

COBERTURA Y CONDICIÓN DE COMUNIDADES VEGETALES, PRADERAS NATIVAS CUENCA DEL CHACHACOMANI

Sistema de Información Geográfica SIG y trabajo de campo municipio Batallas,
Departamento de La Paz – Bolivia

COVERAGE AND CONDITION OF VEGETABLE COMMUNITIES NATIVE PASTURES CUENCA DEL CHACHACOMANI
(Geographical Information System GIS and field work: municipio Batallas, Departamento de La Paz – Bolivia)

Natalia Palacios Zuleta*

RESUMEN

En el presente trabajo se describe un proceso comparativo de investigación, entre un sistema de información satelital (SIG) de imágenes RapidEye y el correspondiente trabajo de campo, relacionado con la cobertura y condición de comunidades vegetales, cuenca del Chachacomani (municipio de Batallas, tercera sección provincia Los Andes, Departamento de La Paz), cuya divisoria de aguas se encuentra desde la parte alta hasta las faldas del glaciar.

Los resultados del NDVI y SAVI, coinciden con los obtenidos en campo, encontrándose cinco comunidades vegetales: bofedales, chilliguales y totorillares, pastizales Deyeuxia y pajonal lchu, con importantes coberturas y condiciones (productividades). Por otra parte el índice Jaccar calculado para las cinco comunidades vegetales, marcó una notable disimilitud, indicando que la cuenca aún no fue alterada fuertemente por las actividades antrópicas.

Finalmente, la comparación de resultados entre las dos metodologías, muestra que ambas se complementan adecuadamente, y son idóneas para la evaluación de la cobertura y condición de pastizales ubicados en el altiplano boliviano.

PALABRAS CLAVE: Comunidades vegetales, de puna, cobertura y condición de pastizales, índice Jaccar, percepción remota satelital.

ABSTRACT

In the present work a comparative research process is described, between a satellite information system (SIG) of RapidEye images and the corresponding field work, related to the coverage and condition of plant communities, Chachacomani basin (municipio de Batallas, tercera sección, provincia Los Andes, Departamento de La Paz), whose watershed is from the top to the glacier slopes.

The results of the NDVI and SAVI coincide with those obtained in the field, finding five plant communities: bofedales, chilliguales and totorillares, Deyeuxia pastures and lchu pajonal, with important coverage and conditions (productivities). On the other hand, the Jaccar index calculated for the five plant communities, marked a remarkable dissimilarity, indicating that the basin was not yet strongly altered by anthropic activities.

Finally, the comparison of results between the two methodologies shows that both complement each other adequately, and are suitable for the evaluation of the coverage and condition of pastures located in the Bolivian altiplano.

KEYWORDS: Puna plant communities, coverage and grassland condition, Jaccar index, satellite remote sensing indexes.

RESUMO

No presente trabalho é descrito um processo de pesquisa comparativa, entre um sistema de informação via satélite (SIG) de imagens RapidEye e o trabalho de campo correspondente, relacionado à cobertura e condição das comunidades vegetais, bacia de Chachacomani (municipio de Batallas, terceira seção, provincia Los Andes, Departamento de La Paz), cujo divisor de águas é do topo até as encostas das geleiras.

