

EVOLUCIÓN DE LOS MALLINES DEL NORTE NEUQUINO ASOCIADO A LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS.

Tesoniero María de los Ángeles¹⁻²; Ostertag Griselda¹⁻²; Bertani, Luis¹ y Caso Matías¹⁻²

1- Universidad Nacional del Comahue. 2- Autoridad Interjurisdiccional de
Cuencas

matesoni@yahoo.com.ar

RESUMEN

Un rasgo característico del ambiente patagónico son los humedales, regionalmente denominados mallines o vegas. Se trata de superficies con suelos hidromórficos, con abundante materia orgánica, y la capa freática a escasos centímetros de la superficie. Su localización en el paisaje es variada, pueden aparecer en los fondos de los valles, en las laderas o en las superficies de las mesetas.

Los mallines constituyen un recurso natural muy valorado ya que aportan agua para el hombre y el ganado siendo, en las zonas semiáridas casi el único sustento para la actividad ganadera. Además constituyen un recurso escénico que valorizan el paisaje y, lo transforma en áreas con singular riqueza en biodiversidad. También funcionan como reguladores del sistema hídrico debido a que los caudales que ingresan, son almacenados y retenidos por un tiempo y luego erogados de manera gradual, de acuerdo a la estación del año y a las características de cada mallín.

En el presente trabajo se analiza la evolución del estado de los mallines durante los últimos 30 años, para ello se realizó una clasificación a partir de los datos de precipitaciones, se analizó una serie de tiempo de dicha variable, y se la comparó con los resultados obtenidos de la aplicación del NDVI, en imágenes Landsat.

Este análisis, sumado a los trabajos de campo, permitió tener una primera aproximación de la evolución de los mallines para el periodo estudiado, sin embargo aún se desconoce cuál es la responsabilidad del cambio climático o del mal manejo del recurso, en los distintos niveles de degradación de los mallines.

PALABRAS CLAVE: mallines, cambio climático, norte neuquino.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte de un proyecto general que se desarrolla en el ámbito de la Universidad Nacional del Comahue, y que tiene como propósito el estudio de las áreas de vegetación del norte de la Provincia de Neuquén, a través de la aplicación de

técnicas de teledetección. Cuenta con el aval y el financiamiento de la Secretaría de Ciencia y Técnica de esta Universidad y de la AIC (Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro).

Los objetivos del proyecto están orientados a entender las variaciones y dinámica de la vegetación en un territorio con topografía compleja, donde las distintas formaciones vegetales se hallan condicionadas por la geología, los suelos, la topografía, el clima y por supuesto por la actividad humana, en particular la ganadería extensiva.

Una de las particularidades del norte neuquino y de toda la Patagonia, es la presencia de humedales, donde se desarrollan asociaciones particulares de vegetación. Por ello este trabajo tiene como objetivo el estudio de las variaciones que han sufrido estos humedales, localmente llamados mallines, en los últimos 30 años, para un sector del norte neuquino, localizado en las proximidades del paraje Invernada Vieja.

La importancia que poseen los mallines para los sistemas productivos en el norte neuquino y como reguladores hídricos de la cuenca alta del río Neuquén, ha llevado a distintas instituciones y organismos a realizar estudios sobre esta temática. En particular durante los primeros años de la década de los '90 el Consejo Federal de Inversiones (CFI), publicó cartografía sobre la superficie ocupada por los mallines en la Provincia de Neuquén. También el Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha estudiado esta temática para la Patagonia y para la Provincia de Neuquén en particular. El Consejo para la Planificación y Acción para el Desarrollo (COPADE) de la Provincia del Neuquén y la Universidad Nacional del Comahue también realizaron estudios sobre los mallines con distintas miradas y objetivos.

La superficie que ocupan estos mallines suele variar en los períodos secos y húmedos, respondiendo a la disponibilidad de agua o humedad en el suelo. Estas oscilaciones se reflejan en el paisaje y son captadas por las imágenes satelitales. La variabilidad del tamaño de los mallines responde a distintas variables climáticas ligadas a la presencia de humedad, ya sea en el suelo o en la atmósfera, en forma de lluvia o nieve, y a la distribución estacional de las precipitaciones en cada ciclo hidrológico. La importancia de estos cambios en la superficie estará sujeta a que tan húmedo o seco son dichos períodos, cuantos años persiste el fenómeno, y las particularidades de la distribución de las precipitaciones al interior de cada año.

Sin embargo hay que advertir que estas correlaciones entre humedad y tamaño del mallín no siempre son tan lineales. Ocurre que muchos cursos de agua que alimentan a un mallín, están originados en acuíferos que proceden de otras zonas. Por ello el tiempo

de respuesta a la influencia de las precipitaciones, suele ser mucho más lento de aquellos mallines que dependen casi exclusivamente de las mismas.

