

Series:
Comunicaciones Técnicas
ISSN 1667-4014

COMUNICACIÓN TÉCNICA N°35
Área Recursos Naturales
Pastizales Naturales

**Parque Nacional Laguna Blanca: Evaluación
forrajera y dinámica de la productividad de los
pastizales**

Fariña, C.; Easdale, M.; Bruzzone, O.; Umaña, F.;

2019

■ **Ediciones**

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Centro Regional Patagonia Norte
Estación Experimental Agropecuaria Bariloche. "Dr. Grenville Morris"
biblioteca@bariloche.inta.gov.ar



PARQUE NACIONAL LAGUNA BLANCA:
EVALUACIÓN FORRAJERA
Y
DINÁMICA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS PASTIZALES



Julio 2019

Fariña C., Easdale M., Bruzzone O., Umaña F.

INTA EEA Bariloche



Secretaría
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo
Presidencia de la Nación

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
INTRODUCCIÓN.....	2
METODOLOGÍA UTILIZADA.....	2
1. Evaluación forrajera de pastizales.....	2
2. Estimación de la receptividad ganadera	3
3. Dinámica y prospectiva de la actividad de la vegetación	4
RESULTADOS.....	9
1. Evaluación forrajera de pastizales.....	9
2. Estimación de la receptividad ganadera	12
3. Dinámica y prospectiva de la actividad de la vegetación	19
3.1. Análisis a escala zonal	19
3.2. Análisis a escala de pixel, por tipo de vegetación	22
4. ANEXO: Datos comparativos con estudios previos.....	36
5. Bibliografía	39

RESUMEN EJECUTIVO

Evaluación forrajera

- La receptividad ganadera de las cinco áreas de pastoreo del Parque es de 900,9 EO/año, específicamente: Florentino Quilaleo 399,5 EO/año, Isabel Quilaleo 301,4 EO/año, Ñancucho 99,5 EO/año, Millico 72,1 EO/año y Usurpación Huanque 28,3 EO/año.
- Los pastizales del Parque Nacional Laguna Blanca en su conjunto están en regular a moderada condición. Se evidencian signos de sobrepastoreo debido a la escasa duración o ausencia de descanso al pastoreo, siendo las estepas gramíneas y los mallines subhúmedos y salinos los principales afectados en cuanto a su productividad.

Dinámica de la productividad de la vegetación analizada con imágenes satelitales

- En la zona oeste asociada a las subcuencas medias y altas del arroyo Llano Blanco y Pichi Ñireco (fuera de los límites del Parque Nacional), predomina una fase estable o de declive lento, que estaría ocurriendo en valores recientes máximos de productividad, respecto de los últimos 20 años. Dichas zonas registran el menor nivel de riesgo del área de estudio.
- El extremo sureste, tanto de la cuenca como dentro de los límites del Parque Nacional, se encuentra dominado por una recaída inicial (también desde valores recientes máximos), pero con un ritmo de cambio en declive acelerado, sugiriendo una confirmación de un cambio de fase con dirección negativa a mediano plazo.
- El sector central en torno a la Laguna Blanca (especialmente en los sectores sur y este-noreste; área de pastoreo de Huanque y sector sur del área de Florentino) registran un ritmo de cambio crecientemente lento o desacelerando, sugiriendo que la recuperación inicial comienza a frenarse y a estabilizarse en los valores actuales.
- La zona centro-norte de la cuenca (y sector centro-noroeste dentro del Parque Nacional, áreas de pastoreo de Isabel, Florentino y Ñancucho) se encuentra con una dominancia de una tendencia cíclica en recuperación inicial, con áreas que registran una recaída incipiente desde valores máximos recientes, pero cuyo ritmo de cambio es de declive acelerado. Esta situación sugiere que es la zona de mayor precaución, debido a que estaría experimentando un freno al proceso de recuperación y una potencial transición con dirección negativa a mediano plazo.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue solicitado por la Dirección Regional Patagonia Norte de Parques Nacionales en conjunto con la Intendencia del Parque Nacional Laguna Blanca, y se realizó en el marco del Convenio de Cooperación Técnica y Científica entre la Administración de Parques Nacionales y el INTA. El trabajo contó con el apoyo financiero de la Administración de Parques Nacionales (APN), el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el PICT 2015-929.

El objetivo del trabajo fue la estimación de la receptividad ganadera de las áreas de pastoreo del PN Laguna Blanca, el análisis de la dinámica de la productividad de la vegetación entre el año 2000 y 2019, y la prospectiva forrajera para el primer semestre de 2019.

Mediante este informe se aporta información actualizada sobre la principal fuente de forraje del área, el pastizal natural, a modo de contribuir a la toma de decisiones para una eficiente planificación del Parque en su conjunto.

METODOLOGÍA UTILIZADA

1. Evaluación forrajera de pastizales

La evaluación forrajera de pastizales se realizó según metodología de Siffredi *et al.* (2013) en diciembre 2018 y abril 2019 mediante 18 evaluaciones a campo distribuidas en las cinco áreas de pastoreo del PN Laguna Blanca, y abarcando los tipos de vegetación predominantes en cada uno de ellos (Figura 1). En cada evaluación a campo se determinó la productividad forrajera anual por tipo de vegetación (KgMS/ha/año) (Bonvissuto y Somlo 1998), asignándose un Factor de Uso (%) conservador, que en la mayoría de los casos fue de 50 % para mallines y 25 % para estepas, en función del vigor de las especies forrajeras presentes y lo recomendado por la Dirección Regional Patagonia Norte de Parques Nacionales. La información georreferenciada relativa a la superficie que abarca cada área de pastoreo como clasificación de tipos de vegetación fue aportada por la Dirección Regional Patagonia Norte; no obstante, y particularmente para el caso de los mallines, se amplió el detalle a partir de imágenes de alta resolución espacial obtenidas del programa Google Earth. Asimismo, las estepas arbustivo-graminosas bajas y las estepas graminoso-arbustivas bajas fueron unificadas.

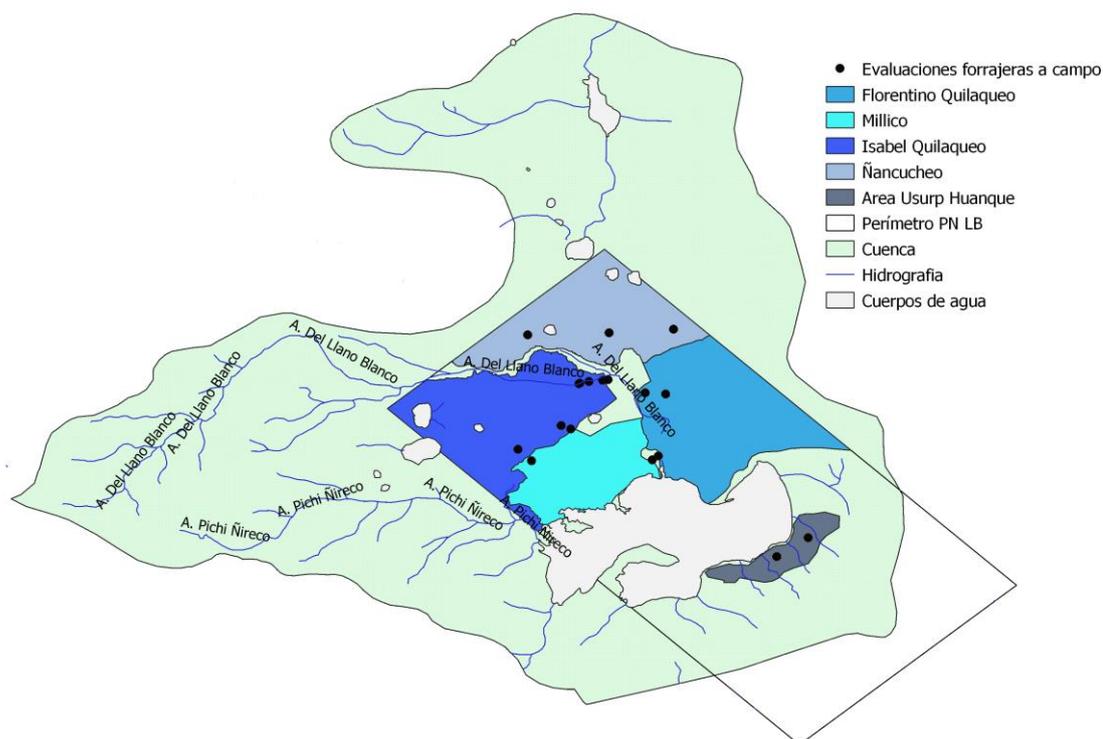


Figura 1. Localización de las evaluaciones forrajeras a campo y de las áreas de pastoreo del PN Laguna Blanca en el perímetro del Parque Nacional Laguna Blanca y la cuenca correspondiente.

2. Estimación de la receptividad ganadera

La receptividad ganadera es la densidad máxima de animales que puede mantenerse en un área determinada y en un cierto nivel de producción, sin deteriorar el recurso (Golluscio 2009). La receptividad ganadera de cada área de pastoreo fue calculada separadamente en base al consumo de un Equivalente Oveja (OE) ¹ de la siguiente manera:

$$\text{Receptividad ganadera ovina: } RG_i = \sum_j (PF_{ij} \times FU_{ij} \times SUP_{ij}) / 468 \text{ kg}$$

Dónde:

RG_i = Receptividad ganadera del área de pastoreo "i" expresada en EO.

PF_j = Productividad forrajera anual del tipo de vegetación "j" en el área de pastoreo "i", expresada en kg de MS de forraje/ha/año

FU_{ij} = Factor de uso asignado al tipo de vegetación "j" en el área de pastoreo "i", expresado en %.

SUP_{ij} = Superficie ocupada por el tipo de vegetación "j" en el área de pastoreo "i", expresada en ha.

¹ **Equivalente Oveja (EO):** Corresponde a los requerimientos de una oveja de 40 kg de peso vivo al servicio, que cría y desteta, a los 100 días desde el parto, un cordero de 20 kg de peso vivo por año. Se incluye en el requerimiento el consumo de forraje del cordero antes del destete. **Su consumo es de 468 kg forraje por año.**

Para facilitar su comparación con informe previos, se presentan los datos de receptividad en otras unidades de equivalencias ganaderas: Unidad Ganadera Ovina (UGO) ² Y Equivalente Vaca (EV) ³, según las definiciones de Girardin et al. (2011).

3. Dinámica y prospectiva de la actividad de la vegetación

El uso de datos obtenidos por sensores remotos para el monitoreo ambiental ha crecido enormemente en las últimas décadas (Karl et al. 2017). Desde estos abordajes, la dinámica de la productividad de los pastizales naturales puede ser evaluada mediante el uso de series de datos satelitales como el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI en inglés, Bai et al. 2008). El comportamiento de la productividad de los pastizales puede ser descrito a través del ciclo anual y estacional (quizá el más utilizado para el manejo ganadero), pero también por ciclos interanuales que incluyen fases de sequía y fases de mayor humedad que pueden durar varios años. La productividad a largo plazo de los pastizales puede ser analizada mediante la tendencia y perturbaciones puntuales, pero de alta magnitud mediante cambios abruptos en la dinámica, como el caso de caída y depósito de cenizas volcánicas.

El modelo auto-regresivo de wavelet, como método aplicado al estudio de tendencias de NDVI permite capturar cambios cíclicos de largo plazo (Easdale et al. 2018). Para incrementar la sensibilidad del análisis, se propone la integración de ciclos de baja frecuencia asociados a la tendencia del NDVI (Hastings y Wysham 2010). El ciclo de tendencia es un método que permite representar una versión suavizada de una serie temporal desestacionalizada, el cual es utilizado usualmente por los economistas ya que proporciona información sobre los movimientos a largo plazo, pero que incluye cambios en la dirección subyacente a la serie. En otras palabras, permite integrar los movimientos de largo plazo (tendencias) y las fluctuaciones temporales que generan recaídas o recuperación en el mediano plazo (ciclos interanuales), provocados por sequías o disturbios ambientales como la caída de cenizas volcánicas, o fases de mayor humedad por incremento de precipitaciones.