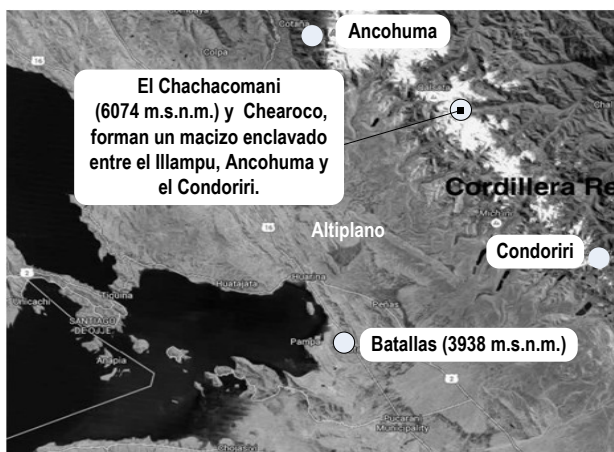
Os resultados do NDVI e SAVI coincidem com os obtidos em campo, encontrando cinco comunidades vegetais: bofedales, chilliguales e totorillares, Deyeuxia pastagens e lchu pajonal, com importantes coberturas e condições (produtividades). Por outro lado, o índice de Jaccar calculado para as cinco comunidades de plantas, assinalou uma dessemelhança notável, indicando que a bacia ainda não foi fortemente alterada por atividades antrópicas.

Por fim, a comparação dos resultados entre as duas metodologias mostra que ambos se complementam e são adequados para a avaliação da cobertura e condição das pastagens localizadas no altiplano boliviano.

PALAVRAS-CHAVE: Comunidades de plantas de Puna, cobertura e condição de pastagem, índice Jaccar, índices de sensoriamento remoto por satélite.

History of the article: Received 25/02/2019. Style review 04/03/2019. Accepted 11/03/2019.

INTRODUCCIÓN



Composición gráfica: Trekking Bolivia's cordillera Real, Lake Titicaca satellite www.imagenesmy.com, www.bolivianmountainsguides-iceclimbing.com

El Chachacomani con una altura de 6074 m.s.n.m. Es parte de la cordillera Real, cadena montañosa ubicada al sureste del lago Titicaca y al este de la ciudad de La Paz, con una extensión de 125 km y 20 km de ancho, por su ubicación geográfica y cercanía con la cuenca del Amazonas, tiene grandes glaciares, que a pie de monte conforma una región del altiplano andino caracterizada

por la ecorregión puna o meseta de alta montaña donde se desarrolla un bioma¹ neotropical, tipo pradera y matorral de montaña, que incluye pastizales donde prepondera la vegetación herbácea, que tiene una gran capacidad para reducir la escorrentía e incrementar la infiltración del agua en el suelo² mejorando la cobertura vegetal, derivada generalmente por deshielos glaciares, y el curso de aguas (superficiales y subterráneas). Las praderas formadas así, son muy útiles porque sirven de forraje para los animales que habitan en estos lugares.

Bajo esta perspectiva, en el presente trabajo se describe un proceso comparativo de investigación, entre un sistema de información satelital (SIG) imágenes RapidEye y el correspondiente trabajo de campo, relacionado con la cobertura y condición de comunidades vegetales³, cuenca de Chachacomani (municipio de Batallas⁴, tercera sección provincia Los Andes, Departamento de La Paz), cuya divisoria de aguas se encuentra desde la parte alta hasta las faldas del nevado del mismo nombre.

¹ Unidad ecológica para clasificar la biosfera, según los factores climáticos y geológicos que determinan el tipo de vegetación y fauna.

² Los pastizales predominan donde el agua es suficiente para evitar que el lugar se convierta en un desierto.

³ Utilizadas como forraje para el ganado camélido y ovino del lugar.

⁴ Coordenadas: Latitud sur entre los paralelos 16° 00' y 16° 21' 57". Longitud oeste entre los paralelos 68° 13' 15" y 68° 4' 54". (Plan de desarrollo municipal de Batallas 2006-2010).