Estos humedales sufrieron impactos como resultado de la acción humana. En diversos lugares del norte neuquino puede verse el resultado de la sobreexplotación de este tipo de superficies. De ello dieron cuenta distintas instituciones y/o autores (Bertani, L. 2011, INTA, 2008, etc.). El uso para la ganadería extensiva es el motivo principal, no el único, que ha llevado a su degradación. Cuando ello ocurre aquellas superficies que eran ocupadas por vegetación típica de un mallín (juncáceas, ciperáceas, gramíneas), son reemplazadas por otras que son propias de los sectores áridos. También se producen transformaciones en las condiciones edafológicas: de horizontes con dominio de materia orgánica se pasa a otros donde la composición mineralógica pasa a ser dominante.

Un aspecto poco conocido es el efecto del cambio climático sobre los humedales en el norte de la Patagonia. Se trata de una problemática que permanentemente se la menciona como perjudicial para los ecosistemas áridos, pero sobre lo que existe pocas certezas. En el año 2007 la Secretaría de Ambiente de la República Argentina en un documento para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático, sostuvo que para la región Comahue “en todos los casos se observa una marcada tendencia negativa en los últimos 20 años de registro con importantes reducciones del caudal medio anual de hasta el 30%”.

Esta merma en los caudales se relaciona también en el descenso del nivel de ciertas lagunas de la región, tales como la del Parque Nacional Laguna Blanca o en la laguna Tromen (norte neuquino), donde este último verano prácticamente desapareció el espejo de agua. Tratar de entender cómo impacta el cambio climático en los humedales constituye un objetivo a largo plazo de este trabajo, pero para dilucidarlo se requerirá de estudios secuenciales que otorguen mayores certezas para avanzar en el conocimiento de esta problemática.

La situación planteada en torno a los mallines ha llevado a generar transformaciones en el paisaje, lo que acarrea un empobrecimiento de las condiciones establecidas inicialmente. Esto lleva a una menor oferta forrajera y de disponibilidad de agua, que tiene un impacto directo en la economía de los pobladores locales, en particular los pequeños crianceros. A ello debe sumarse una desmejora de la calidad estética del paisaje lo que redundará en un impacto sobre el turismo.

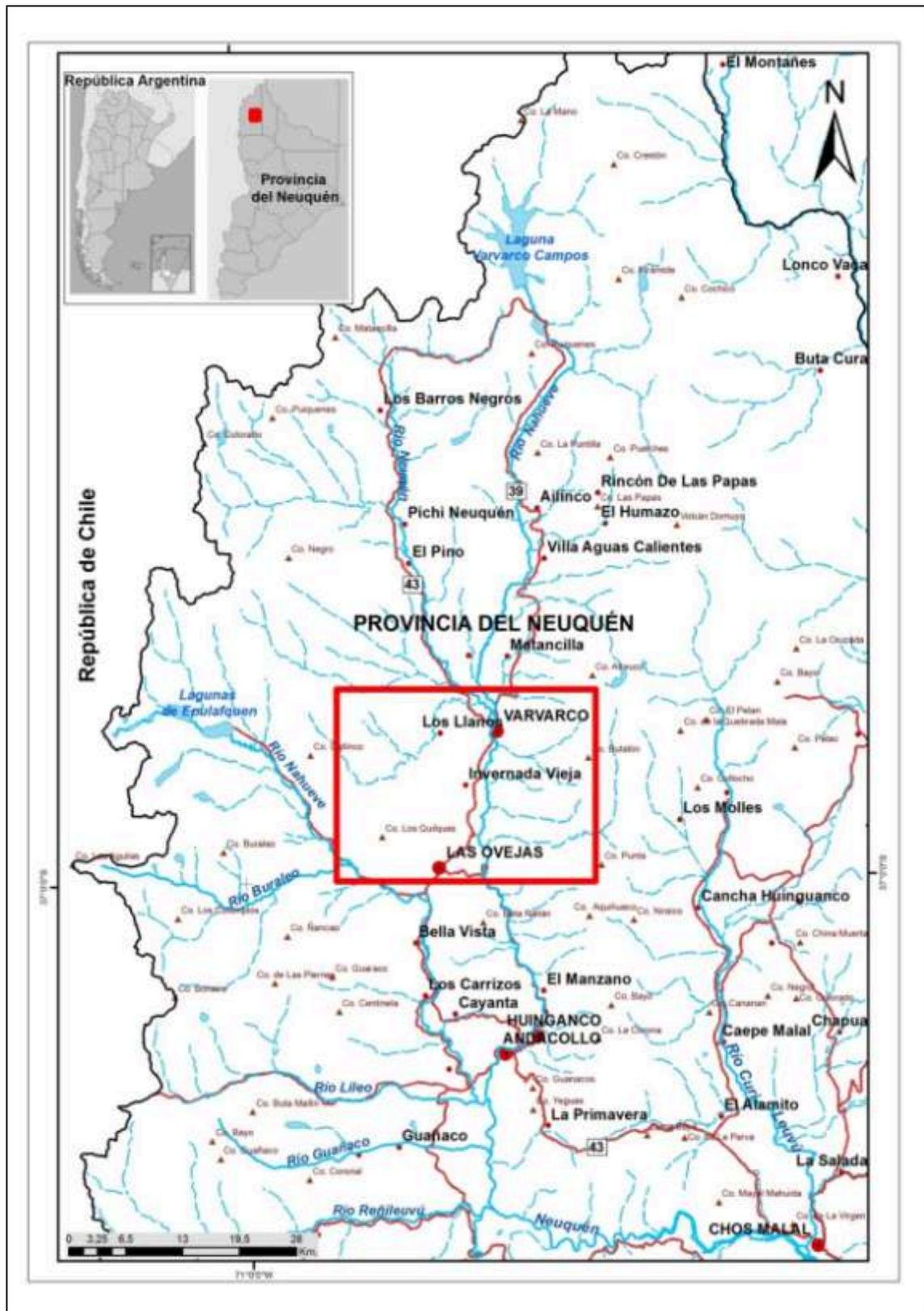
Si se analiza el conjunto del territorio del norte neuquino, la situación es más comprometida en aquellos lugares que son utilizados durante todo el año, las tierras de invernada, localizadas aproximadamente por debajo de la cota de 1600 m s.n.m. Las tierras por sobre esta cota, por cuestiones climáticas, sólo son utilizadas durante los meses de verano lo que favorece su conservación.