² **Unidad Ganadera Ovina (UGO):** Corresponde a los requerimientos de un macho ovino adulto castrado de 40 kg de peso vivo, que mantiene el peso vivo entre años. **Su consumo es de 325 kg forraje por año.**

³ **Equivalente Vaca (EV):** Corresponde a los requerimientos de una hembra de 380 kg de peso vivo que desteta un ternero de 160 kg de peso vivo a los 180 días de edad, al año. Incluye el consumo de forraje del ternero. **Su consumo es de 4250 kg forraje por año.**

El objetivo de esta sección del trabajo fue analizar la dinámica del NDVI en la cuenca de Laguna Blanca para el período 2000-junio 2019, como elemento diagnóstico de la dinámica de la productividad de la vegetación en las últimas casi dos décadas. Dicho análisis incluye los siguientes indicadores: i) la Tendencia (movimiento a largo plazo) (Easdale et al., 2018), ii) Ciclo de Tendencia (movimiento a largo plazo, que incluye fluctuaciones de mediano plazo, >4 años; Easdale et al., en prensa); ver clasificación en Fig. 2), iii) Ciclo Anual (cambios estacionales, que ocurren entre invierno y verano; haciendo foco en la amplitud anual entre los valores máximos y mínimos, Fig. 5), iv) fluctuaciones corrientes (datos originales, quitado el ruido; donde enfatizamos la posición de los valores mínimos y máximos respecto del ciclo anual).

Finalmente, se estimó la proyección de valores futuros de NDVI, basado en el cálculo de las derivadas primera y segunda del punto final del Ciclo de Tendencia, denominado Ritmo de Cambio. La información que brinda refiere al signo (positivo, negativo o neutro) y a la tasa de cambio (positiva, negativa o neutra) de dicha función (Fig. 4). Por ejemplo, una función que crece puede estar haciéndolo con sentido positivo y tasa positiva (lo cual implica que dicho crecimiento se mantendrá en el futuro, azul en el mapa), o puede estar haciéndolo con sentido positivo, pero tasa negativa (lo cual implica que dicho crecimiento se estaría compensando y estabilizando). Si el sentido es negativo y la tasa también es negativa (rojo en el mapa), significa que una caída en los valores de NDVI dominaría la dinámica futura.

La información fue analizada para toda el área y se presentan mapas con el Ciclo de Tendencia del NDVI (Mapa 1) y el Ritmo de Cambio, que denota la proyección de movimiento (Mapa 2). Por otro lado, se seleccionaron píxeles representativos de diferentes estaciones de muestreo realizadas a campo, y ubicados en diferentes cuadros del predio y comunidades de vegetación. Para dichos píxeles se presentan figuras de la serie de NDVI con una descripción de la dinámica tomando los indicadores mencionados arriba, incluyendo una interpretación de la dinámica, respectivamente (punto 3.2).

La prospectiva de la dinámica de la actividad de la vegetación se realizó para cada píxel de 6,25 ha, incluido en la cuenca de Laguna Blanca. El software desarrollado para tal fin ejecuta una serie de modelados basados en sofisticados análisis de series temporales, con el objetivo de reconstruir el comportamiento que tuvo el NDVI en el pasado, y con dicha información pronosticar su probable comportamiento a futuro. Nuestros análisis sugieren que con este sistema se pueden

obtener predicciones confiables para un horizonte de tiempo de hasta 4 meses. El NDVI es usado como un indicador del nivel de actividad fotosintética, y por ende refleja el comportamiento de la productividad de los pastizales. La función pronosticada es también presentada para el segundo semestre de 2019 (actualizada a abril de 2019), para los píxeles seleccionados.

Fuente de datos

Se utilizaron datos de imágenes MODIS (producto MODIS13Q1) para el período temporal 2000-2019 (frecuencia de datos cada 16 días y píxel de resolución espacial de 6,25ha), para la zona en torno al Parque Nacional Laguna Blanca. Se calculó el NDVI mediante la siguiente ecuación (Ec.1):

$$IVN = (\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R)$$

donde NIR y R son la reflectancia superficial de la tierra centrada en las porciones 858 nm (infrarrojo cercano) y 648 nm (visible) del espectro electromagnético, respectivamente. El pre-procesamiento de información se realizó siguiendo el procedimiento efectuado por Easdale et al. (2018).

Filtrado de las series

Con las series de NDVI, se procedió a realizar un filtrado de paso bajo por medio de wavelets. La serie de valores de cada píxel fue descompuesta en una serie de átomos de gabor (funciones sinusoidales localizadas en el tiempo por medio de una ventana gaussiana), por medio del algoritmo *Basis Pursuit* (Chen, 2001). La secuencia de átomos así obtenidos fue filtrada, por medio de la eliminación de los átomos cuya frecuencia fuese mayor a 1/4 años, y luego se reconstruyó la serie con los átomos remanentes, de manera que sólo quedase variabilidad de mediano-largo plazo. Dicha información representa la tendencia y el ciclo de tendencia (tendencia más ciclos de más de 4 años). El filtrado y reconstrucción de la serie fue realizada por medio del software *gpu_pursuit* versión 0.02 (Bruzzone y Easdale, 2018).

Clasificación de la tendencia cíclica de NDVI

Se definieron siete clases de Tendencia Cíclica, estadísticamente significativas, en función de la posición de los máximos y/o mínimos globales de la serie filtrada (Fig. 2). Las secuencias temporales de las tendencias cíclicas conforman dos fases. Una positiva asociada a valores recientes cercanos a máximos, conformada por la Recuperación Avanzada y Recaída Inicial; otra

negativa asociada a valores recientes cercanos a mínimos, conformada por Recaída avanzada y Recuperación inicial (Fig. 3).

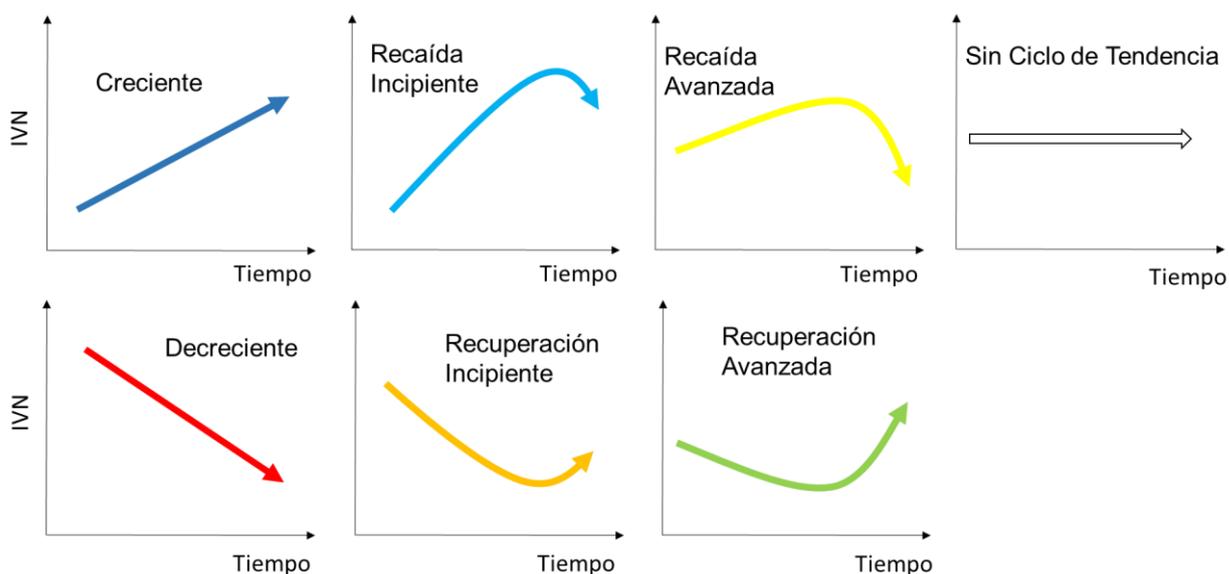


Figura 2. Clases de Tendencias Cíclicas de NDVI. El color de la flecha identifica el color usado para cada clase en el mapa del Parque Nacional Laguna Blanca (Mapa 1).

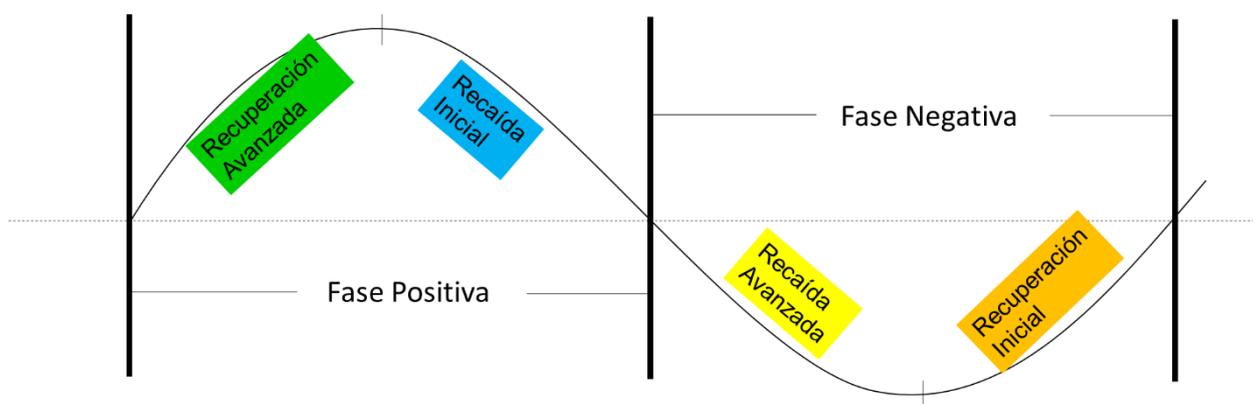


Figura 3. Fases de Tendencias cíclicas: Positiva, conformada por Recuperación Avanzada y Recaída Inicial; Negativa, conformada por Recaída avanzada y Recuperación inicial.

Ritmo de cambio de la Tendencia Cíclica

El ritmo de cambio es un indicador generado a partir de la combinación de la derivada primera y segunda del punto final de la función que describe el Ciclo de Tendencia. La derivada primera refleja la dirección que toma la función (positiva, neutra o negativa), mientras que la derivada segunda refleja la velocidad del cambio (positiva, neutra o negativa). Combinando ambas fuentes de información, se construyeron cinco clases: 1. Crecimiento acelerado (sentido positivo y

con tasa positiva, azul), 2. Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, turquesa), 3. Sin cambios (sentido neutro y tasa de cambio neutro, verde), 4. Declive lento (sentido negativo y con tasa positiva, amarillo), 5. Declive acelerado (sentido negativo y con tasa negativa, rojo) (Fig. 4).

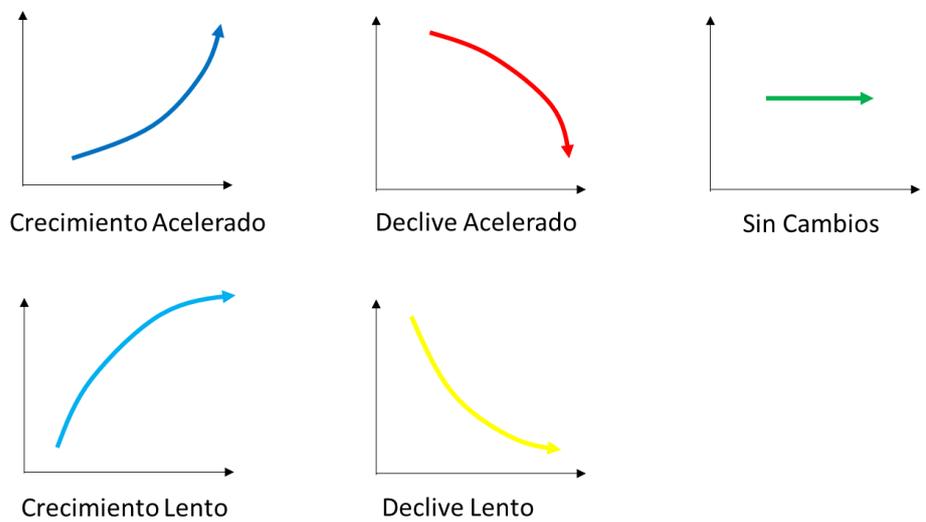


Figura 4. Clases de Ritmo de Cambio de la Tendencia Cíclica.