DESARROLLO

a) Fuentes de información utilizadas

Centro de Investigaciones y Aplicaciones Geomáticas CIAG, carrera de Topografía y Geodesia. Geo Bolivia–Infraestructura de datos espaciales del Estado Plurinacional de Bolivia (IDE–EPB). Federación de Asociaciones Municipales de Bolivia. Instituto Geográfico Militar IGM. Servicio Nacional de Geología y Minería SERGEOMIN.

b) Cartografía base

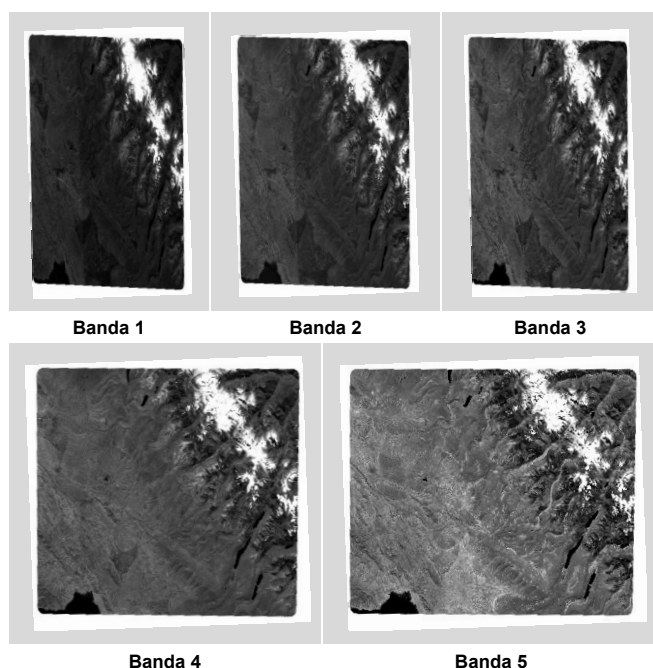
Tanto la cartografía base y las clasificaciones de imágenes RapidEye fueron trabajadas usando de referencia espacial el sistema de coordenadas proyectadas UTM (Proyección Universal Transversal Mercator), zona 19 Sur, datum WGS84.

Todo el procesamiento de la información vectorial en formato shapefile se efectuó en el programa ArcGis Desktop 10.1 (ESRI). (Zúñiga, 2014),

Además se realizó la actualización (digitalización y edición) de archivos vectoriales del curso de ríos y quebradas principales (línea), vías (línea), y centros poblados (polígono). Para esto se uso como base, la información vectorial de la geodatabase y del proyecto “monitoreo espacial del nevado Chachacomani y su impacto en la provisión de agua dulce en el sector”, además de fuentes oficiales como (Geo Bolivia), (SERGEOMIN), las cuales fueron actualizadas a partir de las imágenes de satélite RapidEye 2015, utilizando combinación de bandas RGB Color Verdadero (321), apropiado para fines de interpretación cartográfica, a una escala de 1:20.000.

c) Procesamiento de imágenes de satélite

- RapidEye, tiene cinco satélites idénticos para la observación de la Tierra, con los cuales ejecuta su modelo y recoge información de cinco bandas del espectro electromagnético: Azul (440-510nm), verde (520-590nm), rojo (630-690 nm), Red-Edge (690-730 nm) e infrarrojo cercano (760-880 nm).
- La resolución nominal en el suelo es 5 m. RapidEye incluye la banda RedEdge, muy sensible a los cambios en contenido de **clorofila**. Ayudando al monitoreo de sanidad vegetal, identificación de especies vegetales y cultivos, y medición del contenido de proteínas y nitrógeno en la biomasa.



Satélites RapidEye, características:

Número: 5. **Vida útil:** 7 años. **Altitud de órbita:** 630 km en órbita heliosincrónica. **Frecuencia de tevista:** 1 día. **Inclinación:** 97,8 grados (heliosincrónica). **Hora de cruce con el Ecuador:** aprox 11:00. **Distancia muestras de superficie (nadir):** 6,5 m. **Tamaño de píxel (imágenes orto rectificadas):** 5m. **Ancho de barrido:** 77 km. **Almacenamiento de datos a bordo:** hasta 1500 km de datos de imágenes por órbita. **Capacidad de captura de imágenes:** 4x10⁶ km² por día.

