistema de referencia WGS 1984.

Software:

- ArcGis 10.4.1.
- ERDAS Imagine 2014.
- WORD 2010 y EXCEL 2010 del Microsoft Office.

Hardware:

- Laptop Intel (R) CORE™ i7 + Impresora Canon

Metodología

Paso 1: Obtención de imágenes satelitales LANDSAT de INPE Brasil (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales):

- Registro portal del INPE,
- Clasificación de imágenes,
- Servidor INPE envía imágenes por correo electrónico,
- Descarga de imágenes formato Zip.



Fuente: Elaboración desde imágenes del INPE

Paso 2: Importación de imágenes TIFF a imágenes formato nativo IMG software ERDAS 2014. Antes de efectuar cualquier importación, es importante revisar la información de la imagen en su metadato, ya que mucha de la información necesaria está especificada en esta información.

Las imágenes LANDSAT que se obtienen, se encuentran en formato TIFF y el proceso consiste en pasarlas a formato de ERDAS Imagine, es decir con extensión IMG.

Paso 3: Compilación de bandas - LAYER STACK

Importadas todas las bandas de imágenes LANDSAT formato IMG - ERDAS 2014, se procede a realizar una compilación de las mismas, con el fin de trabajar toda la escena del satélite, desde un solo archivo.

Paso 4: Corrección ortométrica

Sirve para corregir desplazamientos y distorsiones geométricas presentes en una imagen, causados por la inclinación del sensor (posición del sensor en el momento de la toma), la influencia del relieve y los errores sistemáticos asociados con la imagen.

Corrección determinante para que los resultados del proceso y/o en el caso de estimaciones de cambios entre dos imágenes de la misma zona a distintas fechas estén garantizadas, estableciendo así, que los cambios se deben a las coberturas de la Tierra, detectadas durante el periodo establecido y no a diferencias en la posición de las imágenes en el periodo de análisis.

El modelo SRTM con resolución espacial de 30 metros, es el modelo digital utilizado para la corrección ortométrica¹.

Paso 5. Conversión a radiancia², techo atmósfera ($Q_{cal} = t_o - L_a$)

La radiancia en el sensor, permite convertir datos-imágenes de múltiples sensores y plataformas, en una escala radiométrica común.

La calibración radiométrica de los sensores TM, ETM implica el resellado de los números digitales crudos transmitidos del satélite a los números digitales calibrados, que tienen el mismo escalamiento radiométrico para todas las escenas procesadas en el suelo en un período específico.

Durante la calibración radiométrica, los valores de píxel de los datos de imágenes RAW y sin procesar se convierten en unidades de radiancia espectral absoluto utilizando cálculos de coma flotante 32 bits.

Los valores de radiancia absoluta se escalan a números 8 bits (TM y ETM, $Q_{calmax} = 255$) que representan el antes de la salida a los medios de distribución.

Paso 6: NDWI (Índice Normalizado de Diferencia de Agua)

El NDWI ayuda a distinguir la superficie de agua de otras formas similares, como suelos brillantes, nieve y nubes (Dosier, 1989).