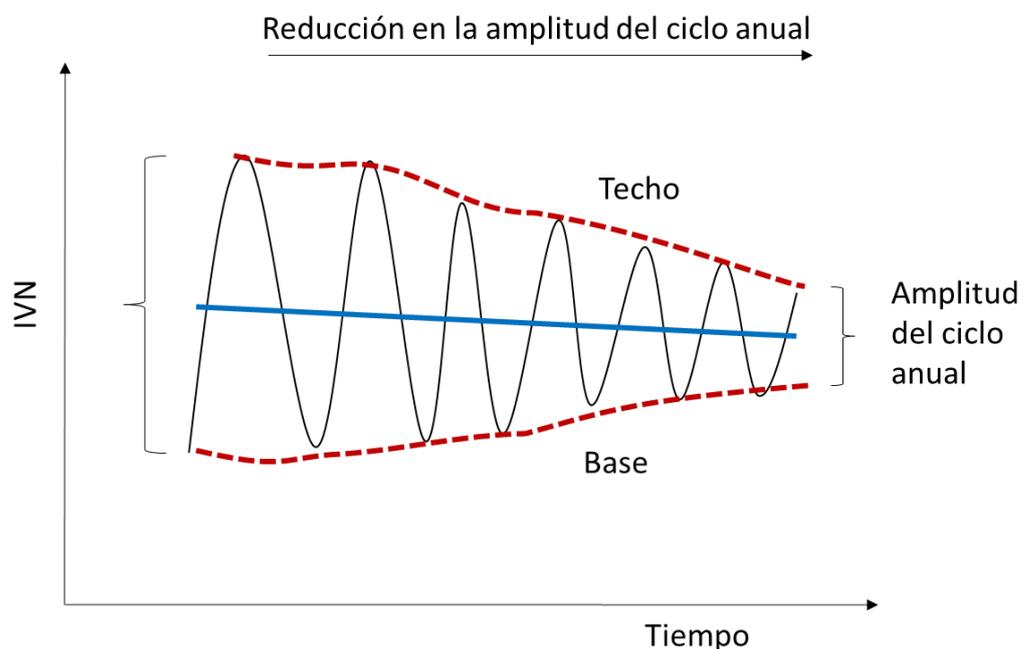


Figura 5. Ciclo anual de la serie de NDVI. Se indica el techo y la base de la amplitud del ciclo anual (líneas punteadas marrones), en un comportamiento de reducción de dicha amplitud con el paso del tiempo. La tendencia se indica con la línea entera azul.

RESULTADOS

1. Evaluación forrajera de pastizales

Se realizó la evaluación forrajera de pastizal en las cinco áreas de pastoreo del Parque Nacional, abarcando todos los tipos fisonómicos de vegetación dominantes. Del análisis global surge que los pastizales en su conjunto están en regular a moderada condición. Se evidencian signos de sequías pasadas sumado a la escasa duración o ausencia de descanso post pastoreo, siendo las estepas gramíneas y los mallines subhúmedos y salinos los principales afectados en cuanto a su productividad.

En la Tabla 1 se indican los valores promedio de productividad forrajera estimados a campo para cada tipo de vegetación, así como el factor de uso promedio asignado.

Tabla 1. Valores promedio de productividad forrajera anual y de factor de uso asignado a cada tipo de vegetación.

Tipo de vegetación	Productividad forrajera (kgMS/ha/año)	Factor de uso (%)
Estepa gramínea	80	0,25
Estepa arbustivo gramínea media	265	0,25
Estepa arbustivo gramínea baja	122	0,25
Mallín muy húmedo	6000	0,50
Mallín húmedo	3500	0,50
Mallín subhúmedo	1100	0,50

Debido a que la cartografía disponible no discrimina la clase Mallines salinos, éstos fueron anexados a la clase Mallín subhúmedo para la estimación de receptividad.

A modo de generalización, se mencionan las principales características estructurales y funcionales de los ambientes con mayor importancia areal:

Mallines

Son los ambientes de mayor producción forrajera por hectárea. A nivel de generalización, se los divide en cuatro tipos principales:

Mallín muy húmedo:

Tiene 95-100% de cobertura vegetal con 70% de *Juncus balticus* y acompañado por *Poa pratensis* y *Trifolium repens*. La productividad es de 6000 kgMS/ha/año; el único caso relevado se encuentra en el área de pastoreo de Isabel Coliqueo.



Mallín muy húmedo - Área: Isabel Coliqueo

Mallín húmedo:

Tienen 90% de cobertura vegetal, con 40% de *Juncus balticus* y presencia de otras especies como *Poa pratensis*, *Trifolium repens*, *Carex subantarctica* y presencia de otras especies como *Perezia recurvata*. La productividad promedio es de 3500 kgMS/ha/año.



Mallín húmedo - Área: Florentino Coliqueo

Mallín subhúmedo:

Tienen 70-80% de cobertura vegetal, con dominancia de *Juncus balticus* (40%) o de *Distichlis sp.* (50%) según el caso, acompañado por otras especies como *Carex subantártica* y *Poa pratensis*. En algunos sectores se observa presencia de *Pappostipa major*, especie característica de la estepa. La productividad promedio es de 1300 kgMS/ha/año.



Mallín subhúmedo - Área: Isabel Coliqueo

Mallín salino-sódico:

Tienen 60-70% de cobertura vegetal, con dominancia de *Distichlis sp.* (50%), acompañado por otras especies como *Pratia repens*, *Carex argentina* y leve presencia de *Juncus balticus*. La productividad promedio es de 500 kgMS/ha/año.



Mallín salino - Área: Florentino Coliqueo

Estepa graminosa

En promedio tienen 30% de cobertura total, pero los pastos forrajeros cubren menos del 2 %: *Hordeum comosum*, *Poa ligularis*, *Poa lanuginosa* y *Jarava neaei*. La especie dominante es *Pappostipa major* (10%), acompañada por arbustos como *Azorella prolifera* (ex *Mulinum spinosum*), *Adesmia Volckmannii* y *Colliguaja integérrima* (10%). La productividad promedio es de 20 y 60 kgMS/ha/año de pastos y arbustos, respectivamente.



Estepa graminosa - Área: Isabel Coliqueo

Estepa arbustivo graminosa

En promedio tienen 30-40% de cobertura total, pero los pastos forrajeros (*Poa lanuginosa*, *Jarava neaei*, *Bromus setifolius*, *Hordeum tectorum*) cubren menos del 5 %. Los arbustos cubren un 15-20%: *Azorella prolifera* (ex *Mulinum spinosum*), *Adesmia Volckmannii*, *Anarthrophyllum strigulepetalum*, *Colliguaja integérrima*, entre otros. La productividad promedio es de 40 y 150 kgMS/ha/año de pastos y arbustos, respectivamente.



Estepa arb-gram - Área: Isabel Coliqueo



Estepa arb-gram - Área: Ñancucho

2. Estimación de la receptividad ganadera

La receptividad ganadera anual de las cinco áreas de pastoreo es de 900,9 EO, es decir que los pobladores en su conjunto podrían mantener ese stock animal anual manteniendo una producción secundaria adecuada sin afectar la conservación del pastizal natural del Parque. A continuación en la Tabla 2 se detalla la información para cada área de pastoreo:

Tabla 2. Superficie y receptividad ganadera correspondiente a cada área de pastoreo.

Poblador	Superficie (ha)	Receptividad ganadera	
		(EO/año)	(EO/ha)
Florentino Quilaleo	1436,2	399,5	0,3
Isabel Quilaleo	1407,4	301,4	0,2
Millico	748,1	72,1	0,1
Ñancucho	1175,5	99,5	0,1
Huanque	278,7	28,3	0,1
TOTAL	5045,9	900,9	

El análisis por caso permite extraer mayor información (Figura 6). El área de pastoreo correspondiente a Florentino Quilaleo es la mayor en superficie, y también la de mayor receptividad ganadera y relación EO/ha, esto debido principalmente a que es el área con mayor superficie de mallines. El área correspondiente a Isabel Quilaleo es la segunda en superficie total y de mallines, receptividad y relación EO/ha; es la única que cuenta con un mallín muy húmedo, altamente productivo, el cual debería ser subdividido y manejado con rotaciones para su máximo

aprovechamiento. El área correspondiente a Ñancuqueo es la tercera en superficie y receptividad, pero la relación EO/ha se posiciona en el cuarto lugar; esto se debe principalmente a que el 83% de su superficie corresponde a estepas de muy baja productividad y altamente pastoreadas. El área de Millico ocupa el tercer lugar en relación EO/ha siendo el cuarto en cuanto a superficie y receptividad. El área correspondiente a la usurpación Huanque es la última en todos los parámetros aquí evaluados (Figura 6).

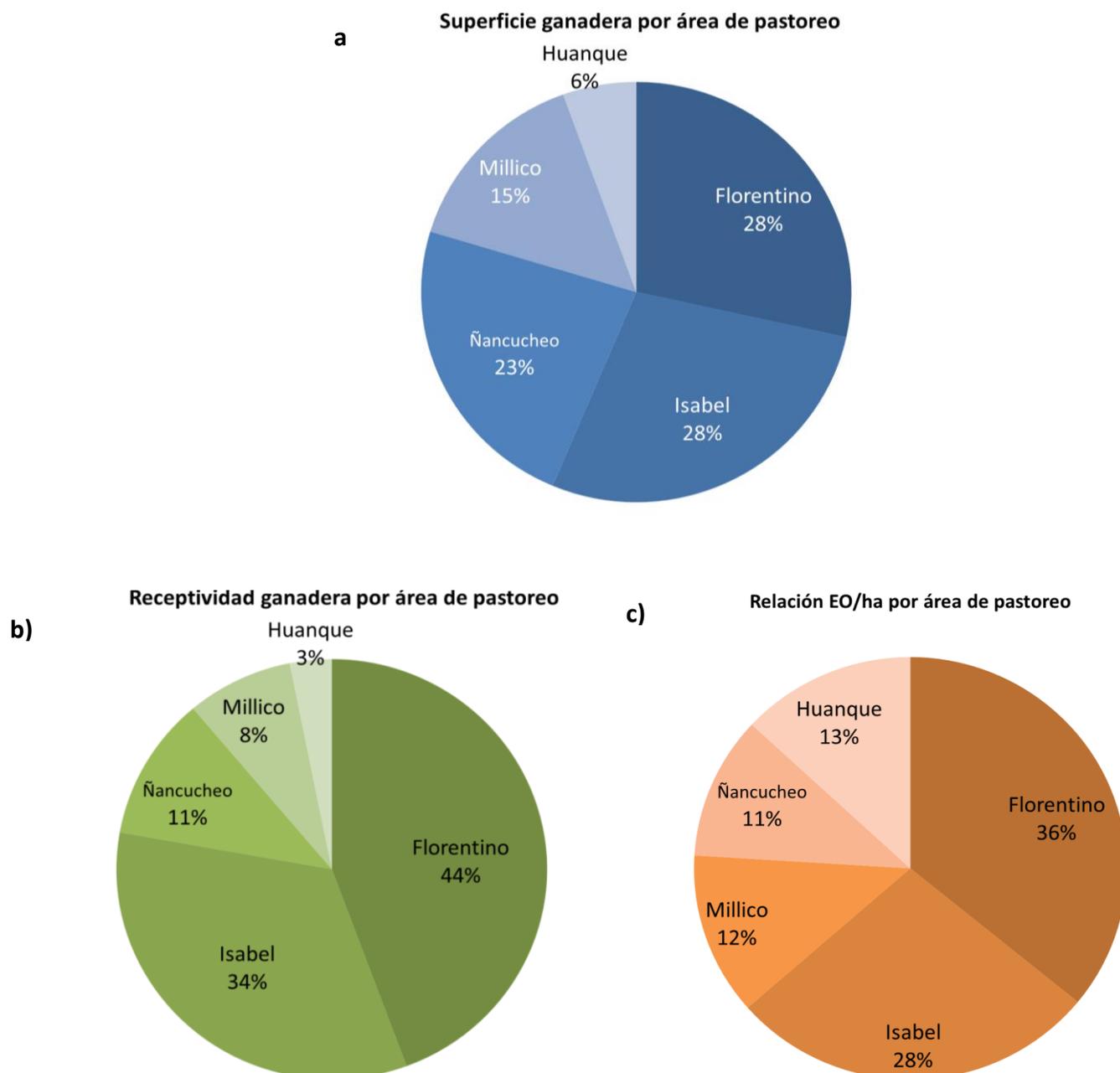
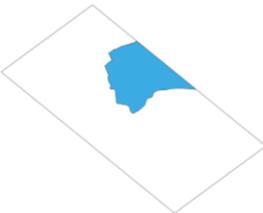


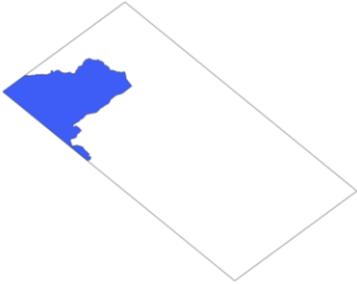
Figura 6. Superficie ganadera (a), receptividad ganadera (b) y relación EO/ha (c) por área de pastoreo. Valores porcentuales.

A continuación se detalla, para cada área de pastoreo, la información correspondiente a: i) superficie y receptividad total, ii) superficie y productividad forrajera de pastos y de arbustos, iii) factor de uso asignado, y iv) receptividad ganadera anual, para cada tipo de vegetación.