1.1 Área de Estudio

El sector para realizar el presente estudio se localiza en general por debajo de la cota de 1680 m, en proximidades del paraje Invernada Vieja del Departamento Minas en la Provincia del Neuquén. Fueron seleccionados 10 mallines tratando que en los mismos no queden incluidos sectores forestados ni obras de arte realizadas por los pobladores locales, como canales para ampliar zonas de riego que generen mallines “artificiales”. (*Fig1*) En cada uno de estos lugares se aplicaron técnicas de teledetección para evaluar su comportamiento (expansión o contracción de su superficie) relacionándolo con las precipitaciones de la Estación meteorológica Los Carrizos, localizada en proximidades del área en estudio.

Los mallines del 1 al 6 se ubican en la parte superior de una meseta y son los que tienen mayor altura. En general son alimentados por pequeños cursos de agua que proceden de los sectores altos, en algunos casos de la misma Cordillera de los Andes. Los cuatro mallines restantes, del 7 al 10, se localizan en una ladera que forma parte del valle del río Neuquén. Poseen cotas más bajas y su alimentación depende casi exclusivamente de acuíferos que afloran en dicha ladera.

Figura 1. Ubicación general del Área de Estudio



Fuente. Elaboración propia.

Figura 2. Mallines del área de estudio.

N° de Mallín			Superficie Ha	Cota m.s.n.m MDT-IGN	Observaciones
	X	Y			
1	36°52'51.79"S	70°47'28.24"O	7,83	1443,00	A° Collinco
2	36°53'53.32"S	70°45'58.87"O	11,28	1474,50	Vega La Trinchera
3	36°52'46.49"S	70°52'40.49"O	15,42	1517,50	Próximo A° La Puntilla.
4	36°53'10.60"S	70°44'54.55"O	7,17	1526,50	Próximo A° La Puntilla
5	36°52'29.33"S	70°44'21.64"O	40,26	1507,00	Puesto y camino en el interior-Vega Cayo Vilú
6	36°56'05.23"S	70°43'35.63"O	87,45	1674,15	A° La Puntilla
7	36°56'11.11"S	70°42'47.80"O	3,45	1412,50	Colindante a Ruta Provincial N°43
8	36°55'07.76"S	70°42'35.85"O	10,17	1376,50	a 500 m de la RP43 y a 300 m de Puesto
9	36°53'29.80"S	70°42'28.12"O	12,01	1333,50	Colindante a Ruta Provincial N°43
10	36°52'27.21"S	70°42'09.71"O	6,08	1385,50	270 m Sur hay Puesto, 570 m SO Puesto

Fuente Elaboración propia.

2. EL CLIMA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio, emplazada en la cuenca del Río Neuquén, está comprendida entre 36° y 39° Lat. Sur, situada en el norte de la Patagonia. Forma parte de la cuenca del río Negro, uno de los sistemas hidrográficos más importantes del territorio nacional.

Sobre estas latitudes -39°S-, el área de estudio recibe la influencia del cinturón Subtropical de Altas Presiones, ubicado en el Océano Pacífico y de las bajas presiones subpolares en el Círculo Antártico. Estas condiciones del sistema océano-atmósfera y la presencia de la Cordillera de los Andes con su efecto orográfico, favorecen la ocurrencia de abundantes precipitaciones. Caracteriza la región el marcado gradiente oeste-este, más de 3000 mm anuales en alta montaña, disminuyendo a sotavento hasta 200 mm al este del territorio neuquino.

