

ANALISIS DE LA VEGETACIÓN DE UN HUMEDAL "MALLIN" LOCALIZADO EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA BLANCA (PCIA.NEUQUEN) MEDIANTE EL EMPLEO DE LA TELEDETECCION Y SALIDAS AL TERRENO ✓

ANALYSIS OF THE VEGETATION OF A HUMEDAL "MALLIN" LOCATED IN THE PARK NATIONAL WHITE LAGOON (PCIA.NEUQUEN) BY MEANS OF THE EMPLOYMENT OF THE TELEDETECCION AND EXITS TO THE LAND

MGs Peña Oscar, Prof. Adjunto UNCo, Ing. Ricardo, Prof. Adjunto UNCo, Tec. Rodrigo de la Cal., Ay. primera UNCo, Dr. Campo Alicia, Prof. Asociada UNS

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 (de diciembre del 2009) y salidas al terreno. El mallín, localizado en una zona semiárida de la provincia de Neuquén, está dedicado desde hace más de un siglo a la ganadería extensiva.

Para el procesamiento digital de la imagen se utilizan 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 mallín y de mayor cobertura vegetal, la correlación entre los dos tipos de índices es alta y pueden ser usados indistintamente. Cuando la proporción de suelo desnudo aumenta, la correlación entre los dos tipos de índices disminuye y los mejores resultados se obtienen al aplicar los índices basados en la distancia. Tal los derivados el PVI (Índice de Vegetación Perpendicular) y su derivado PVI 2 y el WdVI.

El estado del mallin revela la alta correlación entre uso y degradación en amplios sectores del mismo como consecuencia del sobrepastoreo ejercido durante más de un siglo en este ecosistema. Esto muestra la necesidad de realizar un manejo efectivo del mismo a fin de no llegar a su desertificación completa.

Palabras claves: teledetección, uso y manejo, vegetación, índices

INTRODUCCION

La palabra mallín significa en lengua mapuche tierra pantanosa, bañado o estero (Erizé, 1930). 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 superior a 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 que actúan sobre relieves normales a ligeramente cóncavos originando los cauces de escurrimiento superficiales (Nakamatsu, 1998). La recarga superficial 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 del mallín se distinguen normalmente tres zonas que pueden aparecer como perímetros irregulares relacionadas con su microtopografía (Gandullo, 2005). La zona

✓ Este trabajo es parte 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 2 Parte. subsidiado por la Secretaría de Investigación de la Universidad Nacional del Comahue.

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 nace, crece y 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 con 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.

PERCEPCION REMOTA EN ESTUDIOS DE VEGETACION

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 (Chuvienco 1996: 330). En las imágenes Landsat TM, la banda 3, localizada en la porción visible del espectro electromagnético (entre los 0,63 y 0,69 micrómetros) sufre una gran influencia por la absorción de los pigmentos de las hojas. Así las unidades con vegetación verde vigorosa que cubren el suelo, tienen una respuesta baja en esta banda. La banda 4, región del infrarrojo cercano (entre 0,76 y 0,90 micrómetros) está influenciada por la estructura celular interna de la hoja, específicamente por la estructura del mesófilo y por la absorción de agua. Por lo que las áreas con gran cobertura vegetal tendrán una respuesta espectral mayor. La reflectividad de la banda 5 y 7, localizada en el infrarrojo medio depende del contenido de agua almacenada por los componentes de la vegetación y del suelo. Por lo que a mayor contenido de agua, menor es la respuesta espectral (Chuvienco 2002: 334).

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 (Gilabert, 1997: 7). 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 y Huete (1991) clasifican 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. El módulo Vegindex de **Idrisi Kilimanjaro** ofrece una serie de índices basados en la pendiente y la distancia.