Área de pastoreo: Florentino Quilaleo	
	Superficie (ha)= 1436.2
	Receptividad anual EO = 399.5
	Receptividad anual EV = 44
	Receptividad UGO = 575.3

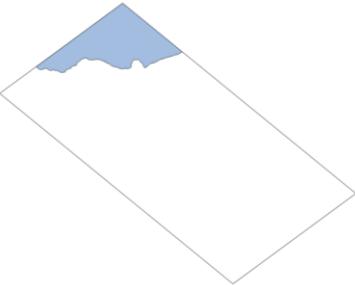
Tipo de vegetación	Superficie ganadera (ha)	Productividad Forrajera		Factor de uso (%)	Receptividad anual (EO/año)
		Anual de pastos (kgMS/ha/año)	Estival de arbustos (kgMS/ha/verano)		
Estepa gramínea	40.35	20	60	0.25	1.7
Estepa arbustivo-gramínea media	761.81	50	225	0.3	134.3
Estepa arbustivo-gramínea baja	454.08	30	70	0.25	24.3
Mallín muy húmedo	0	-	-	-	-
Mallín húmedo	35	3500	0	0.5	130.9
Mallín subhúmedo	144.92	700	0	0.5	108.4

Área de pastoreo: Isabel Quilaleo

	Superficie (ha)=	1407.4
	Receptividad anual EO =	301.4
	Receptividad anual EV =	33.2
	Receptividad UGO =	434.1

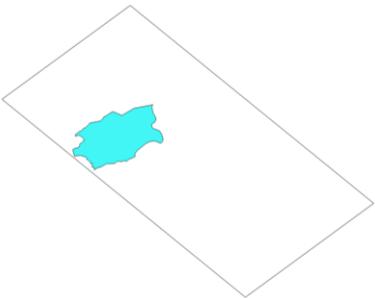
Tipo de vegetación	Superficie ganadera (ha)	Productividad Forrajera		Factor de uso (%)	Receptividad anual (EO/año)
		Anual de pastos (kgMS/ha/año)	Estival de arbustos (kgMS/ha/verano)		
Estepa gramínea	166.31	20	60	0,25	7.1
Estepa arbustivo-gramínea media	860.86	50	300	0,30	193.1
Estepa arbustivo-gramínea baja	333.2	30	60	0,25	16
Mallín muy húmedo	1,8	6000	0	0,50	11.5
Mallín húmedo	8,0	3500	0	0,50	29.9
Mallín subhúmedo	37.19	1100	0	0,50	43.7

Área de pastoreo: Ñancuqueo

	Superficie (ha)=	1175.5
	Receptividad anual EO =	99.5
	Receptividad anual EV =	11
	Receptividad UGO =	143.3

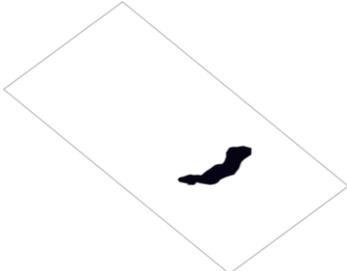
Tipo de vegetación	Superficie ganadera (ha)	Productividad Forrajera		Factor de uso (%)	Receptividad anual (EO/año)
		Anual de pastos (kgMS/ha/año)	Estival de arbustos (kgMS/ha/verano)		
Estepa gramínea	7.24	20	60	0,25	0.3
Estepa arbustivo-gramínea media	977.47	20	150	0,25	88.8
Estepa arbustivo-gramínea baja	189.64	20	70	0,25	9.1
Mallín muy húmedo	0	-	-	-	-
Mallín húmedo	0	-	-	-	-
Mallín subhúmedo	1.15	1100	0	0,50	1.4

Área de pastoreo: **Millico**

	Superficie (ha)=	748.1
	Receptividad anual EO =	72.1
	Receptividad anual EV =	7.9
	Receptividad UGO =	103.8

Tipo de vegetación	Superficie ganadera (ha)	Productividad Forrajera		Factor de uso (%)	Receptividad anual (EO/año)
		Anual de pastos (kgMS/ha/año)	Estival de arbustos (kgMS/ha/verano)		
Estepa gramínea	0	-	-	-	-
Estepa arbustivo-gramínea media	0	-	-	-	-
Estepa arbustivo-gramínea baja	733.46	40	100	0,25	54.9
Mallín muy húmedo	0	-	-	-	-
Mallín húmedo	0	-	-	-	-
Mallín subhúmedo	14.66	1100	0	0,50	17.2

Área de pastoreo: Usurpación Huanque

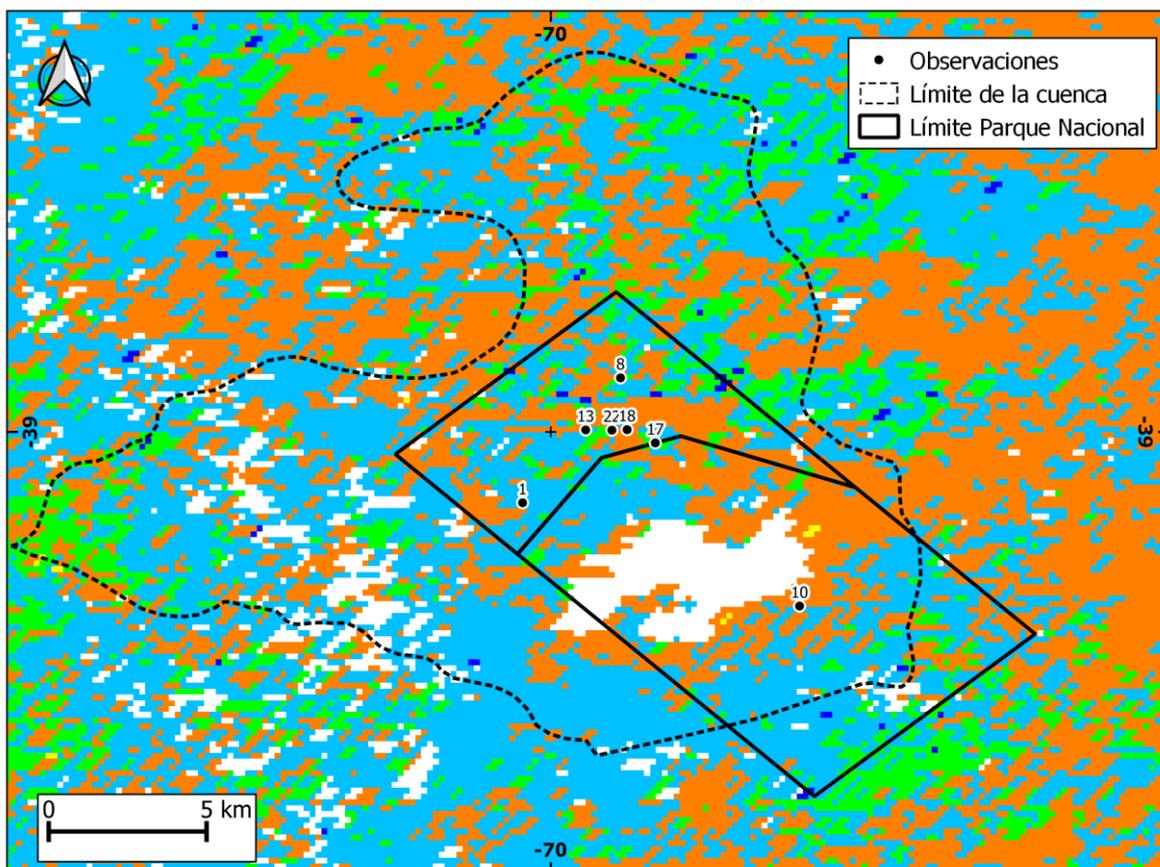
	Superficie (ha)=	278,7
	Receptividad anual EO =	28,3
	Receptividad anual EV =	3,1
	Receptividad UGO =	40,7

Tipo de vegetación	Superficie ganadera (ha)	Productividad Forrajera		Factor de uso (%)	Receptividad anual (EO/año)
		Anual de pastos (kgMS/ha/año)	Estival de arbustos (kgMS/ha/verano)		
Estepa gramínea	0	-	-	-	-
Estepa arbustivo-gramínea media	0	-	-	-	-
Estepa arbustivo-gramínea baja	278,7	40	150	0,25	28.3
Mallín muy húmedo	0	-	-	-	-
Mallín húmedo	0	-	-	-	-
Mallín subhúmedo	0	-	-	-	-

3. Dinámica y prospectiva de la actividad de la vegetación

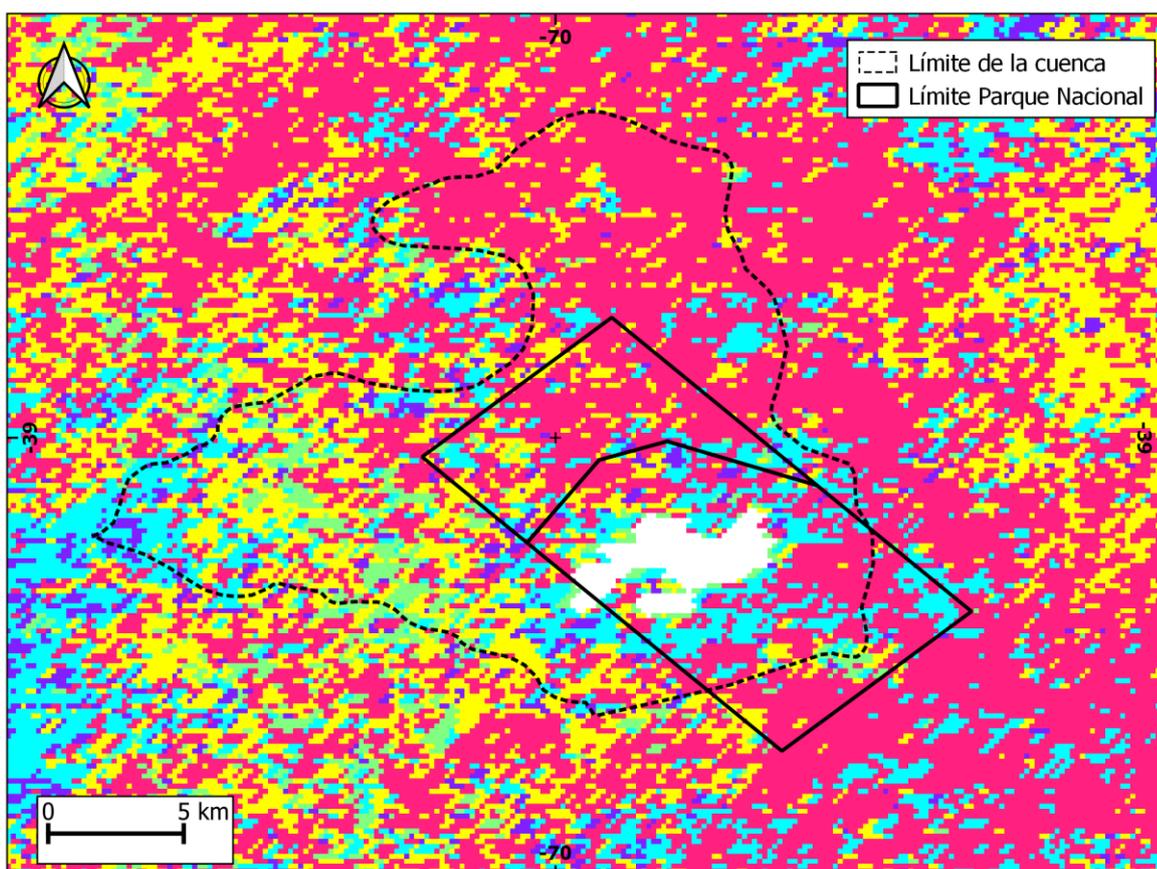
3.1. Análisis a escala zonal

El análisis de la tendencia cíclica del NDVI (Mapa 1) indica que en la cuenca de Laguna Blanca se registra una dominancia de un comportamiento de Recaída Inicial, especialmente en el sector sur, en el oeste (subcuencas del arroyo del Llano Blanco y Pichi Ñireco) y extremo norte. Por otro lado, se registran zonas en Recuperación Inicial, particularmente en la zona intermedia de la cuenca al norte, al noreste del Parque Nacional (asociado al área de pastoreo de Florentino), y alrededor de la Laguna Blanca, especialmente al sur y al este.