La cuenca responde a un régimen pluvionival. A partir del mes de abril y durante el invierno se registran precipitaciones con acumulación de nieve en montaña. En primavera con el desplazamiento latitudinal del Cinturón Subtropical, comienza a disminuir el aporte de humedad desde el Océano Pacífico, y el ascenso de las temperaturas dan lugar al proceso de fusión, con el consecuente aporte de humedad al área y el aumento de escurrimiento en arroyos y cauces de la cuenca.

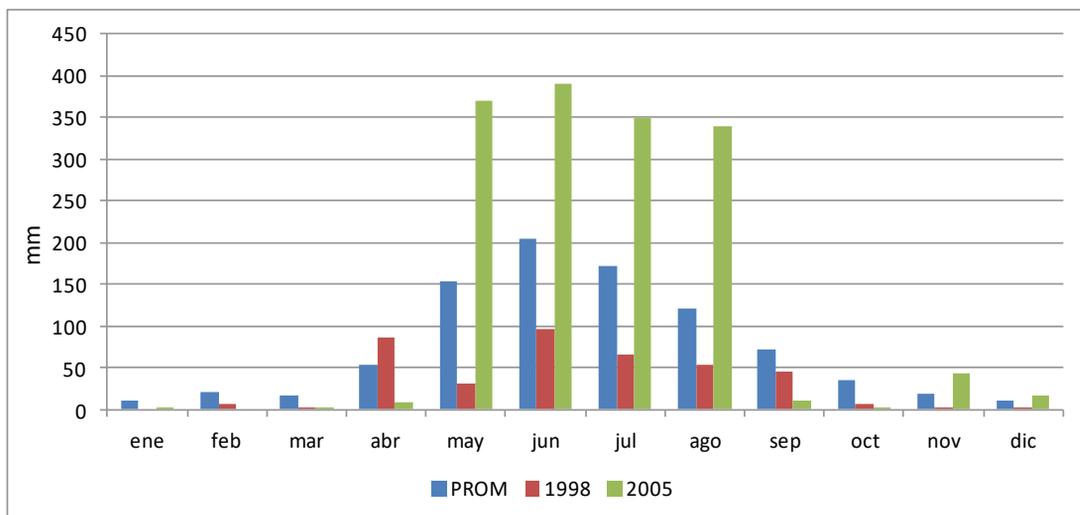
2.1 Datos de Precipitación

Se considera la estación Los Carrizos 37,12° Lat. Sur y 70,76° Long. Oeste, a unos 15 Km al sur, como representativa de las condiciones climáticas en el área de estudio,

con una serie de datos confiable y validada por la AIC. Se trabajó con la serie de datos de precipitación media mensual y anual desde el año 1980 hasta 2018 -38 años-, para analizar la dinámica de las lluvias en el área de estudio e interpretar su influencia sobre el comportamiento de los mallines.

Es marcada la variabilidad en el acumulado anual de precipitaciones en la cuenca, puede observarse en la Estación Los Carrizos con un valor medio de 888 milímetros anuales, el máximo corresponde al año 2005 con 1591 mm anuales, mientras que el año 1998 registró el mínimo histórico con un acumulado de 403 mm anuales. El desvío estándar para la serie 1908-2018 de 325 mm.

Figura 3. Promedio, máximo y mínimo de precipitación en la Estación Los Carrizos.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Estaciones Hidrometeorológicas. AIC.

2.2 Clasificación Climática

Para clasificar las precipitaciones se dividió la serie de datos en cinco grupos, utilizando la medida estadística de percentil, a partir de la cual una vez ordenada la serie de menor a mayor, se estima el valor de la variable por debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de observaciones, correspondientes a los registros analizados. Se obtuvo la siguiente clasificación:

Figura 4 Clasificación anual y estacional de las precipitaciones. Estación Los Carrizos

CLASIFICACION	LIMITES ANUALES (mm)	LIMITES ABR-AGO (mm)	LIMITES SET-DIC (mm)
Extra seco	0 - 576	0 - 430	0 - 57
Seco	577 - 722	431 - 549	58 - 77
Medio	723 - 991	550 - 770	78 - 175
Húmedo	992 - 1194	771 - 972	176 - 231
Extra húmedo	Más de 1194	Más de 973	Más de 332

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Estación Los Carrizos AIC.

Figura 5. Clasificación anual según las precipitaciones.

