

## ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN DE UN HUMEDAL “MALLIN” LOCALIZADO EN UNA ZONA SEMIÁRIDA DE LA PROVINCIA DE NEUQUÉN (ARGENTINA)<sup>1</sup>

Alicia M. Campo<sup>\*,</sup>, Oscar Peña<sup>\*\*,</sup>, Ricardo Gandullo<sup>\*\*\*,</sup>, Rodrigo de la Cal<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Universidad Nacional del Sur – <sup>\*\*</sup>CONICET – <sup>\*\*\*</sup>Universidad Nacional del Comahue (Argentina)

### RESUMEN

Se analiza el comportamiento de la vegetación y los suelos en un humedal “*mallin*” mediante la utilización de técnicas de teledetección en una imagen Landsat TM y salidas al terreno. Se utilizaron Índices de Vegetación basados en la distancia y en la pendiente. Los resultados obtenidos en las clases delimitadas muestran que para las zonas más húmedas del *mallin* y de mayor cobertura vegetal, la correlación entre los dos tipos de índice es alta y pueden ser usados indistintamente. En el caso que la proporción de suelo desnudo aumente, la correlación disminuye y los mejores índices a aplicar son los basados en la distancia. Tal es el caso del PVI, PVII, WDWI. Los resultados de los censos de vegetación realizados en las salidas al terreno revelaron la alta degradación del lugar como consecuencia del sobrepastoreo ejercido durante más de un siglo en este ecosistema.

**Palabras clave:** índices, degradación, vegetación, imágenes

### ANALYSIS OF WETLAND VEGETATION “MALLIN” LOCATED IN A SEMIARID AREA OF NEUQUÉN PROVINCE (ARGENTINA)

### ABSTRACT

Vegetation and soil are analyzed in a wetland “*mallin*” through the use of remote sensing techniques in a Landsat TM image and field trips. For digital image processing were used vegetation indices based on distance and slope. The results show that the classes confined to wetter areas and greater prairie vegetation, the correlation between the two types of index is high and can be used interchangeably. In the case that the proportion of bare ground increases, the correlation decreases and the best rates to be applied are those based on distance. Such is the case of PVI, PVII, WDWI. The results of the vegetation samples made in the field trips showed high degradation of the place as a result of overgrazing pursued for over a century in this ecosystem.

**Keywords:** index, degradation, vegetation, images

Fecha de recepción: 8 de septiembre de 2010. Fecha de aceptación: 11 de octubre de 2011.

<sup>1</sup> El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación *Variación temporal y espacial de las comunidades vegetales en relación con los cambios de los estados del tiempo y las modificaciones antropogénicas en humedales “mallines” del centro Oeste de la provincia de Neuquén*. Universidad Nacional del Comahue. Neuquén. Argentina Directora: Dra. Alicia M. Campo. 12 de Octubre y San Juan, (8000) Bahía Blanca. amcampo@uns.edu.ar; Co-Director: MGs Oscar Peña, Aconcagua 749, Neuquén. oscepa@yahoo.com.ar; rgandullo@yahoo.com.ar; Rodrigo\_delacal@hotmail.com.

## 1. INTRODUCCIÓN

La palabra *mallín* significa en lengua mapuche tierra pantanosa, bañado o estero (Eri-zé, 1960). Al igual que las turberas, son formaciones netamente diferenciadas de las áreas circundantes por su tipo de suelo altamente orgánico, en cuencas de alto contenido hídrico y flora característica. En la Patagonia Argentina estos ecosistemas naturales son de gran importancia por presentar una vegetación de alto valor forrajero para la ganadería extensiva. La producción de los mismos puede llegar a ser entre 20 a 30 veces superior que la estepa circundante (Bonvissuto y Somlo, 1997) obedeciendo al estado del *mallín*. Su presencia depende básicamente de las formaciones geológicas aledañas y de la existencia de estratos impermeables que retardan el drenaje en los fondos de los valles (Fiorio, 1997).

El origen del aporte del agua es superficial y subterráneo. El primero proviene de las precipitaciones níveas y lluvias (Nakamatsu, 1998) y es de ocurrencia otoño-invierno -primavera temprana, que determina un exceso de agua cuando la vegetación está en receso. La recarga subterránea se origina por el aporte de agua freática con una amplitud mayor en su movimiento en el sector más próximo al cauce.

Dentro de un *mallín* se distinguen normalmente tres zonas que pueden aparecer como perímetros irregulares relacionadas con su microtopografía (Gandullo y Faggi, 2005). La zona central, la de menor nivel topográfico, es la más húmeda e inundable y tiene características hidromórficas. Predomina una vegetación con especies hidrófitas. Por lo general, en esta zona siempre se encuentra un cauce que actúa como drenaje del agua y su profundidad está en relación proporcional con el estado de conservación de la cuenca. La zona intermedia, en un nivel topográfico más elevado posee la capa freática por debajo de la superficie la mayor parte del año, es la de mayor producción forrajera, con predominio de gramíneas y leguminosas. La última es la zona periférica que se encuentra influenciada por especies del género *Stipa* y *Festuca* (coirones) que constituye un sitio de equilibrio muy frágil (Fiorio, 1997). El ganado tiene una alta preferencia por el pastizal que se desarrolla en el *mallín*.