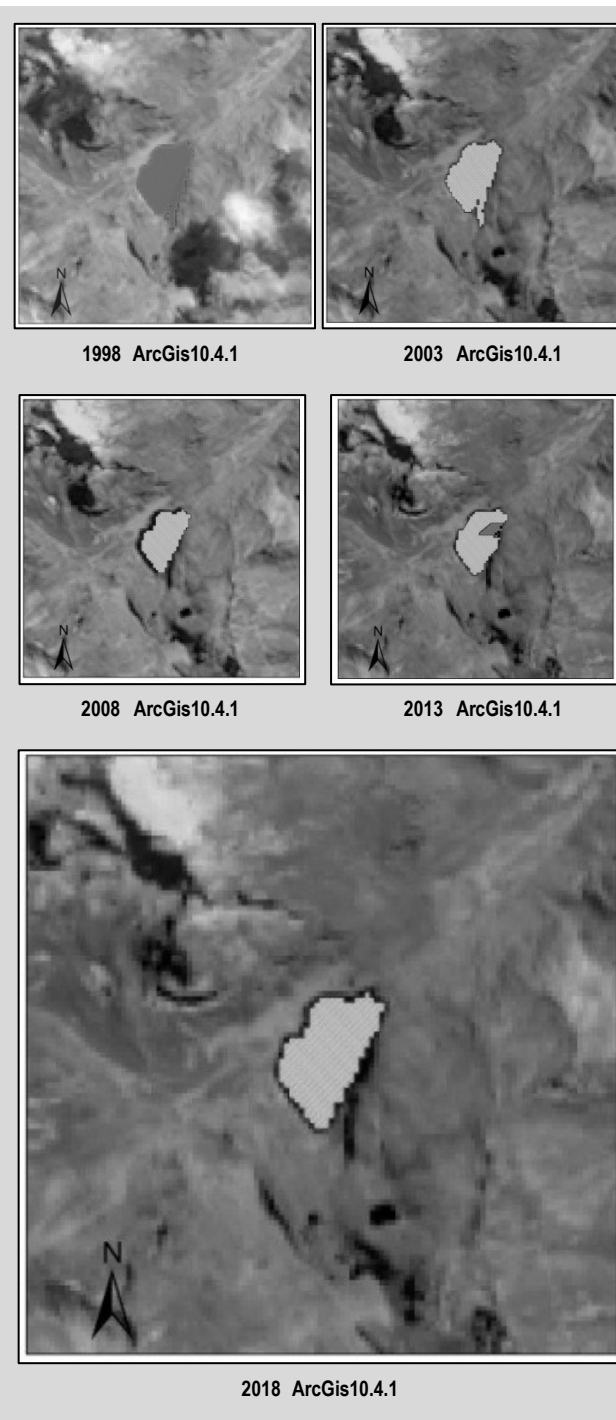
Paso 7: Cálculo del área y perímetro laguna Leche Khota

El cambio de área y perímetro por periodo, utilizando el software ArcGis10.4.1, se muestra en la tabla 1, y las variaciones de área y perímetro se ilustran en las imágenes siguientes:

Tabla 1
Variaciones de área y perímetro laguna Leche Khota³
Periodo 1998 – 2018

Periodo	Sensor	Perímetro km	Área km ² NDSWI
1998	LANDSAT 5 TM	3,36	0,39
2003	LANDSAT 5 TM	3,04	0,33
2008	LANDSAT 5 TM	2,93	0,29
2013	LANDSAT 7 ETM	2,78	0,22
2018	LANDSAT 8 OLI	2,60	0,20

Fuente: Elaboración propia



¹ Liberado en noviembre del 2014 a nivel global (a excepción de la región del Medio Oriente). La misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) es un proyecto desarrollado por la NGA y NASA el cual tuvo como objetivo generar un modelo digital de terreno de la Tierra de 30 m de resolución espacial. Para descargar los datos se debe acceder y registrar en: https://ita.cr.usgs.gov/get_data.

² Medida del calor que emiten los cuerpos para todo el espectro de frecuencias, especialmente para el espectro infrarrojo.

³ Situada en la vertiente oriental del nevado Chachacomani, departamento de La Paz, provincia Larecacha, municipio de Guanay.

CONCLUSIONES

La laguna Leche Khota ubicada en la vertiente oriental del Chachacomani, entre los años 1998 a 2018, presentó las siguientes variaciones en perímetro y área NDWI. Ver tabla 2.

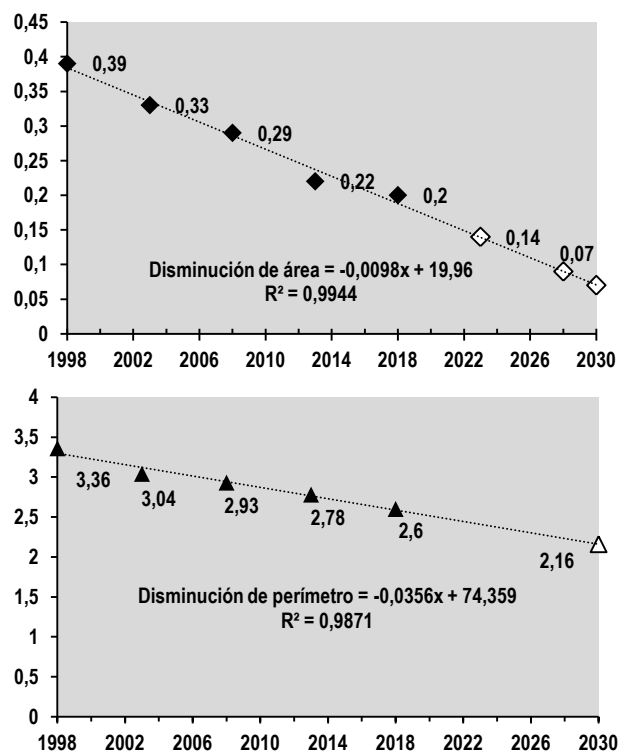
Tabla 2
Variaciones en porcentaje, para el perímetro y área de la laguna Leche Khota vertiente oriental del Chachacomani