AÑO	CLASIFICACIÓN	AÑO	CLASIFICACIÓN	AÑO	CLASIFICACIÓN
1980	extra húmedo	1993	medio	2006	extra húmedo
1981	seco	1994	húmedo	2007	extra seco
1982	extra húmedo	1995	húmedo	2008	húmedo
1983	seco	1996	extra seco	2009	medio
1984	húmedo	1997	extra húmedo	2010	extra seco
1985	seco	1998	extra seco	2011	seco
1986	medio	1999	medio	2012	seco
1987	medio	2000	húmedo	2013	medio
1988	seco	2001	húmedo	2014	medio
1989	extra seco	2002	extra húmedo	2015	medio
1990	extra seco	2003	medio	2016	extra seco
1991	húmedo	2004	medio	2017	medio
1992	medio	2005	extra húmedo	2018	medio

Fuente: Elaboración propia

3. METODOLOGIA

La secuencia metodológica contempló en primer lugar la selección de los distintos sitios a estudiar, 10 en total, dentro de un área próxima al paraje Invernada Vieja. Cada uno de estos lugares contiene un mallín y un área perimetral, tipo buffer, para poder medir la posible expansión del mallín en los años húmedos. En total suman una superficie de 201,12 Ha. (Figura 1). Para la selección de los mallines se tuvo en cuenta: a) que no haya intervención humana, y b) que en lo posible no tengan límites abruptos, para que, en el caso de años húmedos, puedan expandirse sin que haya un límite físico que lo contenga.

Dentro de estas 10 áreas fue calculado el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) entre los años 1986 y 2017.

Para los procesamientos de imágenes y análisis (tanto raster como vectorial) se utilizó el software libre QGIS 2.18.2. El sitio elegido para realizar la descarga de las imágenes satelitales es el Earth Explorer, administrado por el Servicio Geológico de los EE. UU¹ (USGS, por sus siglas en inglés). La búsqueda de las imágenes se realizó para los meses de enero-febrero dado que dicho período es poco probable la presencia de nieve.

Durante los 30 años de estudio los sensores satelitales fueron evolucionando lo que llevó a trabajar con imágenes Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI, correspondientes a escenas del path/row 232/086 con un porcentaje de nubes inferior al 5%. Sin embargo hay que destacar que para todas ellas el tamaño del pixel en tierra (CVI) no cambia: 30 m.

3.1 Aplicación de NDVI

En las últimas 4 décadas se han desarrollado y analizado distintos índices de vegetación, utilizando técnicas de teledetección, con la finalidad de obtener información del estado de la vegetación. Para ello se utiliza la región del visible, en especial la banda roja, donde los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, sucede lo contrario con el infrarrojo cercano donde las sustancias apenas absorben energía (Chuvienco, 2006).

Un índice es un conjunto de operaciones algebraicas efectuadas sobre los valores de los pixeles pertenecientes a las bandas de las escenas. En este trabajo se aplicó un índice que permite determinar la vigorosidad de la planta, el NDVI que fue desarrollado por Rouse et al, 1974. Utiliza el comportamiento radiométrico (visible e infrarrojo) de la vegetación, el mismo presenta un comportamiento disímil en la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas (Chuvienco, 2006).

Ecuación del NDVI

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Donde NIR = banda del Infrarrojo Cercano y RED = banda del Rojo

¹ Descarga: NASA EARTH DATA (National Aeronautics and Space Administration).

Los valores obtenidos oscilarán entre -1 y 1, correspondiendo -1 a sectores con ausencia de vegetación y 1 con máxima cobertura de vegetación. Los valores intermedios reflejan gradualidad de cobertura.

Se entiende que a mayor valor del NDVI se corresponderá con años más húmedos y como consecuencia de esto, aumentará el tamaño del mallín. Para años secos ocurrirá lo contrario. Todo esto es registrado y medido con las imágenes satelitales. El método empleado consistió en relacionar los valores obtenidos del NDVI con las precipitaciones para dicho período, en cada uno de los mallines seleccionados.

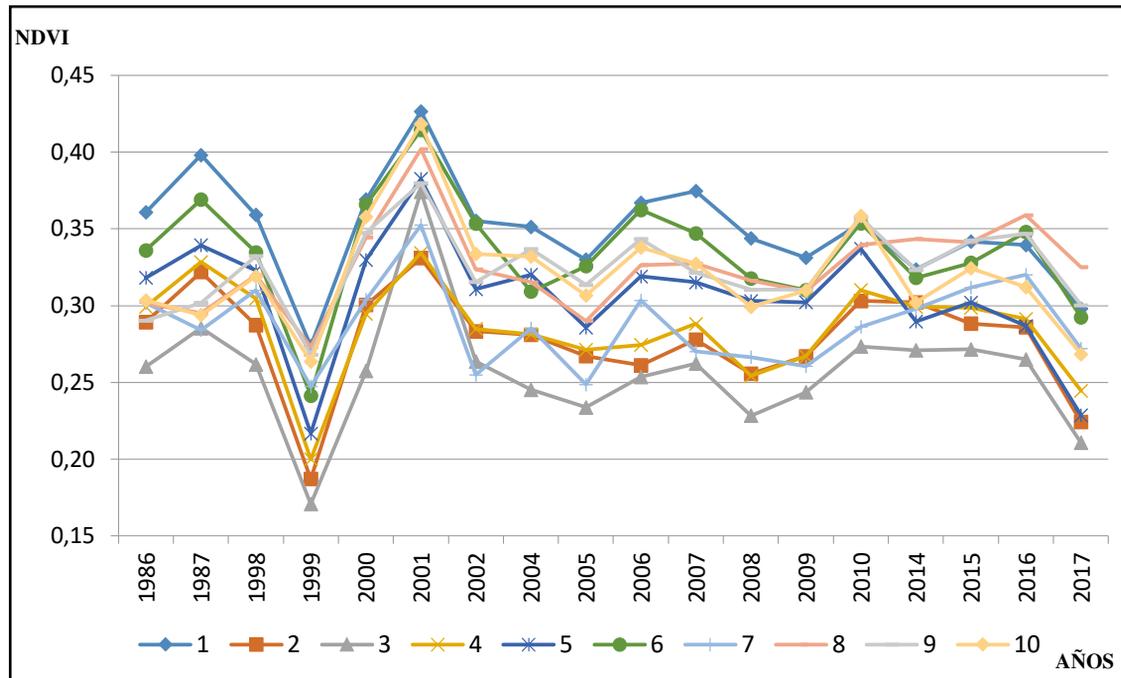
En esta instancia del trabajo se establecieron las relaciones tamaño del mallín – montos de precipitaciones. Durante la próxima campaña de verano se estima corroborar en campo los resultados obtenidos en laboratorio. Ello permitirá realizar las verificaciones necesarias para hacer ajustes entre las imágenes utilizadas y la información de campo.