Estos ambientes desde tiempos históricos, han sido utilizados para pastoreo de ganado y representan los lugares más propicios para esta actividad en la Patagonia Argentina. Esto les ha ocasionado, en la mayoría de los casos, intensos procesos de degradación de la vegetación y los suelos. Existen en Patagonia, numerosos mallines en diferentes estados de degradación, este fenómeno ocurre fundamentalmente por dos procesos, uno es el deterioro directo de los mallines por sobrepastoreo y el otro es el deterioro indirecto que surge a partir de la previa degradación de las áreas circundantes que son la fuente de agua y recursos que les da origen a los mallines.

Entre los procesos debido al sobrepastoreo se encuentra la pérdida de cobertura vegetal en áreas de *mallín* lo que intensifica la evaporación directa del agua del suelo muy superior en suelos desnudos que en suelos cubiertos por vegetación al modificar el balance hidrológico del suelo. En estos ambientes, donde a poca profundidad el suelo se encuentra saturado en agua, ese aumento en la evaporación produce el ascenso del agua por capilaridad, acarreado con ella, sales disueltas que se acumulan en la superficie. Este aumento en la concentración de sales genera un ambiente tóxico para las plantas de mallines dulces, perdiendo capacidad forrajera ya que invaden plantas tolerantes a la salinidad como el pasto salado.

El *mallín* objeto de estudio se localiza dentro del Parque Nacional Laguna Blanca en el centro de la provincia de Neuquén. Está situado a los 39° 01' latitud Sur y 70° 25' longitud Oeste y tiene una superficie de unas 300 ha. Se ubica al Norte de la Laguna Blanca siguiendo el curso del arroyo Llano Blanco a una cota aproximada de 1.300 msnm (Fig. 1).

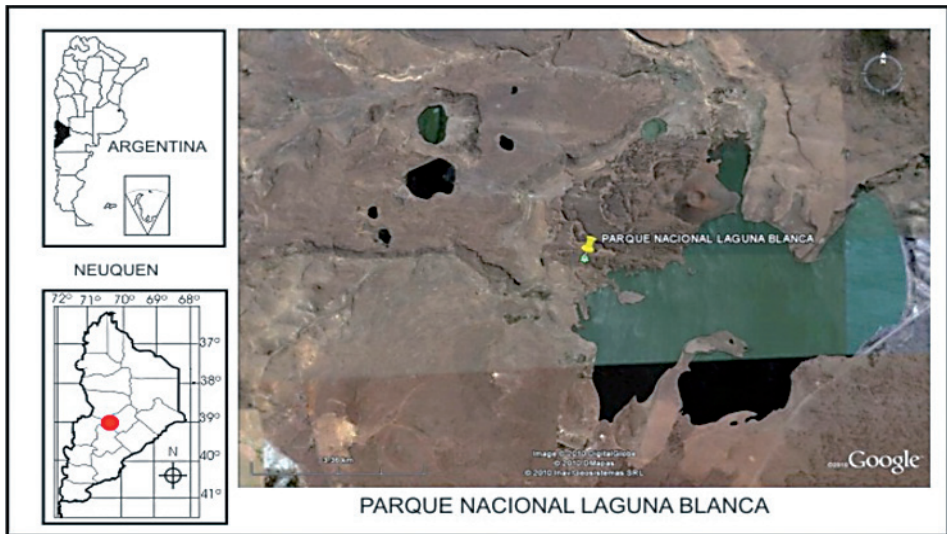


FIGURA 1. Área de estudio. *Mallín* en el Parque Nacional Laguna Blanca. Neuquén.

Por lo expuesto, se plantea como objetivo general analizar la vegetación del *mallín* localizado en el Parque Nacional Laguna Blanca, Neuquén, mediante la aplicación de técnicas en teledetección (Índices de Vegetación). Se evaluará el grado de eficacia de los índices de vegetación basados en la distancia en comparación con los basados en la pendiente para la discriminación de las comunidades vegetales del “*mallín*”. Un objetivo específico para este estudio es describir las distintas comunidades vegetales del *mallín* y su actual funcionamiento en relación con el uso que de él se hace.

## 2. MÉTODOS Y MATERIALES

La secuencia metodológica adaptada en este estudio comprende los siguientes pasos:

- 1) Caracterización biofísica y socioeconómica del área de estudio.
- 2) El análisis de información satelital incluye el realce de la imagen Landsat 232-087 de diciembre de 2008, delimitación de la escena de interés, corrección geométrica y clasificación no supervisada de la escena de diciembre de 2009.
- 3) Los pasos 1 y 2 son completados con salidas al terreno donde se realizan censos de vegetación (ubicación de cada censo con GPS) y corroboración de las clases de la imagen.
- 4) El análisis de la información obtenida conlleva la construcción de una base de datos

con la información obtenida en el terreno y los ND de cada uno de los puntos de acuerdo con los Índices de Vegetación aplicados. Se procede a la reclasificación de la imagen del PVI.

- 5) Análisis de las clases del *mallín*: se procede al análisis del comportamiento de los Índices de Vegetación aplicados de acuerdo con las clases discriminadas.