Metodología para el trabajo de campo

1) Procesamiento de imagen, coberturas y muestreo

Inicialmente se procesó la imagen, para este propósito se aplicó - (los métodos vistos en el apartado anterior)- identificando las diversas coberturas vegetales del terreno. El objetivo del trabajo de campo es reconocer las coberturas vegetales en el área de estudio, para luego, identificarlas y compararlas fielmente con las obtenidas en la imagen.

Todas las coberturas observadas en las imágenes, fueron incluidas en el recorrido del trabajo de campo, caracterizando cada lugar por el: tipo de cobertura, porcentaje y estado de la cobertura del suelo, fenología (para cultivos), además de otros factores capaces de influir o modificar la respuesta espectral. Visitando 100 puntos de muestreo, suficientes para que sean representativos del número de coberturas y de la variabilidad de las mismas.

2) Identificación y selección de sitios de entrenamiento

La correcta definición de los sitios de entrenamiento es muy importante para obtener buenos resultados de clasificación. Los sitios de entrenamiento son grupos de píxeles que representan a una clase o categoría, y sirven para resumir los datos en estadísticos como la media aritmética, la desviación estándar, el rango. La selección de los sitios, debe cumplir los siguientes requisitos: representatividad de clase y homogeneidad respecto al valor espectral⁵

3) Clasificador por distancia mínima

Para la clasificación por mínima distancia, se toman en cuenta las medias de cada clase y la asignación se realiza hacia la clase con menor distancia.

Algunos de los píxeles quedarán sin clasificar si se introduce una distancia máxima o una desviación estándar máxima. Utilizar varias distancias de limitación y otras sin limitación. Observar el resultado con la paleta cualitativa.

4) Evaluación de la clasificación

Una vez realizada la asignación de píxeles el resultado de la clasificación es una imagen de una banda en la cual el valor de cada píxel, corresponderá al número de clase, presentándose entonces correspondencia entre un número y una clase.

5) Matriz de confusión generada a partir de los píxeles que se tomaron como muestras

Del conjunto de píxeles muestreados, la matriz compara las clases del usuario (columnas) y cómo las encontró el clasificador (filas). Así, en la diagonal de la matriz se tienen los aciertos, es decir, aquellos píxeles que tanto el clasificador como el usuario ubicaron en la misma clase.

Los residuales de las filas son los errores por omisión (píxeles que incluidos como pertenecientes a una clase por el usuario y que el clasificador los encontró como otra clase). Los residuales

⁵ Una herramienta que tienen los softwares con distintos nombres es el “semillado” (seeding), para PCI Geomatics, que permite hacer clic sobre un píxel y automáticamente seleccionar a los vecinos que tengan un valor espectral dentro de un rango preestablecido. Esto permite seleccionar áreas homogéneas.

de las columnas son los errores por comisión (píxeles que el clasificador encuentra perteneciente a una clase y que no fueron determinados de la misma forma por el usuario). La relación entre la suma de los aciertos y el total indica la fiabilidad de la clasificación, aunque más bien está asociada a la correcta definición de los sitios de entrenamiento.

Identificación de comunidades vegetales

Para la caracterización de las comunidades vegetales en campo se emplearon dos métodos, transepto al paso para determinar composición florística y condición de la pradera, y el método del cuadrante, para determinar la cobertura vegetal:

Método del transepto al paso

Este método ha sido modificado y perfeccionado por ser el más adecuado a la región altiplánica (Segura, 1977) y otros investigadores⁶. El transepto al paso proporciona buenos resultados, al determinar la condición de los pastizales de la zona alta andina.

- El procedimiento consiste en la toma de muestras de la vegetación existente en un sitio de pradera, obtenidas por señalamiento o toques con un anillo censador de 2 cm de diámetro y recorrer el terreno dando 100 pasos dobles. La determinación del punto de muestreo se realiza apoyando en la punta del pie, ver composición fotográfica 1.