Lustro	Perímetro (%)	Área (%)
De 1998 a 2003	9,52	15,38
De 2003 a 2008	3,61	12,12
De 2008 a 2013	5,12	24,14
De 2013 a 2018	6,47	9,09

Fuente: Elaboración propia

La pérdida de área, puede estar relacionada con los cambios en la dinámica de la atmósfera, considerando que en las últimas décadas han tenido una fuerte influencia el calentamiento global y la acumulación de gases de efecto invernadero. Notándose también que las precipitaciones pluviales han presentado una importante disminución. Ambos aspectos indican que la dinámica de la atmósfera, está afectando estos recursos hídricos.

Proyección para el año 2030



A partir de las variaciones en el área y perímetro de la laguna Leche Khota periodo 1998 – 2018, la proyección estimada para el año 2030, indica que la laguna Leche Khota reducirá su área de 0,39 a 0,07 km², además de disminuir su perímetro de 3,36 a 2,16 km.

Asumiendo que la laguna tiene en promedio una altura de 5m, la pérdida en volumen de agua para el año 2030 puede ser de $1,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ (82,05 por ciento de su volumen en 1998).

BIBLIOGRAFÍA

GADLP Gobierno Autónomo Departamental de La Paz, Anuario Estadístico 2016, Disponible en: www.gobernacionlapaz.gob.bo,

Bolivia es Turismo, 2016, Nevado Chachacomani, Disponible en: <http://boliviaesturismo.com/nevado-chachacomani-la-paz-bolivia-oliviaesturismo/>

Chávez, P.S., 1996, Imagen basada en las correcciones atmosféricas. Revisado y Mejorado. Fotogrametría, Ingeniería y Sensores Remotos,

Cristóbal, J., Ninyerola, M., 2008, Modelado de la temperatura del aire a través de una combinación de sensores remotos y datos GIS, J. Geophys. Res.113,

Díaz, M. A., 2011, Satellite CBERS. [En línea]: SCRIBD, Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/58604335/Cbers>, documento, 24 de jun. 2011,

Dozier J. 1989. Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. Remote sensing of environment, 28: 9-22,

Chuvieco, E., 1989, Fundamentos de Teledetección Espacial, RIALP S.A., Madrid – España,

Gilbert, M. A., Conese, C. Y., Maselli, F., 1994, Método de corrección atmosférica para la recuperación automática de reflectancias de superficie a partir de imágenes TM. Revista Internacional de Teledetección, Madrid – España,

BMI Instituto Boliviano de la Montaña, 2006, Impacto del cambio climático sobre la disponibilidad de recursos hídricos. Retroceso de los glaciares y recursos hídricos en Bolivia - de la investigación a la acción (69). La Paz – Bolivia,

BMI Instituto Boliviano de la Montaña, 2014, Glaciares, cambio climático, Glaciares Bolivia (60), La Paz – Bolivia,

Codazzi, A., Posada, e., 2012, Manual de Prácticas de Percepción Remota, Parte 1, Instituto Geográfico, Bogotá DC, 2012FI,

Proyecto IDH 2013–2014 CIAG-UMSA–Facultad de Tecnología, Monitoreo espacial del nevado Chachacomani y su efecto sobre los bofedales y la provisión de agua dulce,

RaoulKaenzig al Klimablog. Migración y cambio climático en áreas de montaña, experto del mes: 3, 4. 24/01/2018, Disponible en: http://www.cambioclimatico-bolivia.org/pdf/cc-20130815-_p_Experto_del_mes_Cambio_climatico_retroceso_glaciar_y_migracion_en_Bolivia_p_.pdf Base de datos.

UICN, 2006, Aspectos jurídicos de la conservación de los glaciares. 26/01/2018, Environmental Law Centre, Disponible en: <https://www.iucn.org/es/content/aspectos-juridicos-de-la-conservacion-de-los-glaciares>.

Universidad de Jaén Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, 2006, Prácticas de Teledetección. 28/01/2018, de Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Disponible en: http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/tel/archivos/Prac_Tel_2006_1.pdf

Fe de autores:

(*), Ingeniero Agrónomo,
Docente carrera de Geodesia, Topografía y Geomática,
Facultad de Tecnología – UMSA.

(**), Topógrafo

(***), Arquitecto