La caracterización y descripción de las comunidades se realizó sobre la base 30 observaciones en el campo y 32 censos de vegetación, de acuerdo con la metodología de la escuela fitosociológica de Zurich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1979) en áreas fisonómica, florística y ecológicamente homogéneas, durante el ciclo primavera-estival 2009 – 2010. Los inventarios se realizaron en superficies superiores al área mínima (Knapp, 1984) de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10) sobre transectas comprendidas entre los niveles de máximo y mínimo hidromorfismo. En cada parcela de muestreo se confeccionó una lista de las especies presentes y luego se estimó su abundancia mediante la cobertura de los individuos de cada una, expresándola en porcentaje.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Parque Nacional Laguna Blanca fue creado en 1940 con el objeto de proteger uno de los lugares más importantes de nidificación del cisne cuello negro (*Cygnus melanocoryphus*) y ya desde antes de su creación existían en el lugar crianceros<sup>2</sup> dedicados a la cría de ganado ovino, caprino y yeguarizo. Actualmente hay 7 crianceros que poseen en promedio unos 200 animales cada uno que realizan la veranada e invernada en el mismo lugar. El mal manejo de la majada junto con la rigurosidad del clima explicaría el actual estado de este ecosistema.

Como fue observado por Raffaele (1999) en mallines del Parque Nacional Nahuel Huapi el sobrepastoreo es el mayor disturbio antrópico sobre los mallines de estepa, altera la dinámica del agua en el perfil del suelo y ocasiona grandes cambios de estado. La disminución de la cobertura vegetal, por pastoreo continuo, induce una mayor tasa evaporativa sobre el suelo desnudo y crea condiciones para la erosión y aumento en la concentración de sales. En el Parque Nacional Laguna Blanca el pastoreo y pisoteo de los animales con agua o alta humedad por tiempo prolongado ha generado la pérdida paulatina de vegetación, lo que posibilitó el inicio del proceso de erosión hídrica y eólica con su profundización y la aparición de cárcavas en sentido de la pendiente que actualmente sigue actuando.

Las características climáticas están dominadas por la circulación atmosférica vinculada con el anticiclón del Pacífico Sur. Las masas de aire ascienden las laderas sobre el sector occidental de la cordillera de los Andes, dejan su humedad a barlovento del lado chileno y en una angosta franja en el sector Sur Occidental de la provincia de Neuquén. Luego de pasar la cordillera de los Andes éstas se enfrentan a la Sierra de Catan Lil con alturas que llegan a los de 2.600 msnm, dejando allí prácticamente el resto de su humedad.

---

<sup>2</sup> En el noroeste de la Patagonia argentina se denominan crianceros a los productores familiares –campesinos que desarrollan una forma productiva ganadera particular caracterizada por la trashumancia (Bendini et al., 2005).

Ya en la zona de estudio las precipitaciones han disminuido considerablemente alcanzando los 200-50 mm anuales concentradas en los meses invernales.

En el parque nacional se encuentra una estación meteorológica que suministra registros desde 2005. El análisis de la información arrojó que la temperatura media anual es de aproximadamente 9 °C (temperatura media en enero: 16 °C y julio: 1,7 °C). Los vientos, tanto en frecuencia como en velocidad, son elevadas durante todo el año.

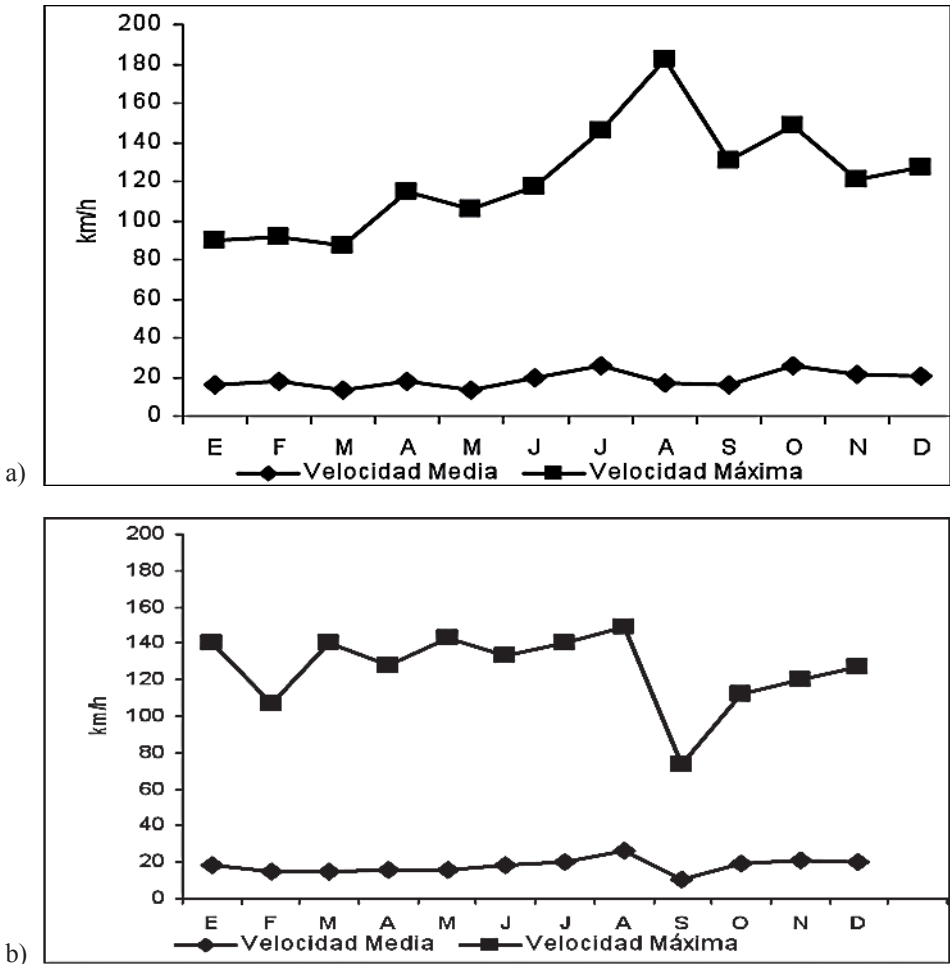


FIGURA 2. Velocidad media y máxima del viento en Parque Nacional Laguna Blanca. Período 2007 – 08 (a) y período 2008 – 09 (b).