El tratamiento estadístico de los montos de precipitación contempló la utilización del coeficiente de correlación múltiple (Coeficiente de correlación de Pearson), para entender la incidencia de las lluvias sobre cada uno de los mallines. A tal efecto se consideraron las lluvias como variable independiente (X), mientras que los valores de NDVI constituyeron la variable dependiente.

4. RESULTADOS

Del procesamiento de las imágenes satelitales para cada uno de los mallines surge una importante variación en el tamaño de los mismos tal como se observa en la *Figura 6*. Si bien en esta figura están representados los valores de NDVI, se entiende que a mayor valor de este índice, mayor superficie del mallín.

Figura 6. Evolución del NDVI para los 10 mallines estudiados.



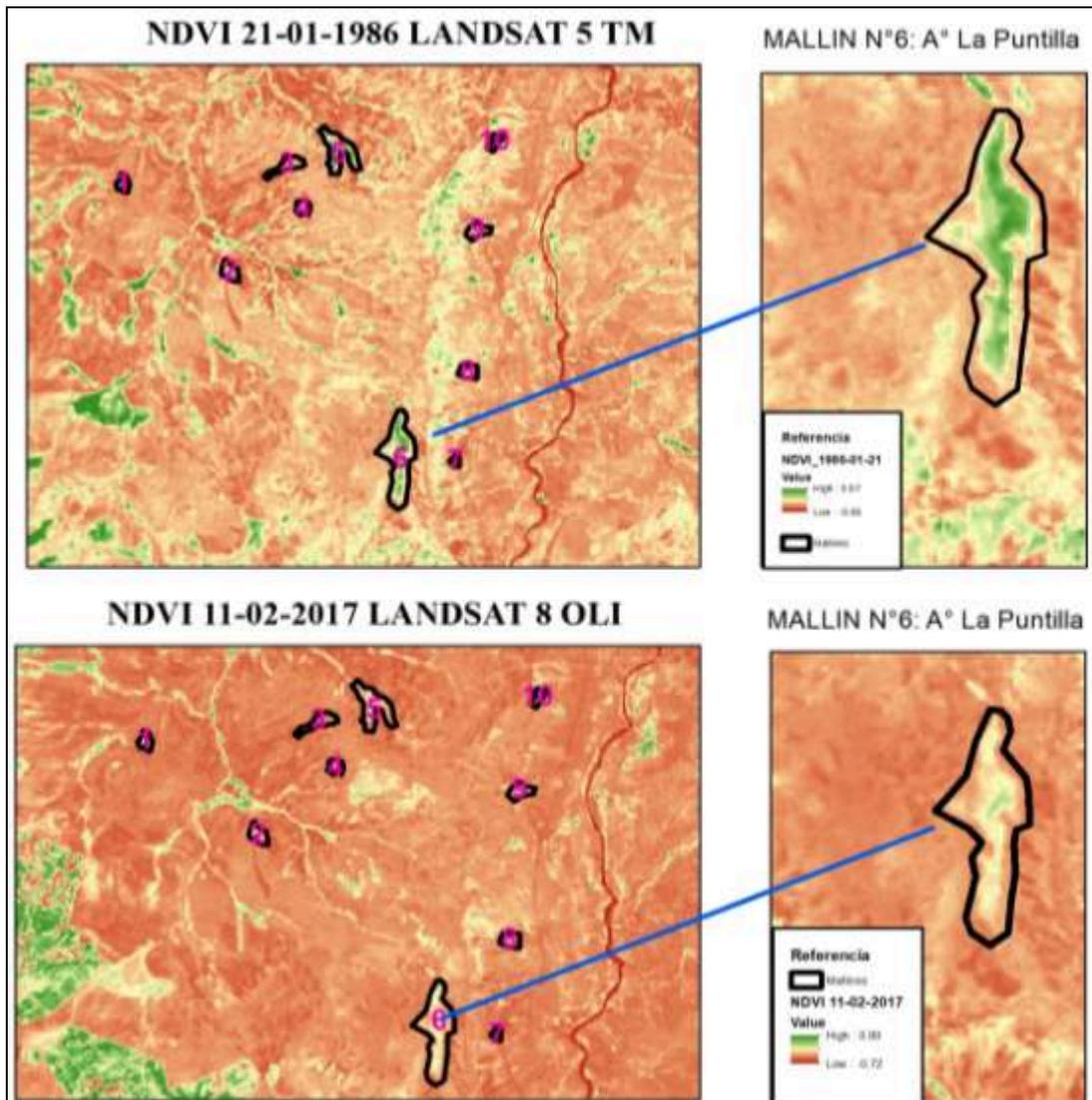
Fuente. Elaboración propia

Del análisis de los resultados obtenidos surge que los mayores valores de NDVI (y de superficie) corresponden al año 2001 mientras que para el año 1999 se registraron los menores montos.

Otra observación es que si bien existe un comportamiento similar para la totalidad de los mallines, algunos presentan ciertas anomalías en determinados años, con relación al resto.

En la figura 7 se muestra la aplicación del NDVI para el mallín 6 para los años 1986 (arriba) y 2017. Es notable el mayor tamaño de la superficie del mallín para el año 1986.