Crédito: N. Palacios Z. 2018

Composición fotográfica 1: Método transepto al paso

- Se realizaron lecturas cada dos pasos, recorriendo por una línea recta hasta lograr 100 puntos, los datos se agruparon según la palatabilidad⁷ del pasto. Estableciendo una escala de cuatro alternativas:
- Deseable o acrecentante:** Especies forrajeras, escogidas por los animales, disminuye su presencia en relación con el incremento de consumo.
 - Intermedias:** Especies de mediana importancia forrajera, preferidas por los animales en menor grado, a medida que aumenta su consumo disminuye su presencia.
 - Indeseables:** Especies de poco valor forrajero, que van ocupando los espacios que dejan las anteriores.
 - Sin valor:** Especies inferiores (líquenes). Suelos sin vegetación (desnudos). Rocas (piedras).

⁶También fue utilizado por muchos investigadores como (Tapia, 1971), (Alzerreca, 1982, 1987), (Flores y Malpartida, 1992).

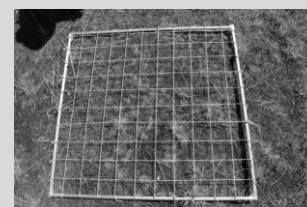
⁷ La agradabilidad al paladar del forraje (pasto) que tienen las especies animales, fue establecida, a través de una encuesta aplicada a los pobladores del lugar.

En cada zona se efectuaron tres transeptos, que sirvieron para determinar el porcentaje promedio de las especies forrajeras nativas.

Cobertura vegetal, método cuadrante

Para determinar la cobertura vegetal se utilizó el método cuadrante propuesto por (Toledo y Schultzer Kraft, 1982), citado por (Delgadillo y Espinoza, 2000). Ver figura 1.

Para su aplicación se utiliza un marco de madera de 1 m², donde se entrecruzan hilos formando cuadrados interiores de 10 cm de lado. El marco se tira y en el lugar donde cae, se evalúa cada cuadrado, dando un valor porcentual de cobertura en escala 1 al 100 y posteriormente los datos son registrados y analizados.



Crédito: N. Palacios Z. 2018

Figura 1: Cuadrante para la evaluación de la cobertura vegetal

Composición florística por tipos de praderas

El levantamiento de los transeptos sirvió para determinar la composición florística de las asociaciones vegetales, la misma que está referida al porcentaje total o parcial de especies características de las praderas.

Cobertura vegetal

La medición de la cobertura vegetal se efectuó en función al método cuadrante, que expresa el porcentaje de cobertura vegetal con relación al porcentaje de suelo desnudo.

Condición de los pastizales

Condición de un pastizal, es una medida que permite valorar el estado de éste en un instante dado, en relación al estado ideal de acuerdo al uso y estilo que se le está dando. En este caso se define como la productividad de tejido vegetal útil en un momento determinado, en relación al potencial del sitio.

La condición de los pastizales en estudio, se determinó en base a la información obtenida en los censos de vegetación, utilizando la metodología descrita por (Flores y Malpartida, 1987), que clasifica la condición del pastizal según cuatro índices:

Índice de Especies Decrecientes (ED): Suma de porcentajes de especies deseables encontradas en los pastizales para cada especie animal que alimentará el pastizal.

Índice Forrajero (IF): Se obtiene sumando los porcentajes de las especies decrecientes (ED), especies acrecentantes (EA) y especies indeseables (EI); encontrados en los pastizales.

Índice de Desnudez del suelo (ID): Para determinar este índice, se suman los porcentajes del suelo desnudo (B), de roca (R) y pavimento de erosión (P) observados en los pastizales.

Índice de Vigor (IV): El índice de vigor se calculó, dividiendo la altura promedio de cada especie de pastos deseable entre su máxima altura de planta multiplicada por 100,

Evaluación puntaje total de condición

Para obtener el puntaje total de índices, las sumas parciales de especies decrecientes se multiplicó por el factor 0,5 (% ED x 0,5); el índice forrajero por 0,2 (% IF x 0,2); el índice de desnudez del suelo por 0,2 (100 – ID x 0,2); y el porcentaje de índice de vigor por 0,1 (% IV x 0,1). (Flores y Malpartida, 1987) utiliza para caracterizar la condición de pastizales la siguiente escala, ver tabla 1.