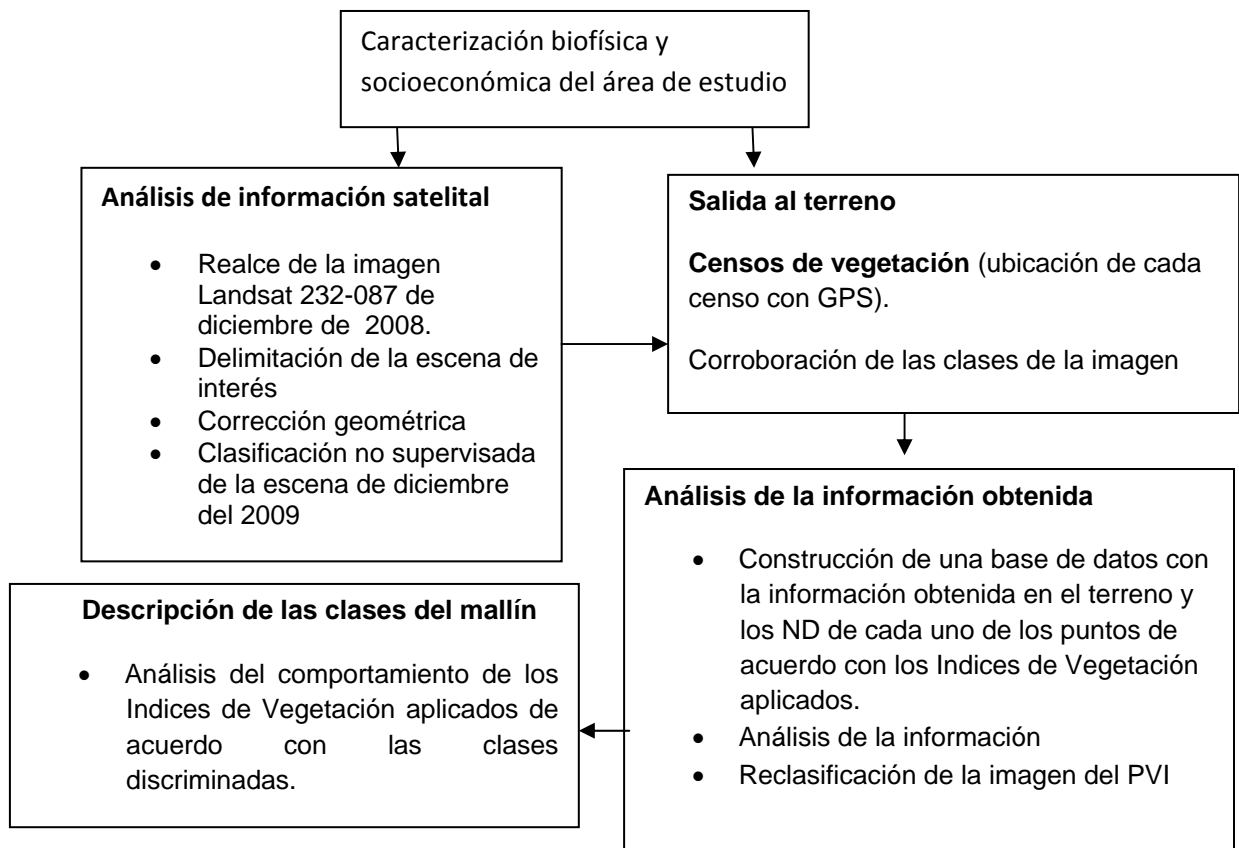
Los índices basados en la pendiente son combinaciones aritméticas simples que se concentran en el contraste entre los patrones de respuesta espectral de la vegetación en las

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. (Eastman R. 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, WDV, 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.

Por lo expuesto, se plantea como objetivo general de este trabajo evaluar el grado de eficacia de los índices basados en la distancia en comparación con los basados en la pendiente para la discriminación de comunidades vegetales en un humedal “mallín” localizado en una zona semiárida de la provincia de Neuquén. 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.

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



La caracterización y descripción de las comunidades vegetales 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 m² (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.