En la figura 2 se graficaron la velocidad del viento durante los meses del periodo 2007-2008 (a) y 2008-2009 (b) donde se observa que los valores medios no varían sustancialmente, sin embargo se presentan variaciones muy significativas a fines de invierno

y principio de primavera especialmente en lo que a velocidades máximas se refiere. Por otra parte, para el período 2007-08 la dirección dominante del viento fue del sector Norte para todos los meses del año, excepto diciembre en tanto que para 2008-09 la componente dominante fue del Oeste en la variación de los cuadrantes Noroeste y Suroeste.

La evapotranspiración potencial calculada por el método de Thornthwaite y Mather es de aproximadamente 600 mm anuales existiendo déficit de agua durante casi todo el año, excepto en los meses invernales en los que se registra una pequeña recarga de agua en el suelo. Si a las escasas precipitaciones se le suma el efecto desecante de los fuertes vientos y la falta de humedad en el ambiente, la evapotranspiración se eleva considerablemente, con la incidencia en los procesos erosivos y de salinización de amplias zonas del área de estudio.

El análisis de imágenes de satélite proporciona la distribución espacial y temporal de variables, que son claves para entender el funcionamiento del ecosistema. Estas variables son la temperatura de superficie, la radiación interceptada por la vegetación, el contenido de clorofila o de agua en las hojas o el índice de área foliar (Chuvieco, 1996). En las imágenes Landsat TM las bandas espectrales de mayor aplicación corresponden a la del verde, rojo, infrarrojo cercano e infrarrojo medio. La razón de la utilización de la información de estas bandas, se encuentra en la respuesta espectral que tiene el complejo suelo, agua y vegetación. Es en estos rangos donde estos elementos se pueden diferenciar y estudiar sus comportamientos (Gilbert, 1997). Dentro de las técnicas en teledetección existen Índices de Vegetación que se utilizan para discriminar la cobertura vegetal que son combinaciones aritméticas aplicadas a las bandas del rojo e infrarrojo cercano del espectro. Jackson (1983) clasifica los índices en dos grupos: índices basados en la pendiente (slope) y aquellos basados en la distancia que utilizan la banda roja e infrarrojo cercano.

Los índices basados en la pendiente son combinaciones aritméticas simples que se concentran en el contraste entre los patrones de respuesta espectral de la vegetación en las porciones roja e infrarroja cercana del espectro electromagnético. Se denominan así porque cualquier valor particular del índice se puede producir por medio de un grupo de valores de reflectancia roja/infrarroja cercana que forman una línea que surge del origen de un esquema biespectral. Se pueden distinguir niveles diferentes del índice al producir un espectro de dichas líneas que difieren en su pendiente. Entre los índices basados en la pendiente se encuentran el NDVI, RATIO, TVI, CTVI, TTVI, RVI, NRVI. El NDVI es el índice de vegetación más usado en este tipo de estudios (Paz Rodríguez et al., 1999; Sánchez Rodríguez et al., 2000; Eastman, 2003).

En contraste con el grupo basado en la pendiente, el grupo basado en la distancia mide el grado de vegetación presente al determinar la diferencia entre la reflectancia de cualquier pixel y la reflectancia del suelo desnudo. Un concepto clave aquí es que un esquema de las posiciones de los pixeles del suelo desnudo de niveles de humedad variables en un esquema biespectral tiende a formar una línea conocida como línea del suelo (soil line). Mientras la cobertura de la capa de vegetación aumenta, este suelo de fondo se volverá cada vez más oscuro y los pixeles de vegetación muestran una tendencia a una distancia perpendicular en aumento hacia esta línea del suelo. Todos los miembros de este grupo (como el Índice de Vegetación Perpendicular – PVI), PVI1, PVI2, DVI, AVI, TSAVI1, TSAVI2, TSAVI3, MSAVI1, MSAVI2, WdVI, requieren que la pendiente y la ordenada al origen

(intercept) de la línea del suelo estén definidas para la imagen correspondiente al análisis. Como consecuencia de ello, se ha prestado un interés especial a la utilización de estos últimos en la evaluación de la biomasa verde en un ambiente con características semiáridas donde el fondo del suelo se torna un componente significativo de la señal detectada.

De acuerdo con la metodología propuesta se realiza en primer lugar la clasificación no supervisada de la subescena de la imagen Landsat 232/087 de la zona de estudio en la que se obtuvieron tres grandes clases dentro del mallín. Esta imagen no supervisada fue re-clasificada posteriormente en función de la información de 32 censos de vegetación y 30 observaciones de las que se obtuvieron las coordenadas y características de la vegetación de las distintas zonas del mallín utilizando el índice de vegetación que mejor discriminó las zonas entre sí tal es el PVI. De esta manera se obtuvieron cuatro clases.

La figura 3 muestra las firmas espectrales obtenidas utilizando índices basados en la pendiente e índices basados en la distancia. Se puede observar que el índice que mejor discrimina entre clases es el PVI (un índice basado en la distancia) en relación con el NDVI (índice basado en la pendiente).