Mapa 1: Tendencia Cíclica de NDVI (serie 2000-2019) en la cuenca del Parque Nacional Laguna Blanca. Las líneas negras continuas identifican límites del Parque Nacional Laguna Blanca, líneas negras cortadas los límites de la cuenca. Referencia de colores de Ciclos de Tendencia: Creciente (azul ■), Recaída Inicial (turquesa ■), Recaída Avanzada (amarillo ■), Decreciente (rojo ■), Recuperación Inicial (naranja ■), Recuperación Avanzada (verde ■), Sin Ciclo de Tendencia (blanco) (ver Figura 2).

Respecto al ritmo de cambio de la tendencia cíclica (Mapa 2), se registran tres situaciones diferenciales en la cuenca de Laguna Blanca. Por un lado, las zonas centro-norte y extremo sureste, tanto de la cuenca como de los límites del Parque Nacional, se encuentran dominadas por un declive acelerado, sugiriendo una confirmación de un cambio hacia una fase con dirección negativa a mediano plazo. Por otro lado, el sector central en torno a la Laguna Blanca registra un ritmo de cambio crecientemente lento o desacelerando, sugiriendo que la recuperación inicial comienza a frenarse y estabilizarse en los valores actuales. Finalmente, hacia el oeste, en las subcuencas altas del arroyo Llano Blanco y Pichi Ñireco, predomina una fase estable o de declive lento, que estaría ocurriendo en valores recientes máximos registrados por la tendencia cíclica.



Mapa 2: Ritmo de cambio de la tendencia cíclica en la cuenca de Laguna Blanca, líneas negras cortadas los límites de la cuenca. Referencias: Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, azul ■), Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, turquesa ■), Sin cambios (sentido neutro y tasa de cambio neutro, verde ■), Declive lento (sentido negativo y con tasa positiva, amarillo ■), Declive acelerado (sentido negativo y con tasa negativa, rojo ■).

Considerando la combinación entre la información de la tendencia cíclica y el ritmo de cambio de la misma, se identificaron cuatro situaciones diferenciales en términos del nivel de riesgo futuro en la cuenca de Laguna Blanca (Tabla 3). En primer lugar, en la zona oeste asociada a

las subcuencas medias y altas del arroyo Llano Blanco y Pichi Ñireco (fuera de los límites del Parque Nacional), predomina una fase estable o de declive lento, que estaría ocurriendo en valores recientes máximos registrados por la tendencia cíclica. Dichas zonas registran el menor nivel de riesgo del área de estudio. En segundo lugar, el extremo sureste, tanto de la cuenca como dentro de los límites del Parque Nacional, se encuentra dominado por una tendencia cíclica de recaída inicial (desde valores recientes máximos), pero con un ritmo de cambio en declive acelerado, sugiriendo una confirmación de un cambio hacia una fase con dirección negativa a mediano plazo. En tercer lugar, el sector central en torno a la Laguna Blanca (especialmente en los sectores sur y este-noreste) registran un ritmo de cambio crecientemente lento o desacelerando, sugiriendo que la recuperación inicial comienza a frenarse y a estabilizarse en los valores actuales. Finalmente, la zona centro-norte de la cuenca (y sector centro-noroeste dentro del Parque Nacional) se encuentra con una dominancia de una tendencia cíclica en recuperación inicial, con áreas que registran una recaída incipiente desde valores máximos recientes, pero cuyo ritmo de cambio es de declive acelerado. Esta situación sugiere que es la zona de mayor precaución, debido a que estaría experimentando un freno al proceso de recuperación y una potencial transición con dirección negativa a mediano plazo.

Tabla 3. Identificación de zonas en la cuenca de Laguna Blanca con diferentes niveles de riesgo, identificados a partir de la información de la Tendencia cíclica y el Ritmo de Cambio de la productividad de la vegetación.

Zona	Ubicación	Ciclo de Tendencia	Ritmo de cambio	Situación	Nivel de Riesgo
A	Oeste (subcuencas del arroyo del Llano Blanco y Pichi Ñireco) y extremo norte	Recaída inicial	Estable / Declive lento	Sin problemas, en valores máximos	-
B	Extremo sureste	Recaída inicial	Declive acelerado	Precaución mediano plazo > De valores máximos a transición negativa	
C	Alrededor de Laguna Blanca (especialmente sur y este-noreste)	Recuperación inicial	Crecimiento lento/Declive acelerado	Precaución mediano plazo > Recuperación frenando	
D	Centro-Norte	Recuperación inicial dominante (recaída incipiente en áreas)	Declive acelerado	Precaución > Freno de recuperación y transición negativa a mediano plazo	+

3.2. Análisis a escala de pixel, por tipo de vegetación

En esta sección se describen en detalle la dinámica temporal del NDVI en la serie 2000-2018 y la prospectiva de la actividad de la vegetación para siete sitios específicos del Parque Nacional Laguna Blanca: mallín muy húmedo, mallín húmedo, mallín subhúmedo, mallín salino, estepa gramínea, estepa arbustiva gramínea media y baja. Todos los sitios se encuentran asociados a una evaluación forrajera del pastizal (EFP) realizada a campo.

Mallín muy húmedo

Área de pastoreo: Isabel Quilaleo

-70.39011, -38.99943; EFP #13

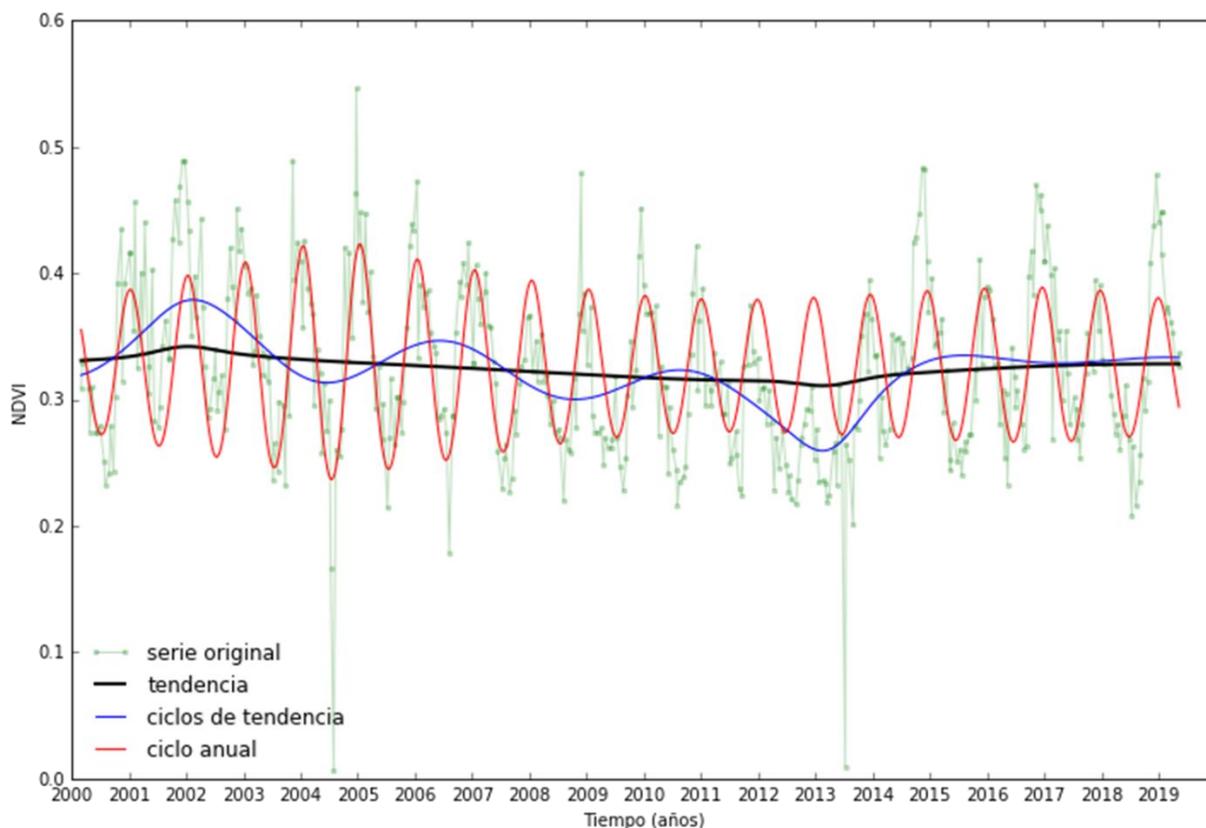


Figura 7. Dinámica de la vegetación estimada a través de la serie de NDVI 2000-2019, para mallín muy húmedo (área de pastoreo Isabel). Referencias: Datos originales (puntos verdes), tendencia (línea negra), ciclo de tendencia (línea azul, CT), ciclo anual (línea roja).

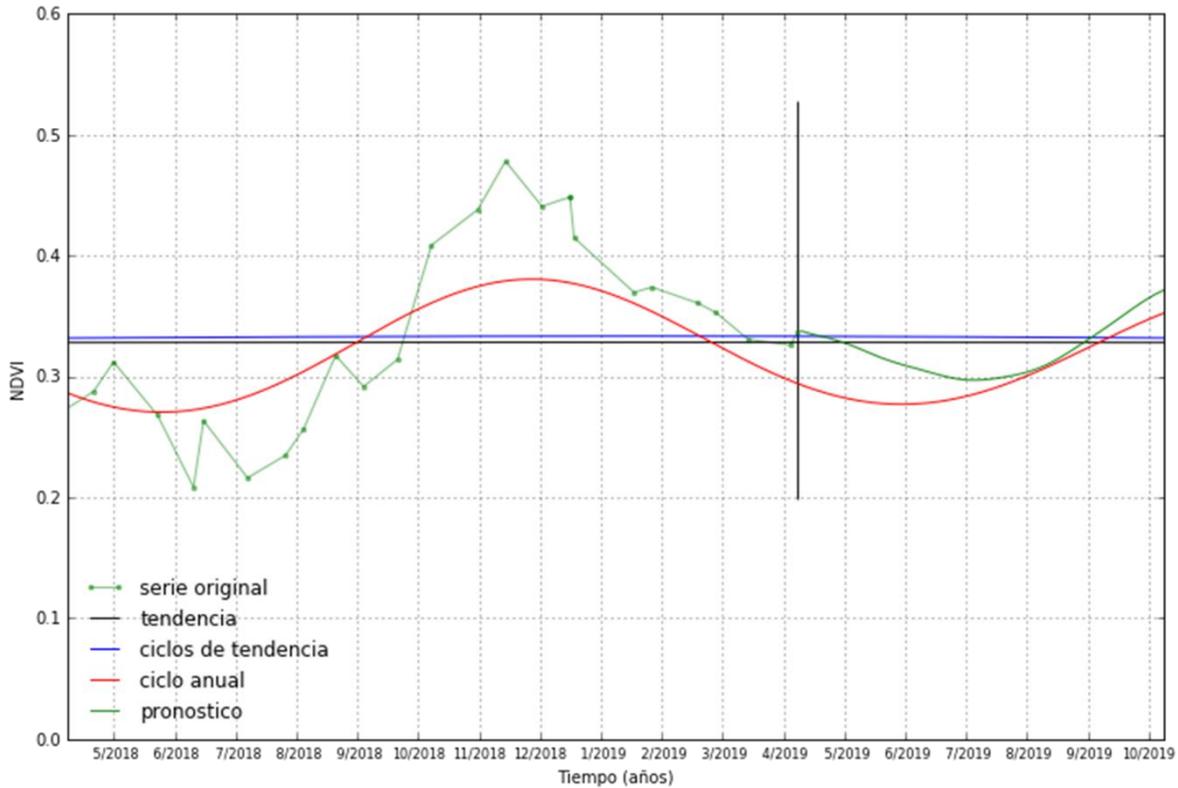


Figura 8. Prospectiva de la dinámica temporal de la vegetación para el primer semestre de 2019, estimadas a principios de abril de 2019 (línea negra vertical) de un mallín muy húmedo (área pastoreo Isabel). Referencias: Datos originales año 2018 (puntos verdes), función de la dinámica estimada sin ruido (línea verde claro), tendencia (línea azul), ciclo de tendencia (línea roja).

Tendencia cíclica: Recuperación inicial. La dinámica de la productividad muestra un ciclo de tendencia oscilante, en torno a una tendencia estable a lo largo del tiempo. El valor máximo ocurrió en el año 2002, a partir del cual comenzó a disminuir hasta alcanzar un valor mínimo en el año 2013, recuperándose luego durante 2014-2015, manteniéndose en torno a la tendencia en los años siguientes. La amplitud del ciclo anual también presentó un proceso de reducción desde valores máximos en 2004-2005 hacia una amplitud menor entre 2010-2013, ampliándose levemente en los últimos años de la serie. Los valores estivales del año 2019, junto al 2017 y 2015 se ubicaron en niveles máximos, similares a los históricos de la serie (Fig. 7). La proyección para la primavera-verano 2019 registra valores por encima de los valores promedio de los últimos años a partir de octubre, logrando un pico estival superior al promedio estacional (Fig. 8).