Figura 7. Detalle del NDVI, Mallín 6 Años 1986 y 2017



Fuente: Elaboración propia

El resultado de la aplicación del coeficiente de correlación múltiple entre las lluvias y los valores de NDVI, evidencia cual sería la influencia de las lluvias en el tamaño de los mallines. Del análisis de los resultados se puede indicar que:

1- Los mallines 1-3-5-6-9-10, tienen la mejor correlación con las lluvias totales anuales. Entre el 44% (valor más bajo en mallín 9) y 58% (Valor más alto de correlación en mallines 1 y 6) de la variabilidad de los mallines es explicada por la lluvia total anual.

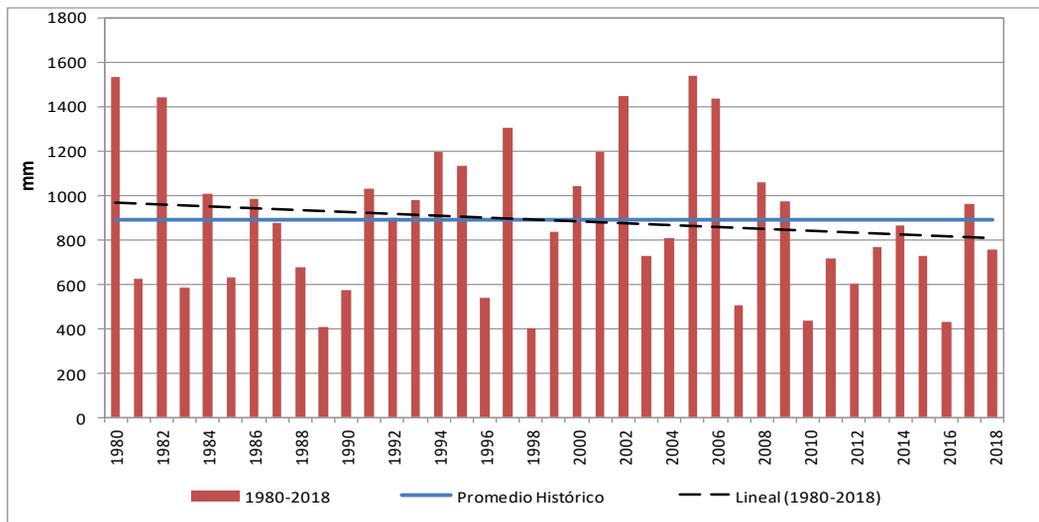
2- Los mallines 2 y 4 presentan mejor correlación con las lluvias primaverales (septiembre-diciembre)

3- Los mallines 7 y 8 tienen muy baja correlación con las variables consideradas.

Por otra parte, durante la última década se ha registrado una notable disminución en el aporte de humedad, sobre las cuencas en el norte de la Patagonia. Tanto las precipitaciones como escurrimiento superficial tienen una clara tendencia a disminuir, con años de sequía muy marcada como 2007, 2010 y 2016 (*Figura 7*).

“Los ríos cuyanos como los patagónicos se caracterizan por la gran variabilidad interanual de sus caudales debido a su gran dependencia de las fluctuaciones climáticas reinantes en la región” Compagnucci R.H. y Araneo D.C. (2007).