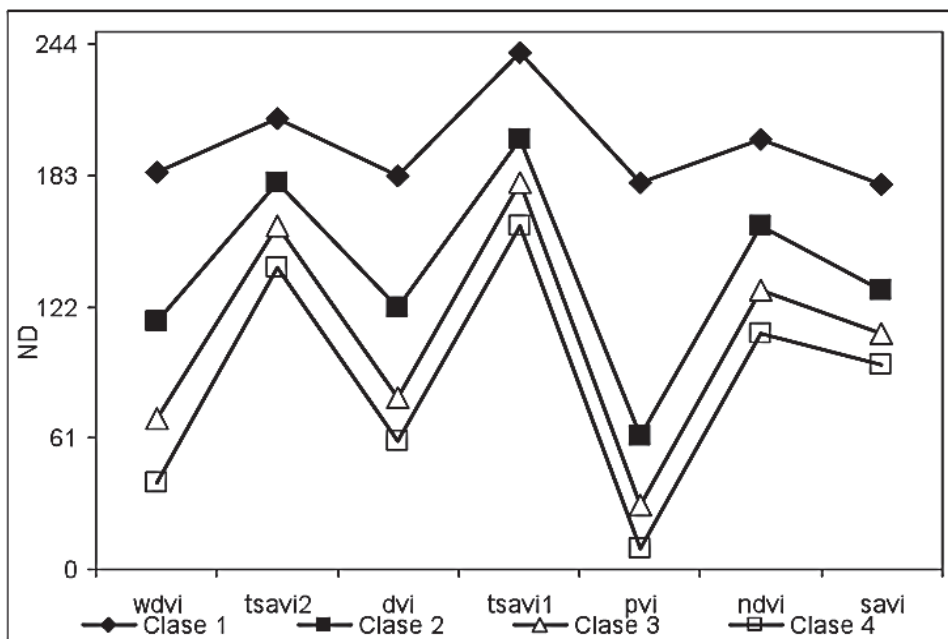


FIGURA 3. Firmas espectrales (ND) según clases utilizando distintos índices de vegetación. Clase 1: Junco; Clase 2: Zona degradada; Clase 3: Estepa; Clase 4: Suelo desnudo.

#### *Análisis de la clasificación*

**Clase 1:** Con una superficie de 38 ha aproximadamente, la vegetación característica de la clase 1 está representada por la comunidad de *Juncus lesueurii*, quien usufructúa el agua de la capa freática (Peña *et al.*, 2008) y que se desarrolla en los sectores marginales del



*mallín*, al pie de las mesetas basálticas, sobre un extenso abanico aluvial desarrollado en el flanco occidental y los sectores terminales del abanico y los bordes de la planicie aluvial. El aporte de agua proviene de la recarga lateral de las mesetas basálticas que rodean al mismo y en segundo lugar por precipitaciones locales en forma líquida y sólida.

Las características mencionadas precedentemente permiten el desarrollo de una composición florística dominada por ciperáceas, juncáceas, gramíneas y otras herbáceas de cobertura variable, de acuerdo con la disponibilidad de humedad en forma temporaria y/o permanente, constituyendo el típico paisaje del *mallín* (Gandullo y Faggi, 2005). Fisonómicamente son praderas entre 90 – 100 % de cobertura, formadas mayoritariamente por plantas perennes de pequeño tamaño dominadas en su estrato inferior y con una altura no mayor a 40 cm para el estrato superior. En este momento, son las áreas que soportan la mayor presión de pastoreo al poseer la mejor oferta forrajera. Las especies más conspicuas son: *Eleocharis albibracteata*, *Juncus lesueurii*, *J. depauperatus*, *J. stipulatus var stipulatus*, *Carex sp.*, *Pratia repens*, *Poa pratensis*, *Festuca scabriuscula* entre otras herbáceas, gramíneas y graminoides.

Se observa que actualmente la comunidad vegetal de la presente clase sólo se mantiene por las descargas laterales y precipitaciones locales. Durante la época estival la menor humedad del suelo da lugar a una leve salinización que permite la colonización de otros taxas florísticos secundarios de la comunidad vegetal indicadores de salinidad como: *D. scoparia*, *Boopis gracilis*, y *Muhlenbergia asperifolia* y la invasión de elementos exóticos pratenses como: *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, *Taraxacum officinale* entre otras dependiente del grado de hidrohalomorfismo de cada sector. La presencia de *Azorella trifurcada* es indicadora del sobrepastoreo que manifiesta el lugar.

La fotografía 1 muestra el abanico aluvial cubierto principalmente por vegetación de juncáceas. En la fotografía 2 se observa la clausura realizada en este sector para determinar la producción de materia seca al año. En la tabla 1 se observa la correlación entre el NDVI e índices de vegetación



FOTOGRAFÍA 1: Clase 1- Zona de Juncus



FOTOGRAFÍA 2: Corte de vegetación en clausura



basados tanto en la pendiente (AVI, RVI, TVI, CTVI, TTVI) como en la distancia (SAVI, PVI1, PVI2, TSAVI1, TSAVI2, WDSVI). Todos los índices manifiestan una alta correlación como consecuencia que esta clase tiene una importante cobertura vegetal, aunque en el PVI disminuye considerablemente.