Mallín húmedo

Área de pastoreo: Florentino

-70.37035, -39.00316; EFP #17

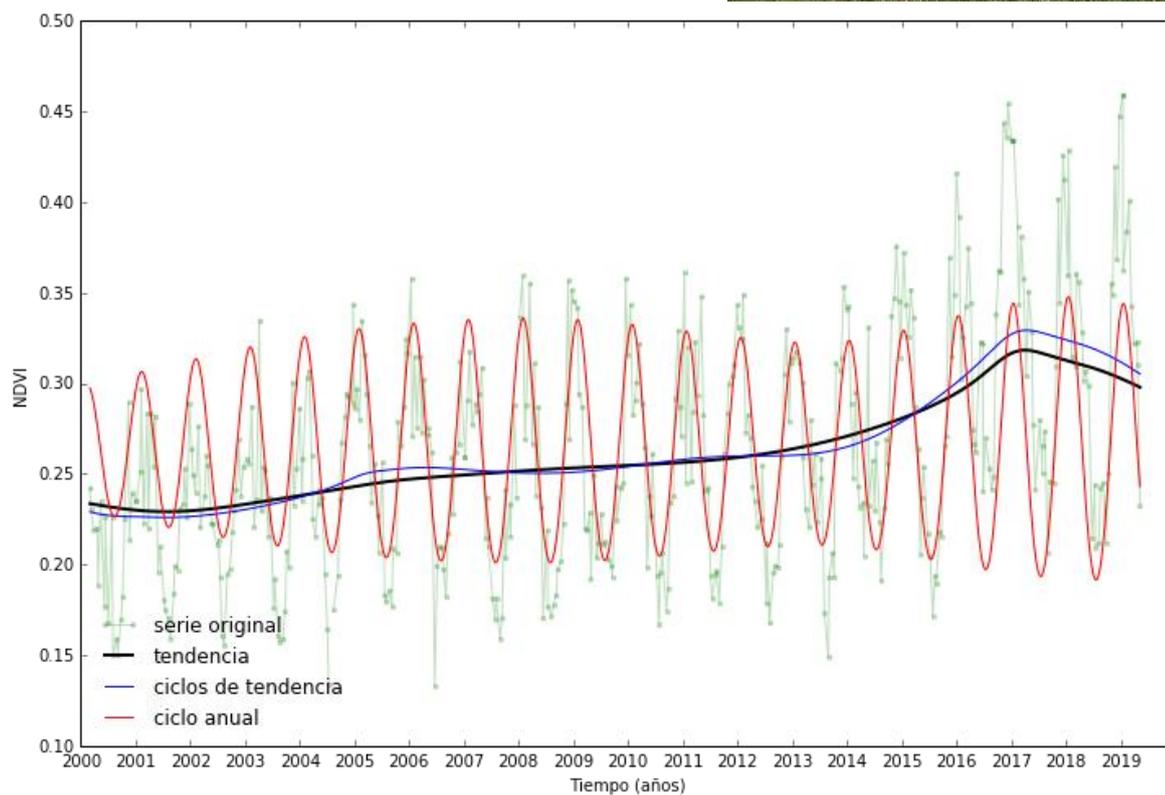


Figura 9. Dinámica de la vegetación estimada a través de la serie de NDVI 2000-2019, para un mallín húmedo (área de pastoreo Florentino). Referencias: Datos originales (puntos verdes), tendencia (línea negra), ciclo de tendencia (línea azul, CT), ciclo anual (línea roja).

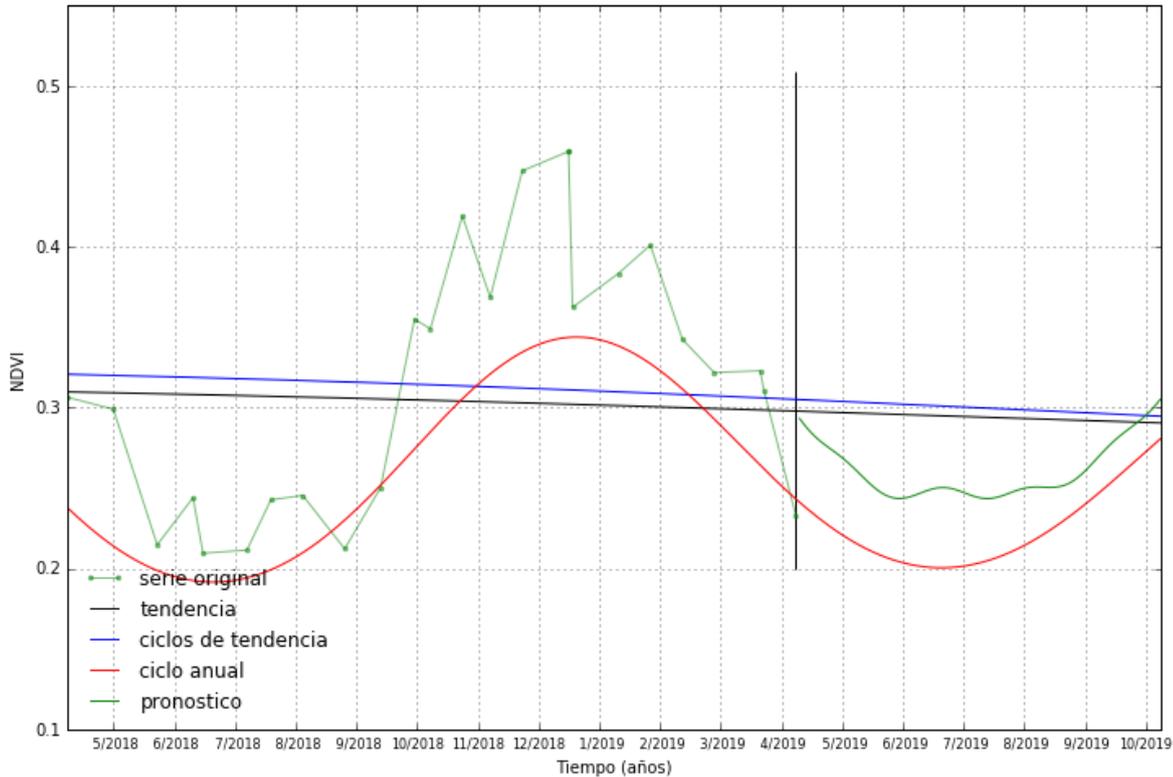


Figura 10. Prospectiva de la dinámica temporal de la vegetación para el primer semestre de 2019, estimadas a principios de abril de 2019 (línea negra vertical) de un mallín húmedo (área de pastoreo Florentino). Referencias: Datos originales año 2018 (puntos verdes), función de la dinámica estimada sin ruido (línea verde claro), tendencia (línea azul), ciclo de tendencia (línea roja).

Tendencia cíclica: Recaída inicial. La dinámica de la productividad muestra un ciclo de tendencia creciente durante el período 2001-2017 (con un pico en 2017), registrando un cambio de dirección y retracción en los últimos dos años. El ciclo de tendencia y la tendencia mantienen comportamientos muy similares a largo del tiempo, lo cual sugiere que la tendencia incremental a largo plazo tuvo mayor relevancia en la dinámica, respecto de la ocurrencia de ciclos interanuales. La amplitud del ciclo anual también presentó un proceso de amplificación en dos etapas, una de ellas al inicio de la serie (entre el año 2000 y 2006) y la segunda al final de la serie (entre el año 2013 y el 2019). Los valores estivales de los años 2016 al 2019 se ubicaron en niveles máximos de toda la serie, registrando un 25% más que entre 2008-2012 (Fig. 9). La proyección para la primavera-verano 2019 registra niveles por encima de los valores promedio de los últimos años a partir de octubre, logrando un pico estival también superior al promedio estacional (Fig. 10).

Mallín subhúmedo

Área de pastoreo: Isabel Quilaleo

-70.38265, -38.99950; EFP # 22

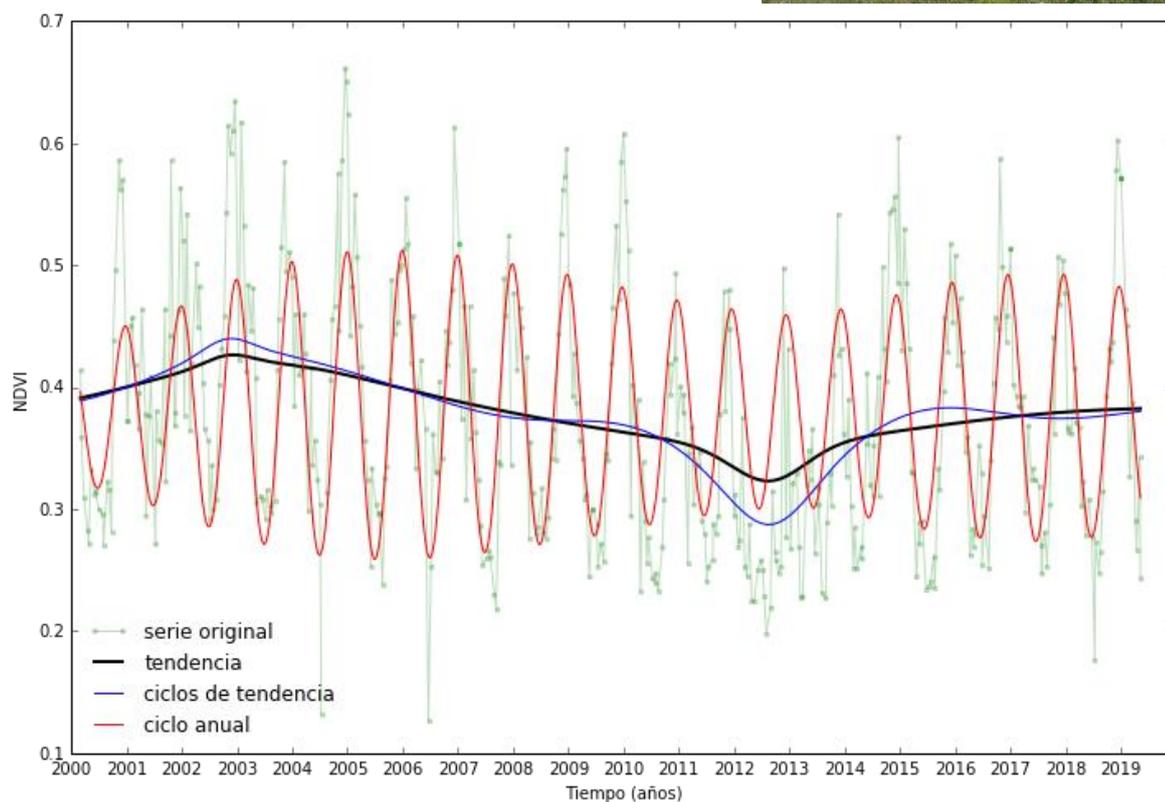


Figura 11. Dinámica de la vegetación estimada a través de la serie de NDVI 2000-2019, para mallín sub-húmedo (área de pastoreo Isabel). Referencias: Datos originales (puntos verdes), tendencia (línea negra), ciclo de tendencia (línea azul, CT), ciclo anual (línea roja).