Figura 7. Precipitación Total Anual - Promedio Histórico.



Fuente: Elaboración propia. Base de datos de la Estación Los Carrizos. AIC1980-2018

5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los datos procesados puede indicarse que existe una buena correlación entre las precipitaciones y los valores de NDVI (que reflejan el tamaño del mallín), tal como se desprende de la *Figura 6*. Sin embargo, se advirtieron algunas anomalías en el comportamiento de algunos de ellos (por ejemplo, los mallines 7 y 8), posiblemente atribuidos a su localización: se trata de mallines de ladera, que se originan en vertientes naturales, lo que implica un tiempo de respuesta mayor, respecto a aquellos que dependen básicamente de las lluvias.

A partir del análisis de correlación entre los montos de precipitación y los valores de NDVI, pudo establecerse que existen otros factores que también estarían explicando la variación del tamaño del mallín. Por ejemplo la cantidad de nieve acumulada, temperaturas anuales, estacionales y máximas estivales, etc., que no fueron consideradas

para este trabajo. Su incorporación, como variables, permitiría entender mejor la variabilidad de los mallines.

El año 1999 registra los menores índices de NDVI lo refleja muy bien lo acontecido el año anterior (1998), que fue considerado en la clasificación como extraseco (*Figura 5*). En igual sentido el año 2017 arroja valores bajos de NDVI, lo que guarda relación con lo ocurrido en el 2016 (año extraseco).

La posibilidad de contar con imágenes satelitales de más de 30 años de antigüedad ha permitido realizar un seguimiento de la evolución del tamaño de los mallines. Las mismas mostraron eficiencia, teniendo en cuenta el nivel de resolución espacial que poseen (30 m), de acuerdo al tamaño de los objetos estudiados que por lo general ocupan varias hectáreas. En el mismo sentido el NDVI mostró muy buena eficacia para reflejar los cambios que operan en los mallines.

Uno de los objetivos del proyecto general es entender como impacta el cambio climático en los mallines del norte de la Patagonia. De acuerdo a los datos considerados en el presente trabajo, no fue posible obtener una conclusión definitiva. Sin embargo indicadores regionales como el descenso de los niveles de espejos de agua o la desaparición de pequeños glaciares, estarían explicando que la reducción de la superficie de algunos mallines puede estar asociada al cambio climático.

Los mallines constituyen un recurso natural muy valorado para la actividad humana en la Patagonia, se trata de “oasis” en un medio semiárido, que los transforma en áreas con singular riqueza en biodiversidad de fauna y flora, constituyéndose en recursos escénicos que valorizan el paisaje. La conservación de estos recursos dependerá de un manejo que permita evitar su degradación, para ello es necesario conocer su composición y dinámica. Este trabajo pretende realizar un aporte en ese sentido.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIC. Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro
<http://www.aic.gob.ar/sitio/home>
- Bertani, L.A. (2011) “*Evaluación geoecológica de los paisajes del Departamento Minas (Provincia de Neuquén), para el estudio de la degradación de la tierra*” Universidad Nacional de La Plata. Tesis Doctoral.
- Compagnucci R.H. y Araneo D.C. (2007) *Alcances de El Niño como predictor del caudal de los ríos andinos argentinos*. Ingeniería Hidráulica en México, vol. XXII.

Chander, G. Markham, B. L., & HELDER, D. L. (2009). *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors*. Remote sensing of environment 113

Chuvieco, E. (2006): *Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel, Madrid, 592 pp.

CFI: Consejo Federal de Inversiones. <http://www.cfi.org.ar>

Department of the Interior U.S. Geological Survey, LANDSAT 8 SURFACE REFLECTANCE CODE (LASRC) PRODUCT GUIDE, Version 2.0 .May 2019.

Department of the Interior U.S. Geological Survey, LANDSAT 4-7 SURFACE REFLECTANCE (LEDAPS) PRODUCT GUIDE, Version 2.0 .May 2019.

Hantson, S. Chuvieco, E. Pons, Domingo, C. CEA, C. More, G. Cristobal, J. PECES, J. TEJEIRO J. (2011) "Cadena de pre-procesamiento estándar para las imágenes Landsat del Plan Nacional de Teledetección" Universidad de Alcalá, Departamento de Geografía. Alcalá de Henares.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. www.argentina.gob.ar/inta

IGN. Instituto Geográfico Argentino (2019) Modelo Digital de Elevación (MDE-Ar) Recuperado: <http://www.ign.gob.ar>

Kruse, F.A. (2004). "Comparison of ATREM, ACORN, and FLAASH atmospheric corrections using low-altitude AVIRIS data of Boulder, CO". Recuperado: http://www.hgimaging.com/FAK_Pubs.htm

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, (1974). *Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS*, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington.

Sobrino, J., Raissouni, N, Z. (2001). *A comparative Study of Land Surface Emissivity Retrieval from NOAA Data*. Remote Sensing of Environment. Elsevier Volume 75.