TABLA 1. Correlación entre el NDVI e índices de vegetación basados en la distancia y en la pendiente

2010 CLASE 1 ZONA DE JUNCO											
NDVI	PVI	0,884418	NDVI	TVI	0,898866	NDVI	AVI	0,940433	NDVI	TSAVI1	0,919982
NDVI	SAVI	0,982177	NDVI	CTVI	0,985613	NDVI	PVI2	0,959764	NDVI	TSAVI2	0,940339
NDVI	PVI1	0,940433	NDVI	TTVI	0,964801	NDVI	RVI	0,952367	NDVI	WDVI	0,937556

La figura 4 es la imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI muestra escaso porcentaje de variación lo que implica que cualquiera de estos índices puede ser usado con este tipo de cubierta vegetal.

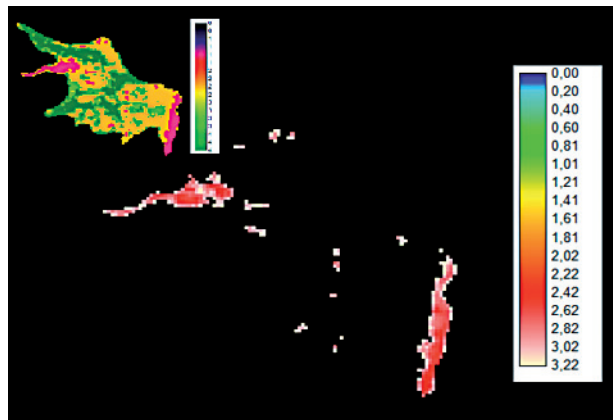


FIGURA 4: Imagen de porcentaje, diferencia entra el PVI y el NDVI para la clase 1.

**Clase 2:** La clase posee una superficie de 169 ha y se presenta sobre la planicie aluvial, bordeando la clase 1 y sobre amplios sectores degradados, con claras evidencias de erosión hídrica y eólica de leve a moderada. Es notable la disminución de la altura de la vegetación y gran pobreza de la composición florística forrajera, lo cual sugiere un exceso de pastoreo y pisoteo. El paisaje muestra un relieve irregular, producto de la aparición de elevada densidad de surcos y algunas cárcavas incipientes y algunas de importante extensión areal y que llegan a tener 50 m de largo y 2 m de profundidad. Las cárcavas por lo general se distribuyen en forma de rosario, constituyendo lagunas temporarias durante el invierno, permaneciendo secas en el verano o épocas de sequía. En esta clase el perfil del suelo se encuentra más seco que en la zona anterior, ya que el alcance de la recarga lateral no se

evidencia, motivo por el cual las condiciones de salinidad aumentan (Peña *et al.*, 2009).

Al mismo tiempo el intenso pastoreo ha transformado a esta zona, antiguamente correspondiente a la clase 1, de buena calidad forrajera, en una comunidad de especies poco palatables por la falta de agua para el lavado de sales del sistema. Esto condujo al desplazamiento y reemplazo de la comunidad hidrófita original por una más mesófita y halófita, con abundancia y dominancia de *D. scoparia*, *D. spicata*, *Boopis gracilis*, y *Muhlenbergia asperifolia*, tolerantes a la salinidad. Se destaca la abundancia de cojines de *Azorella trifurcata*, sumamente adosados al suelo y sin sobresalir del mismo, indicadores de sobrepastoreo. La tabla 2 muestra el aumento de las diferencias de correlación entre el NDVI y los basados en la distancia consecuencia de que el NDVI no es un índice apropiado para utilizar por el aumento de suelo desnudo y por disminución de la cobertura vegetal a comparación de la clase 1.

TABLA 2. Correlación entre el NDVI e índices de vegetación basados en la distancia y en la pendiente

2010 CLASE 2 ZONA DEGRADADA											
NDVI	SAVI	0,972911	NDVI	TVI	0,888289	NDVI	AVI	0,928059	NDVI	TSAVI1	0,924104
NDVI	PVI	0,795919	NDVI	CTVI	0,937378	NDVI	PVI2	0,853116	NDVI	TSAVI2	0,947331
NDVI	PVI1	0,928059	NDVI	TTVI	0,961177	NDVI	RVI	0,935535	NDVI	WDVI	0,919787

La figura 5 muestra la imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI para la clase 2 correspondiente al área de zona degradada.

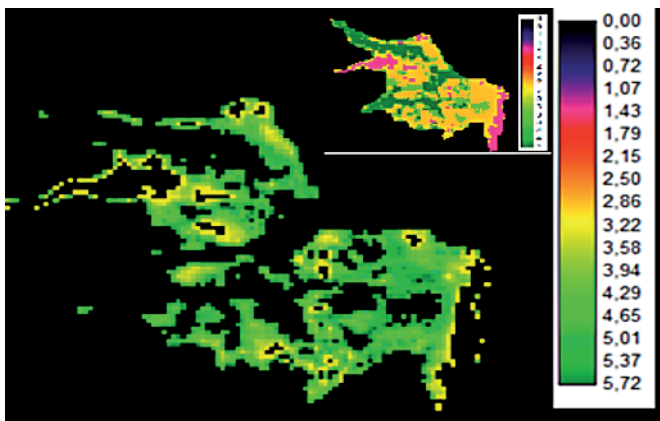


FIGURA 5: Imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI en la clase 2

**Clase 3:** Representa 63 ha del *mallín* y corresponde a la estepa arbustiva que lo rodea por encima de los 1.300 msnm. Las especies dominantes de la comunidad clímax son *Senecio bracteolatus*, *Nassauvia glomerulosa*, *Haplopappus pectinatus* y *Mulinum*

*spinosum*, especie que posee una gran tolerancia a la humedad y puede avanzar sobre suelos alterados (Peña *et al.*, 2008). Esta comunidad vegetal bajo el efecto de una sequía prolongada y sobrepastoreo continuo colonizó los ambientes gravemente perturbados por la degradación hídrica y eólica de la clase 2. Esto provoca un fuerte impacto en la biodiversidad, calidad del recurso y cambio fisonómico con el aumento de arbustos (estepa arbustiva) en distintos sectores del *mallín*.