Tabla 1
Puntaje total para la determinación de la condición de pastizales naturales

EVALUACIÓN DEL PASTIZAL	
puntaje acumulativo, obtenido por sumatoria de los índices: ED, IF, ID y IV afectados por sus coeficientes respectivos de ajuste	
PUNTAJE TOTAL	CONDICIÓN DE PASTIZAL
79 a 100	Excelente
54 a 78	Bueno
37 a 53	Regular
23 a 36	Pobre
0 a 22	Muy pobre

Fuente: [2]

Recolección y herborización de especies vegetales

Se recolectó todas las especies encontradas en los transectos, para posteriormente elaborar el herbario⁸ de las especies de la zona de estudio. Los nombres comunes de las especies recolectadas corresponde al vocabulario que usa la comunidad para reconocerlas.

Determinación del índice de similitud

Se utilizó el índice de Jaccar (Ij), representado por la siguiente fórmula:

$$Ij = c / (a + b - c)$$

a = número de especies en el sitio *a*

b = número de especies en el sitio *b*

c = número de especies presentes en ambos sitios *a* y *b*

Clasificación supervisada

I) Índice de Vegetación Diferencia Normalizada (NDVI)

La técnica básica de cálculo, implica varias operaciones entre las bandas del infrarrojo cercano y del color rojo⁹ del espectro electromagnético. El NDVI que se calculó mediante la ecuación adaptada para los sensores de RapidEye es:

$$NDVI = (Banda\ 5 - Banda\ 3) / (Banda\ 5 + Banda\ 3)$$

Banda 5 = IRC, infrarrojo cercano,

Banda 3 = R, rojo

II) Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI)

El SAVI combina las reflectancias¹⁰ captadas en el infrarrojo cercano y rojo. Además de incluir un factor de corrección del efecto suelo llamado "línea de suelo", el

valor de este parámetro *L* es 0,5. Este índice trata de corregir el efecto del suelo en el valor del índice. Es propio para zonas áridas.

$$SAVI = [(IRC - R) / (IRC + R)] (1 + L)$$

IRC = reflectancia corregida atmosféricamente infrarrojo cercano,

R = reflectancia corregida atmosféricamente rojo,

L = parámetro variable relacionado con la densidad de vegetación, en las dos imágenes se utilizó 0,5

III) Cobertura de imágenes

Para cubrir el área de estudio se utilizaron seis imágenes RapidEye – 2014. Figura 2.



Figura 2: Cortes de imagen RapidEye

En la elaboración del mapa y la caracterización de las comunidades vegetales de la cuenca de Chachacomani, se utilizaron seis cortes de imágenes satelitales RapidEye –2015, adquiridas por el CIAG.

Metodología pre procesamiento de imágenes

1. Orto rectificación de la imagen satelital
2. Corrección atmosférica de las imágenes satelitales
3. Corrección geométrica
4. Corrección radiométrica

Composición de bandas

Se aplicaron tres composiciones de color RGB a partir de tres bandas de las imágenes multispectrales RapidEye:

Composición RGB 321 (Color real):

Banda 3 (rojo) en canal Red, banda 2 (verde) en canal Green, y banda 1 (azul) en canal Blue. Esta composición se usó como apoyo a la interpretación cartográfica base y digitalización.

Composición RGB 452 (Falso color):

Banda 4 (Red Edge) en canal Red, banda 5 (infrarrojo cercano) en canal Green, y banda 2 (verde) en canal Blue. Esta composición se usó como apoyo a la interpretación de la vegetación para la clasificación de la imagen.