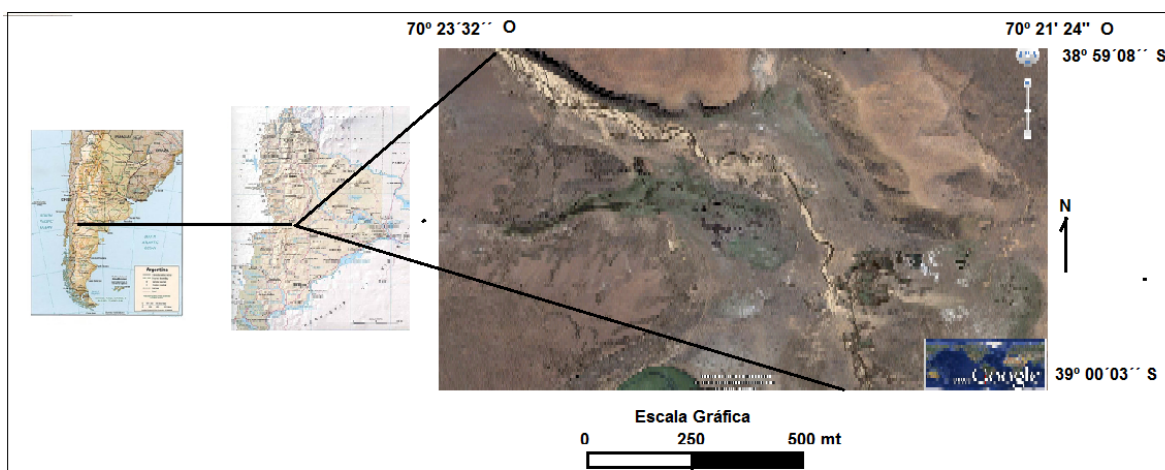
Se utilizaron las imágenes Landsat TM 232-087 para diciembre de 2008 y diciembre de 2009 proporcionadas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).

RESULTADOS

CARACTERISTICAS BIOFISICAS

Área de estudio

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° 00' latitud Sur y 70° 25' longitud Oeste y tiene una superficie de unas 362 ha. Se ubica al Norte de la Laguna Blanca siguiendo el curso del arroyo Llano Blanco a una cota aproximada de 1.300 msnm (Mapa 1).



Mapa 1. Área de estudio. Imagen del Google

El Parque Nacional Laguna Blanca y la zona más próxima a ella presentan, desde el punto de vista geológico y geomorfológico, características orográficas vinculadas a centros eruptivos, emplazados en distintas épocas del neógeno y el cuaternario (Leanza H. 1985). La circulación atmosférica dominante en la zona de estudio está relacionada 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. Ya en la zona de estudio las precipitaciones han disminuido considerablemente alcanzando los 200 -250 mm anuales concentradas en los meses invernales.

En el parque nacional se encuentra una estación meteorológica que suministra registros desde 2005. La temperatura media anual es de aproximadamente 9 °C, con una temperatura media de enero de unos 16 °C y mínima en julio de 1,7 °C. Los vientos, tanto en frecuencia como en velocidad, son elevadas durante todo el año. En la figura 2 se graficaron la velocidad del viento durante los meses del periodo 2007-2008 y 2008-2009 donde se observa

que en ambos períodos 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. En el gráfico 1 y tabla 1 se presentan los meses para los dos períodos y las direcciones de viento dominantes. Para el período 2007 – 08 la dirección dominante 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 and 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 aporte de agua al mallín es en forma subsuperficial y subterránea y proviene de los frentes basálticos localizados alrededor del mismo principalmente al oriente y occidente y en menor medida del arroyo temporario Llano Blanco, cuyas nacientes se localizan en las sierras de Catan Lil. Producto de la mayor actividad del arroyo en el pasado, se observa una extensa planicie de inundación surcada por numerosos paleocauces que actualmente se encuentran profundizados y transformados en cárcavas de diversa magnitud.

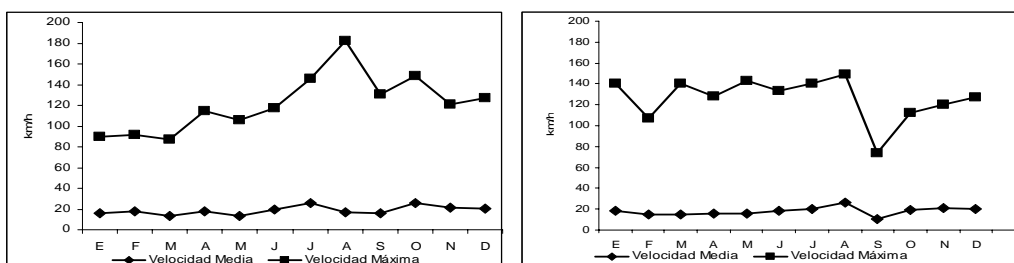


Gráfico 1. Velocidad media y máxima del viento Parque Laguna Blanca. Período 2007 - 08 (izquierda) y período 2008 – 09 (derecha).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2007 – 08	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	SS W
2008 – 09	E	E	NW	SW	W	NW	SW	SW	NW	SS W	SW	NW

Tabla 1. Dirección de viento dominante mensual para Parque Laguna Blanca.