La comunidad de *Mulinum spinosum* más *Nassauvia glomerulosa* coloniza las márgenes del arroyo Llano Blanco, bordes de cárcavas y acumulaciones eólicas. Sobre estos sectores se presentan importantes variaciones en la abundancia-dominancia de las especies que la componen, lo que permite diferenciar fasciaciones. Sobre las acumulaciones de arena la fasciación de *Nassauvia glomerulosa* domina en forma casi pura. Por otra parte en las márgenes del arroyo y el borde de las cárcavas, la fasciación de *Mulinum spinosum* acompañado por *Senecio bracteolatus* y *Stipa speciosa* var. *parva* es más notable. El coeficiente de correlación de esta clase entre el NDVI y los demás índices manifiesta una marcada disminución consecuencia del aumento de suelo desnudo y presencia de vegetación de menor vigor (Tabla 3).

TABLA 3. Correlación entre el NDVI e índices de vegetación basados en la distancia y en la pendiente en la clase 3

2010 CLASE 3 ZONA DE ESTEPA											
DVI	SAVI	0,982777	NDVI	TVI	0,974524	NDVI	DVI	0,937619	NDVI	TSAVI1	0,985158
NDVI	PVI	0,566849	NDVI	CTVI	0,985724	NDVI	PVI2	0,711761	NDVI	TSAVI2	0,990126
NDVI	PVI1	0,937619	NDVI	TTVI	0,991028	NDVI	RVI	0,722796	NDVI	WDVI	0,933983

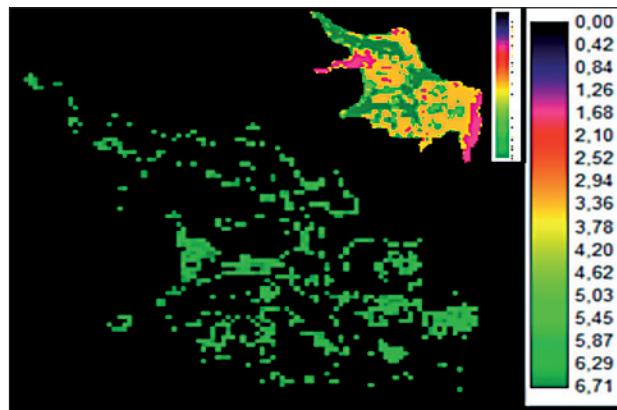


FIGURA 6. Imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI en la clase 3.

La figura 6 muestra la imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI para la clase 3 correspondiente al área de zona de estepa.

**Clase 4:** La cuarta clase observada en el terreno y que ocupa unas 92 ha es de origen natural y antropogénico. La primera situación comprende la planicie de inundación, el delta del arroyo del Llano Blanco y playa de la Laguna Blanca. La zona está caracterizada por fases alternadas de inundación y sequía de duración variable. La fase seca permite la colonización de *Quenopodium parodii* y *Aster patagonicus* que se desarrollan hasta el inicio de la fase de inundación.

La segunda situación se encuentra en las zonas más erosionadas de la planicie aluvial, donde la porción superficial del suelo ha desaparecido quedando al descubierto el material originario del mismo (horizonte C). Esto sólo permite la presencia de escasas especies anuales.

Las diferencias de correlación entre los índices basados en la pendiente y los basados en la distancia se hacen más evidentes en esta clase y también la imagen porcentaje diferencia en el PVI y el NDVI. Los valores obtenidos, a igual que en las clases anteriores, se observa en la tabla 4 y figura 7.

TABLA 4. Correlación entre el NDVI e índices de vegetación basados en la distancia y en la pendiente

2010 CLASE 4 SUELO DESNUDO											
NDVI	SAVI	0,957913	NDVI	TVI	0,945998	NDVI	DVI	0,916814	NDVI	TSAVI1	0,971197
NDVI	PVI	0,242594	NDVI	CTVI	0,970691	NDVI	PVI2	0,566266	NDVI	TSAVI2	0,983698
NDVI	PVII	0,916814	NDVI	TTVI	0,988429	NDVI	RVI	0,541605	NDVI	WDVI	0,792208

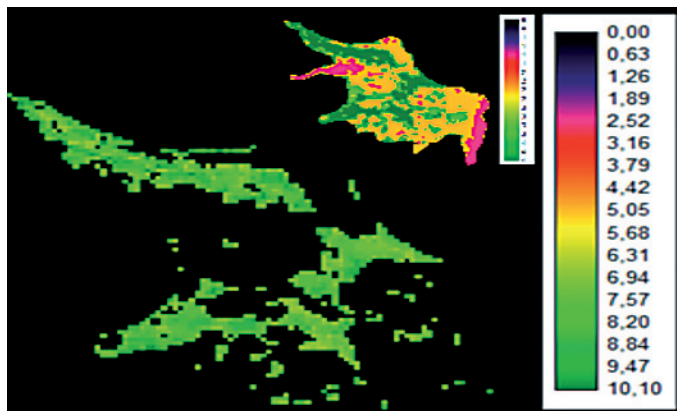


FIGURA 7. Imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI en la clase 4

#### 4. CONCLUSIONES

En la zona con alta cobertura vegetal (clase 1), tanto los índices basados en la pendiente como los basados en la distancia manifiestan un comportamiento bastante similar y se

puede aplicar indistintamente en estos ecosistemas,

En zonas con escasa cobertura vegetal los mejores resultados en la discriminación de clases se obtienen con los índices de vegetación basados en la distancia como el PVI, PVI2, WdVI.