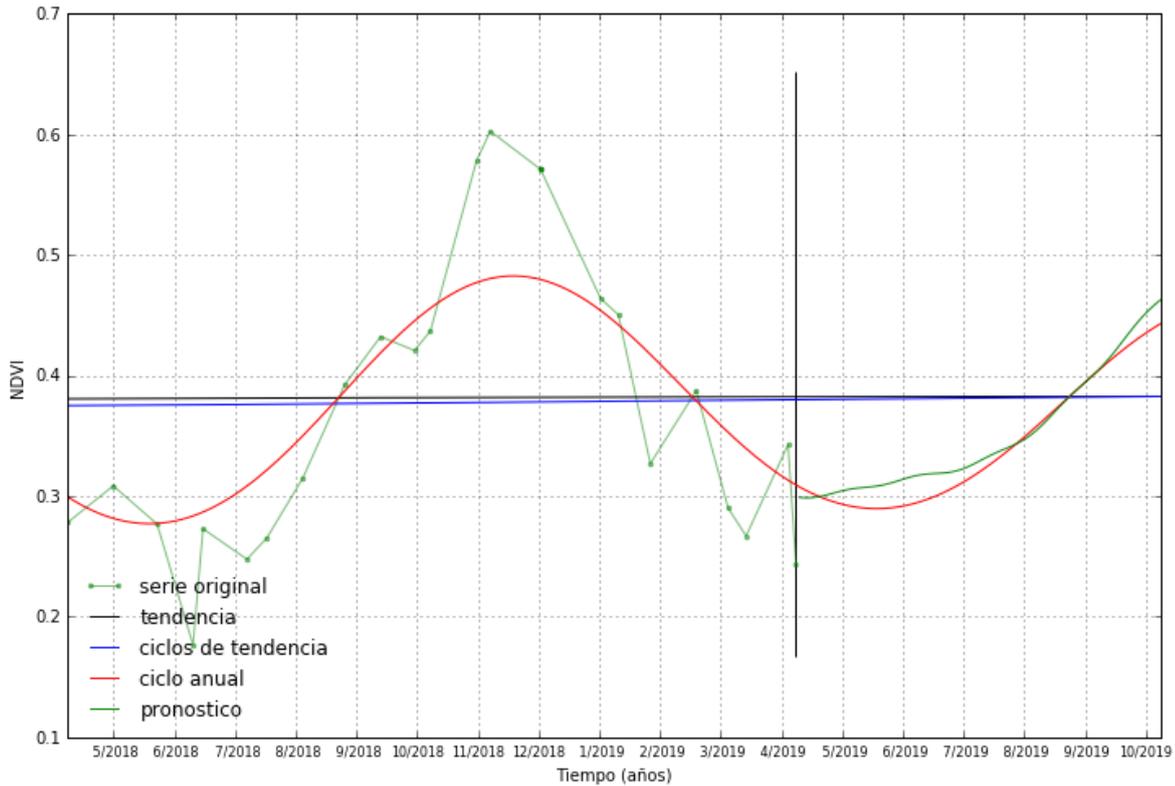


Figura 12. Prospectiva de la dinámica temporal de la vegetación para el primer semestre de 2019, estimadas a principios de abril de 2019 (línea negra vertical) de mallín sub-húmedo (área de pastoreo Isabel). Referencias: Datos originales año 2018 (puntos verdes), función de la dinámica estimada sin ruido (línea verde claro), tendencia (línea azul), ciclo de tendencia (línea roja).

Tendencia cíclica: Fase negativa > Recuperación inicial. La tendencia cíclica osciló entre un máximo en el año 2003 hacia un mínimo en el año 2012, recuperando posteriormente entre 2013 y 2019, pero aún con valores menores a los de la década pasada. La amplitud del ciclo anual fue máxima en el período 2005-2006, disminuyendo a valores mínimos entre 2012-2014, ampliándose nuevamente con posterioridad, en conjunción con el incremento de la tendencia. Los valores estivales de los años 2015, 2017 y 2019 presentaron picos similares a los máximos históricos, aunque un 8% por debajo de los valores máximos alcanzados en el año 2005 (Fig. 11). La proyección para la primavera se ubica en torno a los valores promedio de los últimos años, superando en noviembre y diciembre próximo el pico promedio estival (Fig. 12).

Mallín salino

Área de pastoreo: Reserva

-70.37831, -38.99935; EFP # 18

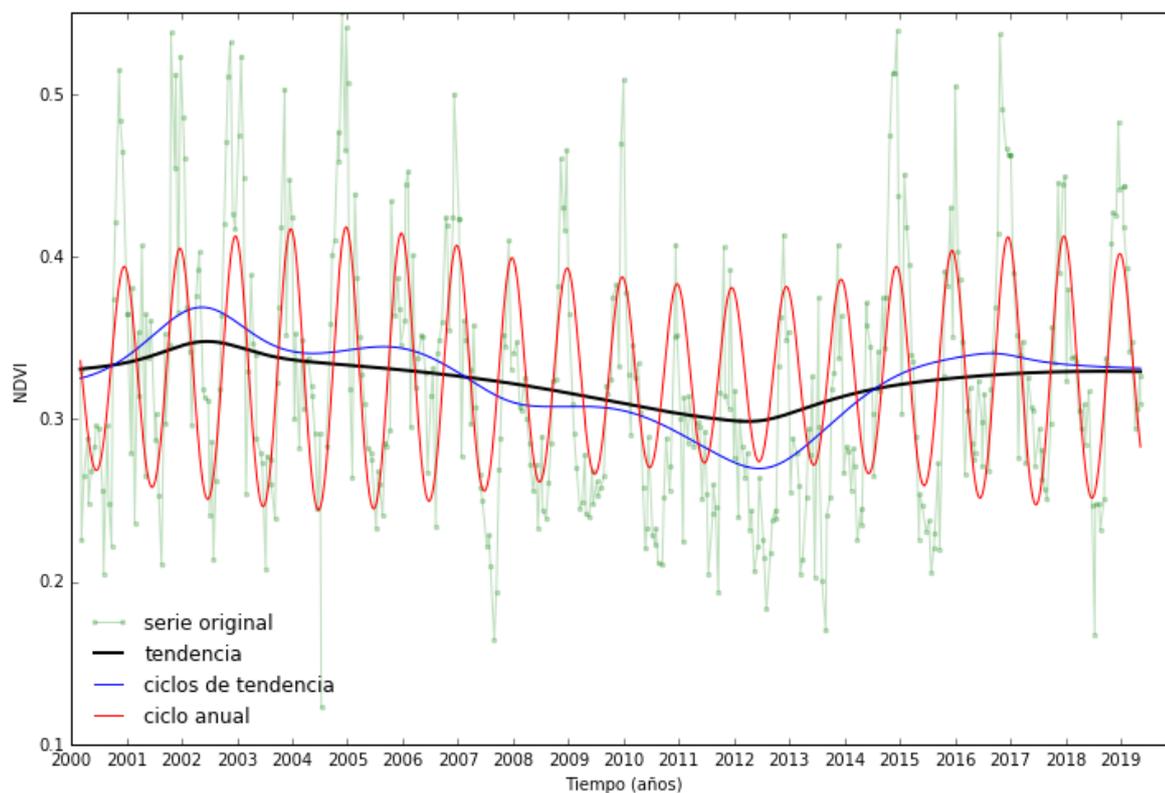


Figura 13. Dinámica de la vegetación estimada a través de la serie de NDVI 2000-2019, para un mallín salino (área PN). Referencias: Datos originales (puntos verdes), tendencia (línea negra), ciclo de tendencia (línea azul, CT), ciclo anual (línea roja).

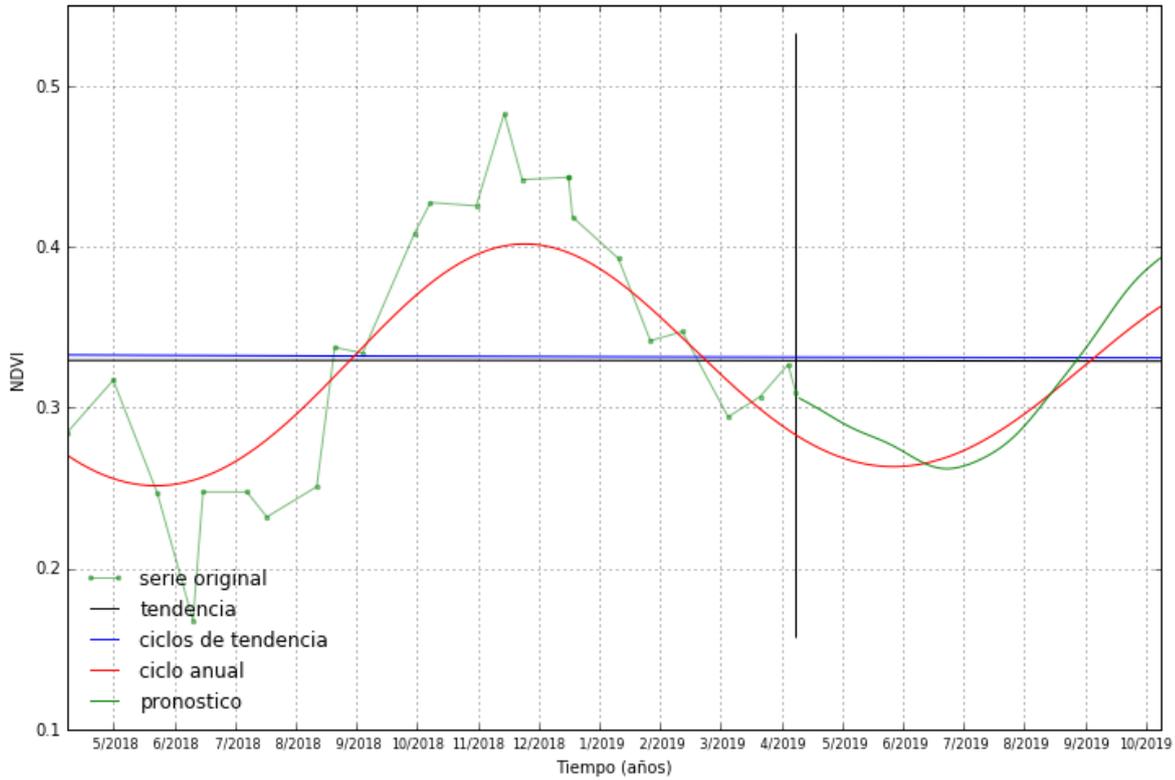


Figura 14. Prospectiva de la dinámica temporal de la vegetación para el primer semestre de 2019, estimadas a principios de abril de 2019 (línea negra vertical) de un mallín salino (área de pastoreo PN). Referencias: Datos originales año 2018 (puntos verdes), función de la dinámica estimada sin ruido (línea verde claro), tendencia (línea azul), ciclo de tendencia (línea roja).

Tendencia cíclica: Fase negativa > Recuperación inicial. La tendencia cíclica osciló entre un máximo en el año 2002 hacia un mínimo en el año 2012, recuperando posteriormente entre 2013 y 2019, pero aún con valores levemente menores a los de inicios de la década pasada. La amplitud del ciclo anual fue máxima en el período 2004-2005, disminuyendo a valores mínimos entre 2012-2013, ampliándose nuevamente con posterioridad, en conjunción con el incremento de la tendencia. Los valores estivales de los años 2018 y 2019 se ubicaron aproximadamente un 20% por debajo de los valores máximos alcanzados en los años 2015-2017 y al inicio de la década pasada entre 2002 y 2004 (Fig. 13). La proyección para la primavera se ubica en torno a los valores promedio de los últimos años, superando entre octubre y enero próximo el pico promedio estival (Fig. 14).

Estepa graminosa

Área de pastoreo: Isabel Quilaleo

-70.40805, -39.02029; EFP #1

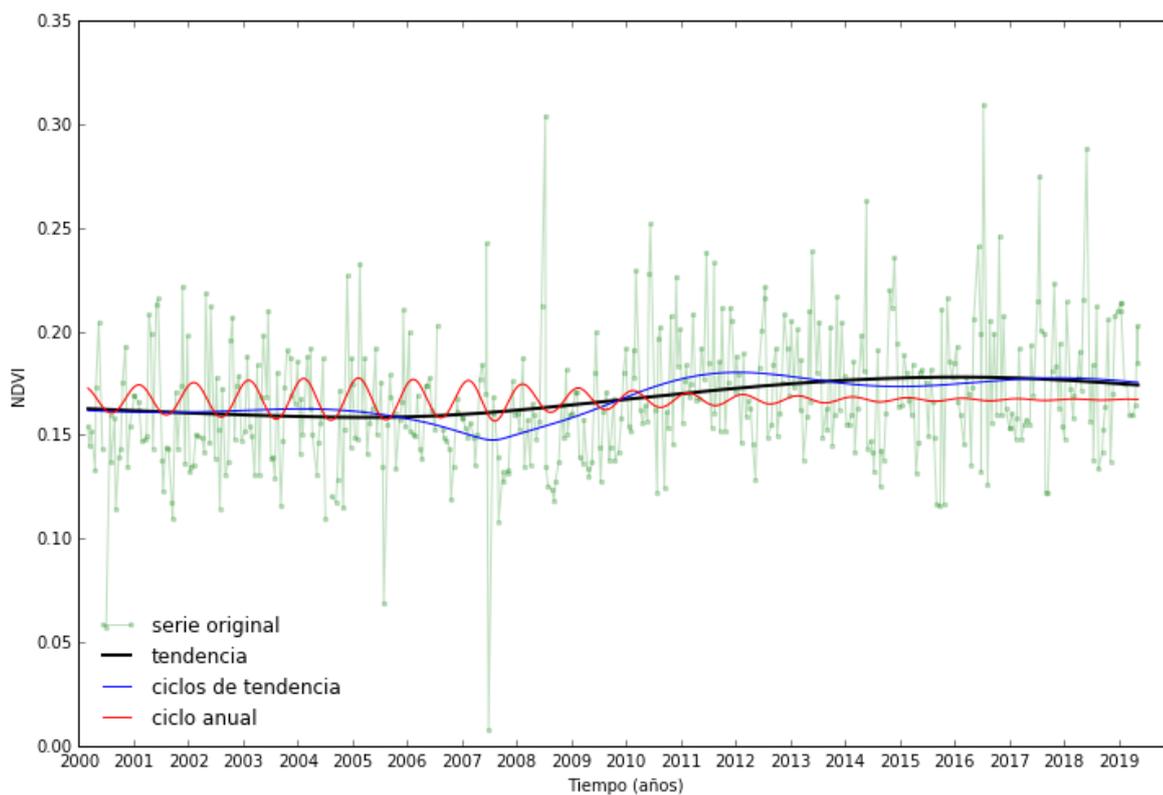


Figura 15. Dinámica de la vegetación estimada a través de la serie de NDVI 2000-2019, para una estepa graminosa (área de pastoreo Isabel). Referencias: Datos originales (puntos verdes), tendencia (línea negra), ciclo de tendencia (línea azul, CT), ciclo anual (línea roja).