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 melancoryphus*) y ya desde antes de su creación existían en el lugar crianceros 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 internada en el mismo lugar. El mal manejo de la majada junto con la rigurosidad del clima explicaría el actual estado de este ecosistema.

El pastoreo y pisoteo de los animales en estos sitios con agua o alta humedad por tiempo prolongado ha generado la pérdida paulatina de vegetación, lo que permitió 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.

ANÁLISIS DE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN Y CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE LA IMAGEN SATELITAL

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 reclasificada

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.

El gráfico 2 representa 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).

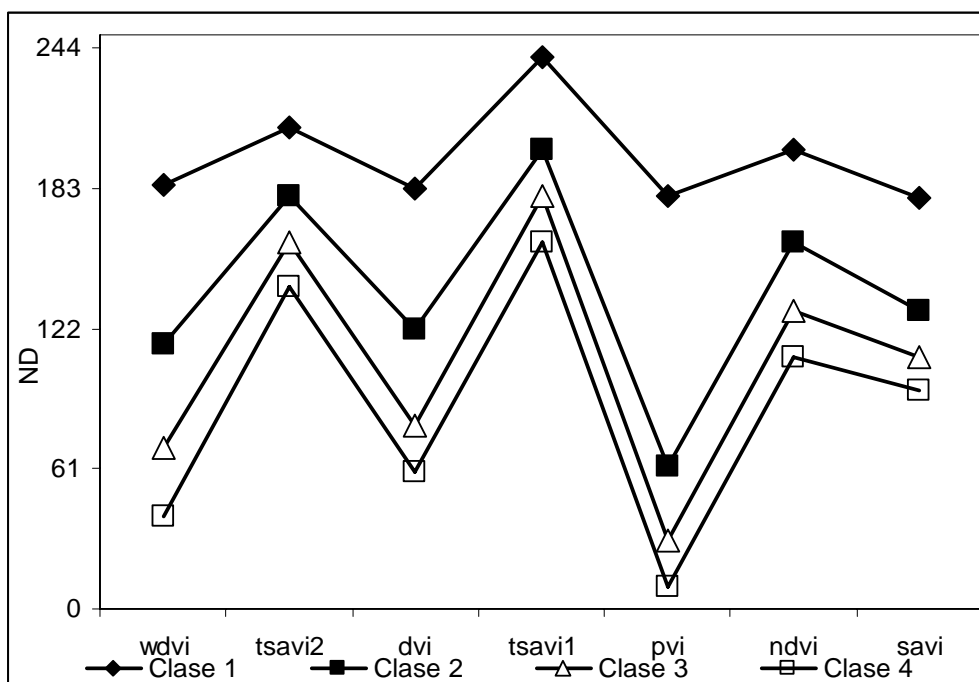


Gráfico 2. Firmas espectrales (ND) según clases utilizando distintos índices de vegetación.

Clase 1: Junco; Clase 2: Zona degradada; Clase 3: Estepa; Clase 4: Suelo desnudo.

DESCRIPCION DE LAS CLASES DEL MALLIN

Clase 1

Con una superficie de 38 ha aproximadamente, la vegetación característica de la clase 1 está representada por la comunidad de *Juncus lesueurii*, 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. 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 praterenses como: *Medicago lupulina*, *Trifolium repens*, *Taraxacum officinale* entre otras dependiente del grado de hidrohalmorfimo de cada sector. La presencia de *Azorella trifurcada* es indicadora del sobrepastoreo que manifiesta el lugar.

Este sector es fácilmente distinguible y separado de las otras clases utilizando índices de vegetación basados tanto en la pendiente como los basados en la distancia.

La fotografía 1 muestra el abanico aluvial cubierto por vegetación de juncáceas, principalmente. En la fotografía 2 se observa la clausura realizada en este sector para determinar la producción de materia seca al año. En la tabla 2 se observa la correlación entre el NDVI e índices de vegetación basados tanto en la pendiente (AVI, RVI, TVI, CTVI, TTVI) como en la distancia (SAVI, PVI1, PVI2, PVI3, TSAVI1, TSAVI2, WDSVI). Todos los índices manifiestan una alta correlación con el NDVI (mayores a 0.90) como consecuencia que esta clase tiene una importante cobertura vegetal.