Existe en el *mallín* un deterioro progresivo de la vegetación y el suelo por la pérdida de especies palatables, consecuencia del sobrepastoreo y la rigurosidad del clima. De no tomarse medidas de manejo del *mallín* el proceso de degradación continuará en el tiempo con el recambio de especies hidrófilas y mesófilas a xerófitas llegando incluso a la desaparición de la vegetación del mismo.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a CONAE (Comisión de Actividades Espaciales de Argentina) por las imágenes satelitales Landsat TM 232-087, diciembre 2008 – diciembre 2009 cedidas para esta publicación.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENDINI, M., TSAKOUMAGKOS, P. y NOGUES, C. (2005): “Los crianceros trashumantes en Neuquén”. En: Mónica Bendini y Carlos Alemany (Compiladores) *Crianceros y chacareros en la Patagonia*. Cuaderno GESA 5 – INTA – NCRCRD. Editorial La Colmena, Buenos Aires. 23-40.
- BLESKOW, A. *et al.* (1990): *Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la Provincia del Chubut*. Puerto Madryn. 140 pp.
- BONVISSUTO G. y SOMLO R. (1997): *Guías para la condición para los mallines de cordillera, sierras y mesetas*. INTA-EEA. Bariloche. 26 pp.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1979): *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume Ediciones, Madrid.
- CABRERA, A. L. (1979): “Regiones Fitogeográficas Argentinas”. En: *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería*. Tomo II. Ed. ACME. 2º ed. Bs. As. 85 pp.
- CHUVIECO, E. (1996): *Fundamentos de Teledetección espacial*. Ed. Rialp. Madrid
- EASTMAN, R. (2003): IDRISI Kilimanjaro *Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes*. Clark Labs. Clark University
- ERIZÉ, E. (1960): *Diccionario comentado Mapuche-Español*. Cuadernos del Sur. Instituto de Humanidades. Universidad Nacional del Sur.
- FIORIO, D. (1997): “Manejo del agua en mallines”. *Presencia*. XI. 41. Bs. As, 19-23.
- GANDULLO, R. y SCHMID, P. (2001): “Análisis ecológico de mallines del parque provincial Copahue, Neuquén, Argentina”. *Agro sur*, jul., Vol. 29, No. 2, 83-99.
- GANDULLO, R y FAGGI, A. (2005): “Interpretación sintaxonómica de los humedales del noroeste de la provincia de Neuquén, Argentina”. *Darwiniana*, 43 (1-4): 10-29.
- GILBERT, M. (1990): “A simple geometrical model for analysing the spectral response of a citrus canopy using satellite images”. *Int. J. Remote Sensing*.
- HORNE, F. *et al.* (1998): *Recursos hídricos y mallines patagónicos*. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCo. Cinco Saltos. 67 pp.

- JACKSON, R. D. (1983): "Spectral Indices in *n*-Space", *Remote Sensing and the Environment*.
- LEANZA H. (1985): *Hoja 36b Cerro Chachil*. Servicio Geológico Nacional argentino. Inédito. 53 pp.
- NAKAMATSU, V. (1998): *Mallines, valles y áreas ribereñas*. Consultoría DHV-SCC.
- PAZ RODRÍGUEZ, J., LÓPEZ CEDRÓN, F., y SAU, F. (1999): "Comparación de diferentes índices de vegetación para estimar parámetros ecofisiológicos: fracción de radiación interceptada e índice de área foliar", *Teledetección: avances y aplicaciones. VIII Congreso Nacional de Teledetección*. Albacete, España. 47-50.
- PEÑA, O; OSTERGAG, G; GANDULLO, R. y CAMPO, A. M. (2008): "Comportamiento de la vegetación de un humedal (mallín) entre períodos húmedos y secos mediante análisis hidrológico y espectral". Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, *Investigaciones geográficas*, nº 45, 229-249.
- PEÑA, O., GANDULLO, R y CAMPO, A. M. (2009): "Comportamiento decádico de la vegetación en un mallín norpatagónico". *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*. 97-105.
- RAFFAELE, E. (1999). "Mallines: Aspectos Generales y Problemas Particulares". En: A. I. Malvarez (Ed.) *Tópicos sobre humedales subtropicales y Templados de Sudamérica*. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Programa MAB. Montevideo, 27-33.
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, E., TORRES CRESPO, M., FERNÁNDEZ PALACIOS CARMONA, A., AGUILAR ALBA, M., PINO SERRATO, I. y GRANADO RUIZ, L. (2000). "Comparación del NDVI con el PVI y el SAVI como Indicadores para la Asignación de Modelos de Combustible para la Estimación del Riesgo de Incendios en Andalucía". *Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible*, Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. 164-174.