Composición RGB 542 (Falso color):

Banda 5 (Infrarrojo cercano) en canal Red, banda 4 (Red Edge) en canal Green, y banda 2 (verde) en canal Blue. Esta composición se usó como apoyo a la interpretación de la vegetación para el informe final.

⁸ Las especies recolectadas fueron herborizadas, para ser clasificadas taxonómicamente, siguiendo el método comparativo, con el apoyo de un biólogo.

⁹ Para la imagen Landsat 7 ETM+ corresponden a las bandas 3 y 4 respectivamente.

¹⁰ Fracción de radiación (luz) incidente reflejada por una superficie.

CONCLUSIONES

La clasificación supervisada fue de utilidad para estudiar la cobertura y condición de los elementos espaciales, así como su distribución espacial. Se logró diferenciar cinco comunidades vegetales, el procedimiento utilizado facilitó la toma de decisiones para seleccionar los sitios de muestreo de especies vegetales de acuerdo con el conjunto de factores biofísicos del lugar. Encontrando una significativa correlación con los índices NDVI y SAVI.

En el trabajo de campo y clasificación supervisada (SIG) se identificó:

- **Bofedales**¹¹ una cobertura vegetal del 94 por ciento de excelente condición para forraje del ganado camélido y ovino que cubre aproximadamente 6172,82 ha. A partir los sistemas de información geográfico se encontró un NDVI en el rango de 0,29 a 0,75 y un SAVI entre 0,44 a 1,12 que corrobora la condición identificada en el trabajo de campo.
- **Totorillares**¹², superficie 8343,39 ha, cobertura vegetal 70 por ciento, adecuada para el ganado camélido y ovino. Los índices supervisados reportan el rango de 0,11 a 0,29 para el NDVI, y el rango 0,44 a 1,12 SAVI, acorde con la condición determinada en el trabajo de campo.
- **Chilliguales**¹³, superficie 8458,7 ha, cobertura vegetal 83 por ciento de condición buena para camélidos (llamas), NDVI en un rango de -0,027 a 0,11 y SAVI entre -0,04 a 0,16.
- Una superficie de 3011,44 ha de **pajonal deyeuxia**¹⁴ y 1193,15 ha de **pajonal ichu**¹⁵, con coberturas vegetal de 76 y 67 por ciento respectivamente. Ambas presentaron igual NDVI y SAVI en un rango de -0,16 a -0,02. No obstante el pajonal deyeuxia tiene una buena condición tanto para ganado camélido como para ovino, a diferencia del pajonal ichu, que presenta una condición regular como forraje de camélidos y ovinos.

El índice de similitud (índice de Jaccard) para las cinco comunidades vegetales identificadas, marcó una notable **disimilitud**, indicando que la cuenca aún no fue alterada por actividades antrópicas. Considerando que a mayor intervención humana, se incrementa la similitud entre las comunidades vegetales, haciendo que las especies más frágiles reduzcan su población y aumenten las más resistentes, que por lo general son las poco deseables y/o las indeseables.

Finalmente, la comparación de resultados entre el sistema de información satelital utilizado (Imágenes RapidEye) y el trabajo de campo, muestra que ambos procedimientos se complementan adecuadamente, y son de utilidad para la evaluación de la cobertura y condición de pastizales del altiplano boliviano en particular.

¹¹ Pasrizales propios de ambientes húmedos.

¹² Comunidades vegetales que se desarrollan a orillas de ojos de agua.

¹³ Sectores donde crece la Chilligua (*Festuca dolichophylla*) Descripción botánica: planta perenne que se desarrolla en suelos profundos y algo húmedos formando densos manojos, tiene una altura de 30 a 100 cm, hojas de 10 a 35 cm de largo; inflorescencia en panícula angosta de 10 a 16 cm de largo, espiguilla de muchas flores de 9 a 10 cm de largo, con plumas agudas. Originaria de lugares altos (3800 a 4500 m.s.n.m.), resistente a sequías, heladas y granizadas. Forraje especialmente apto para llamas y vacunos. [2]

¹⁴ Género de plantas herbáceas, familia poáceas o (gramíneas).