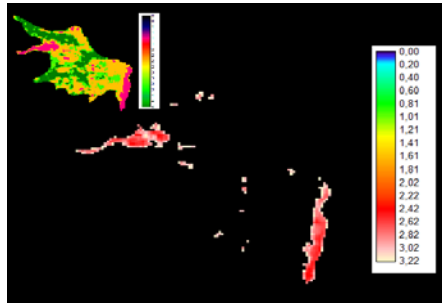
Foto 1: Clase1- Zona de Tabla 2. Correlación entre el NDVI e índices de vegetación basados en la distancia y en la pendiente

CLASE 1: ZONA DE JUNCO

NDVI	SAVI	0,993317
NDVI	PVI	0,942177
NDVI	PVI1	0,940433
NDVI	AVI	0,940433
NDVI	PVI2	0,959764
NDVI	PVI3	0,907846
NDVI	RVI	0.952367
NDVI	TVI	0,998866
NDVI	CTVI	0,985613
NDVI	TTVI	0,964801
NDVI	TSAVI1	0,919982
NDVI	TSAVI2	0,940339
NDVI	WDVI	0,937556

Tabla 2

El mapa 2 es la imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI (entre 1.61 y 3.22) muestra escaso porcentaje de variación lo que implica que cualquiera de estos índices puede ser usado con este tipo de cubierta vegetal.



Mapa 2. Imagen 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.

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 mesófito y halófito, 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 fotografía 3 muestra la degradación por sobrepastoreo en esta clase respecto a la clase 1 y la presencia de especies halófitas debido a la salinidad del terreno.



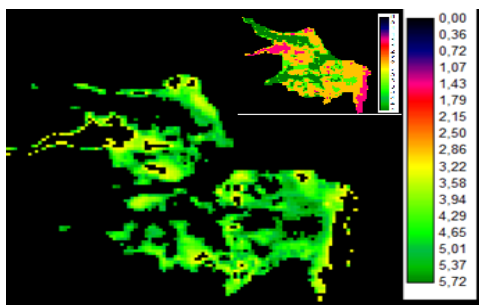
Foto 3: clase 2 se observa la escasa cobertura de vegetación y la presencia de especies halófitas

La tabla 3 muestra el aumento de las diferencias de correlación entre el NDVI y los basados en la distancia (especialmente el PVI y el PVI II) consecuencia del aumento de suelo desnudo y una disminución del vigor vegetal que la clase 1.

CLASE 2: ZONA DEGRADADA		
NDVI	SAVI	0,972911
NDVI	PVI	0,795919
NDVI	PVI1	0,928059
NDVI	AVI	0,928059
NDVI	PVI2	0,853116
NDVI	RVI	0,935535
NDVI	TVI	0,988289
NDVI	CTVI	0,937378
NDVI	TTVI	0,961177
NDVI	TSAVI1	0,924104
NDVI	TSAVI2	0,947331
NDVI	WDVI	0,919787

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

El mapa 3 muestra la imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI para la clase 2 correspondiente al área de zona degradada



Mapa 3. Imagen 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 *Mulinum spinosum*, *Senecio bracteolatus*, *Nassauvia glomerulosa* y *Haplopappus pectinatus*. 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 los 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.

La fotografía 4 muestra la zona 3 con una cobertura predominante de especies subarbusivas. El coeficiente de correlación de esta clase entre el NDVI y los demás índices

manifiesta una marcada disminución (especialmente el PVI y PVI II) consecuencia del aumento de suelo desnudo y presencia de vegetación de menor vigor (Tabla 4).

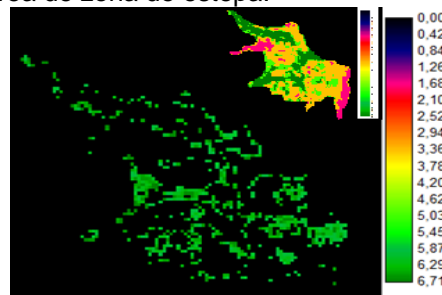


Foto 4. Clase 3 se observa la presencia de vegetación subarbusciva que ha invadido zonas antiguamente ocupadas por especies de mallín.

CLASE 3 ZONA DE ESTEPA		
NDVI	SAVI	0,982777
NDVI	PVI	0,566849
NDVI	PVI1	0,937619
NDVI	DVI	0,937619
NDVI	PVI2	0,711761
NDVI	RVI	0,922796
NDVI	TVI	0,974524
NDVI	CTVI	0,985724
NDVI	TTVI	0,991028
NDVI	TSAVI1	0,985158
NDVI	TSAVI2	0,990126
NDVI	WDVI	0,933983

Tabla 4. Correlación entre el NDVI e índices de vegetación basados en la distancia y en la pendiente en la clase 3

El mapa 4 muestra la imagen de porcentaje, diferencia entre el PVI y el NDVI para la clase 3 correspondiente al área de zona de estepa.



Mapa 4. Imagen porcentaje diferencia entre el PVI y el NDVI en la clase 3

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. En la foto 4 se observa el predominio del suelo desnudo en un sector cercano al Arroyo Llano Blanco.



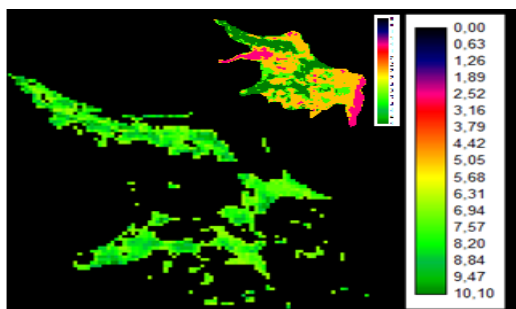
Foto 4: Presencia de suelo desnudo en la clase 4. Al fondo un volcán holoceno (Cerro de la Laguna)

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 5 y mapa 4.

CLASE 4: SUELO DESNUDO

NDVI	SAVI	0,957913
NDVI	PVI	0,242594
NDVI	PVI1	0,916814
NDVI	DVI	0,916814
NDVI	PVI2	0,566266
NDVI	RVI	0,941605
NDVI	TVI	0,945998
NDVI	CTVI	0,970691
NDVI	TTVI	0,988429
NDVI	TSAVI1	0,971197
NDVI	TSAVI2	0,983698
NDVI	WDVI	0,792208

Tabla 5. Correlación entre el NDVI e índices de vegetación basados en la distancia y en la pendiente



Mapa 4. Imagen porcentaje diferencia entre el PVI y el NDVI en la clase 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,
- A medida de que aumenta el porcentaje de suelo desnudo y disminuye el vigor vegetal, la correlación entre los índices se hace cada vez menor especialmente entre el NDVI y el PVI, PVI2 y WdVI.
- El deterioro progresivo de la vegetación y el suelo consecuencia del sobrepastoreo y la rigurosidad del clima han afectado al mallín produciendo la degradación del mismo. De no tomarse medidas de manejo y disminución de la carga animal, el proceso continuará en el tiempo llevando a este a una estado terminal de desertificación.

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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bleskow A. et al. 1990. **Los sistemas fisiográficos de la región árida y semiárida de la Provincia del Chubut**. Puerto Madryn. 140 pp.
- Cabrera, A. L. 1979. **Regiones Fitogeográficas Argentinas**. En: Enciclopedia Argentina de Agricultura y Ganadería. Tomo II. Fasc. 1. Ed. ACME. 2º ed. Bs. As. 85 pp.
- Bonvissuto G. y Somlo R. 1997. **Guías para la condición para los mallines de cordillera, sierras y mesetas**. INTA-EEA. Bariloche. 26 pp.
- Chuvieco, E. 1996. **Fundamentos de Teledetección espacial**. Ed. Rialp. Madrid
- Fiorio, D. 1997. "Manejo del agua en mallines". **Presencia**. año XI. Nro. 41. Bs. As. pp 19-23
- Eastman R. 2003. IDRISI Kilimanjaro **Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes**. Clark Labs. Clark University
- Gandullo, R. y Schmid, P. "Análisis ecológico de mallines del parque provincial Copahue, Neuquén, Argentina". **Agro sur**, jul. 2001, Vol. 29, No. 2, pp. 83-99.
- Gilabert, 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