¹⁵ Tipo de vegetación que ocupa la mayor extensión de la zona de alta montaña, predominando las gramíneas altas, conocida comúnmente como **ichu**. Ejemplos: chilligua, iro ichu, huaylla ichu, entre otras. [2]

Agradecimientos:

Al Centro de Investigaciones y Aplicaciones Geomáticas CIAG, carrera Topografía y Geodesia, Facultad de Tecnología – UMSA por el apoyo académico y técnico brindado para efectuar esta investigación.

Referencias bibliográficas:

[1] Flores, A., Malpartida, E., 1992, Manual de forrajes para zona árida y semi áridas andinas. Universidad de California, Instituto Nacional de Investigación, pp: 20–25, Lima – Perú,

[2] (PACC) Programa de Adaptación al Cambio Climático, 2014, Manejo de pastos naturales altoandinos, Manual Técnico N° 2, pp: 9–13, Lima – Perú.

BIBLIOGRAFÍA

Barredo, J., 1996, Sistema de Información Geográfica (SIG) y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio, Editorial Rama, pp: 7–12, Madrid – España,

Burgos, J., 2011, Aplicación a las ciencias agropecuarias forestales y ambientales, pp: 12–30, Diplomado Geomática CISTEL, Cochabamba – Bolivia,

Caballero, W., 1985, Introducción a la Estadística, Editorial Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura, San José – Costa Rica,

Chuvieco, E., 2007, Fundamentos de teleeducación espacial, Editorial Rialp S.A., Madrid – España,

Erdas Imagen geografica imagen made simple, 1997–2001, pp: 17–20, Field guide fourth edition, Revised and Expanded, USA,

Alzérreca, H., 1992, Producción y utilización de los pastizales de la zona andina de Bolivia, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), pp: 20–21, La Paz – Bolivia,

Gálvez, G., 2011, Procesamiento de imágenes: Aplicación de herramientas informáticas avanzadas, pp: 53 – 56, Oruro – Bolivia,

Herrera, A., 2000, La clasificación numérica y su aplicación en la ecología, Instituto Tecnológico de Santo Domingo, p: 47, Santo Domingo – Rep.Dominicana,

Meneses, R., Barrientos, E., 2003, Producción de forrajes y leguminosas en el altiplano Boliviano, Cochabamba – Bolivia,

Morales, D., 2011, Fundamentos del sistema de información geográfica y teledetección (SIG), Oruro – Bolivia,

Segura, M., 1977, Manejo forrajero, Informe final sobre forrajes, Proyecto Ingavi, La Paz – Bolivia,

Sanabria, J., 2002, Manual aplicaciones de teledetección, Ministerio de desarrollo sostenible y planificación, Proyecto BID ATR 929–SF–BO de Fortalecimiento Institucional al MDSP, pp: 23–26, La Paz – Bolivia,

Sabella, R.J., 1996, Guía general para la utilización del sistema de posicionamiento global por satélites (GPS) y su aplicación en trabajos de mapeo, Ediciones el país, pp: 1–3, Santa Cruz – Bolivia,

Vargas, R., 2012, Modulo I introducción a SIG, Aplicación a las ciencias agropecuarias forestal y ambientales, Cochabamba – Bolivia,

Vargas, R., 2011, Modulo II introducción a SIG, Aplicación a las ciencias agropecuarias forestal y ambientales, Cochabamba – Bolivia,

Tapia, M., 1971, Pastos naturales altiplano del Perú y Bolivia, Programa de investigación zona andina IICA, publicación Miscelánea, Lima – Perú,

Quisbert, T.H., 2002, Informe: mapeo y evaluación de praderas nativas utilizando un Sistema de Información Geográfico primera Sección, provincia Gualberto Villarroel, La Paz – Bolivia.

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