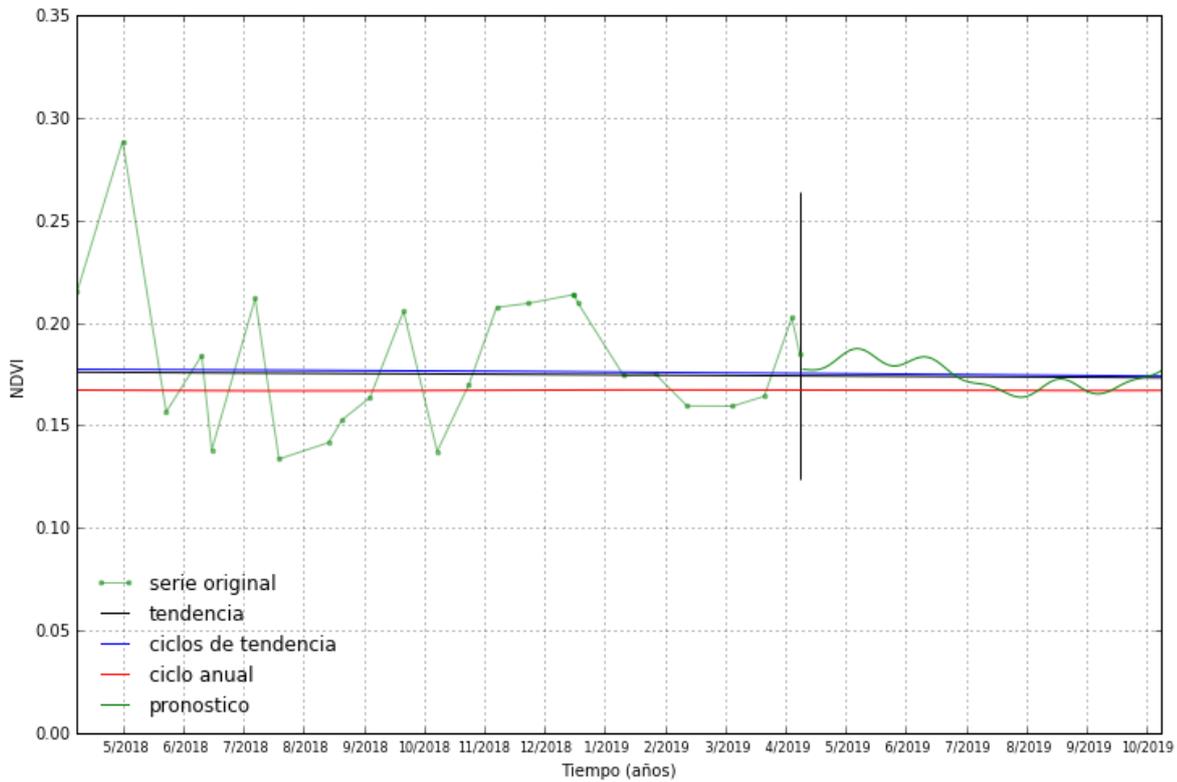


Figura 16. Prospectiva de la dinámica temporal de la vegetación para el primer semestre de 2019, estimadas a principios de abril de 2019 (línea negra vertical) de una estepa graminosa (área pastoreo Isabel). Referencias: Datos originales año 2018 (puntos verdes), función de la dinámica estimada sin ruido (línea verde claro), tendencia (línea azul), ciclo de tendencia (línea roja).

Tendencia cíclica: Fase positiva > Recaída inicial. La tendencia cíclica osciló entre un mínimo en el año 2007 hacia un máximo en el año 2012, manteniéndose estable en torno a la tendencia entre 2013 y 2019 en valores máximos de toda la serie. De todas maneras, los valores de toda la serie son muy bajos, reflejando una baja productividad del pastizal. La amplitud del ciclo anual fue acotada, aunque estable en el período 2000-2008, disminuyendo progresivamente con posterioridad hasta hacerse nula a partir del año 2016. (Fig. 15). La proyección para la primavera se ubica oscilando en torno a los valores promedio de los últimos años (Fig. 16).

Estepa arbustiva graminosa (media)

Área de pastoreo: Huanque

-70.32925, -39.04989; EFP # 10

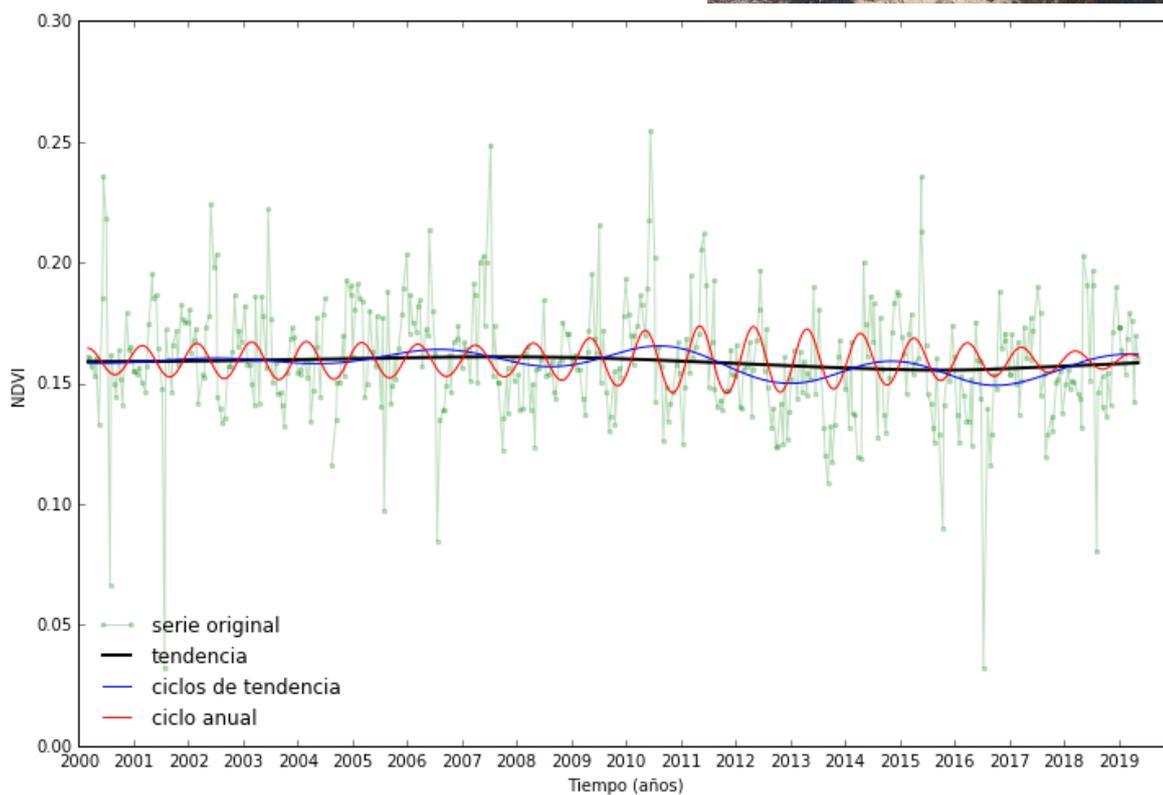


Figura 17. Dinámica de la vegetación estimada a través de la serie de NDVI 2000-2019, para una estepa arbustivo-graminosa (área de pastoreo Huanque). Referencias: Datos originales (puntos verdes), tendencia (línea negra), ciclo de tendencia (línea azul, CT), ciclo anual (línea roja).

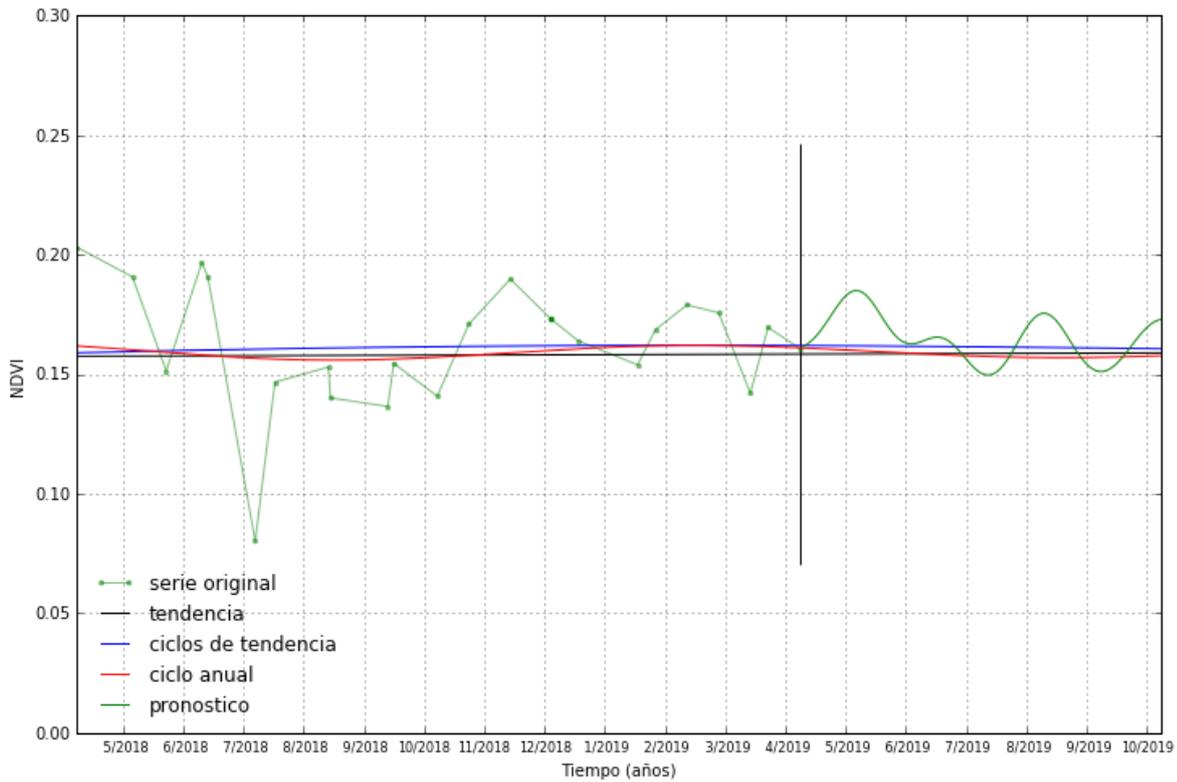


Figura 18. Prospectiva de la dinámica temporal de la vegetación para el primer semestre de 2019, estimadas a principios de abril de 2019 (línea negra vertical) de una estepa arbustivo-graminosa (área pastoreo Huanque). Referencias: Datos originales año 2018 (puntos verdes), función de la dinámica estimada sin ruido (línea verde claro), tendencia (línea azul), ciclo de tendencia (línea roja).

Tendencia cíclica: Estable. La tendencia cíclica osciló en torno a la tendencia, especialmente a partir del año 2006 en adelante. De todas maneras, los valores de toda la serie son muy bajos, reflejando una baja productividad del pastizal. La amplitud del ciclo anual fue también acotada, ampliándose levemente en el período 2010-2014, y disminuyendo progresivamente con posterioridad hasta hacerse mínima en los años 2018-2019. (Fig. 17). La proyección para la primavera se ubica oscilando en torno a los valores promedio de los últimos años (Fig. 18).

Estepa arbustiva graminosa (baja)

Área de pastoreo: Ñancuqueo

-70.38019, -38.98451; EFP # 8

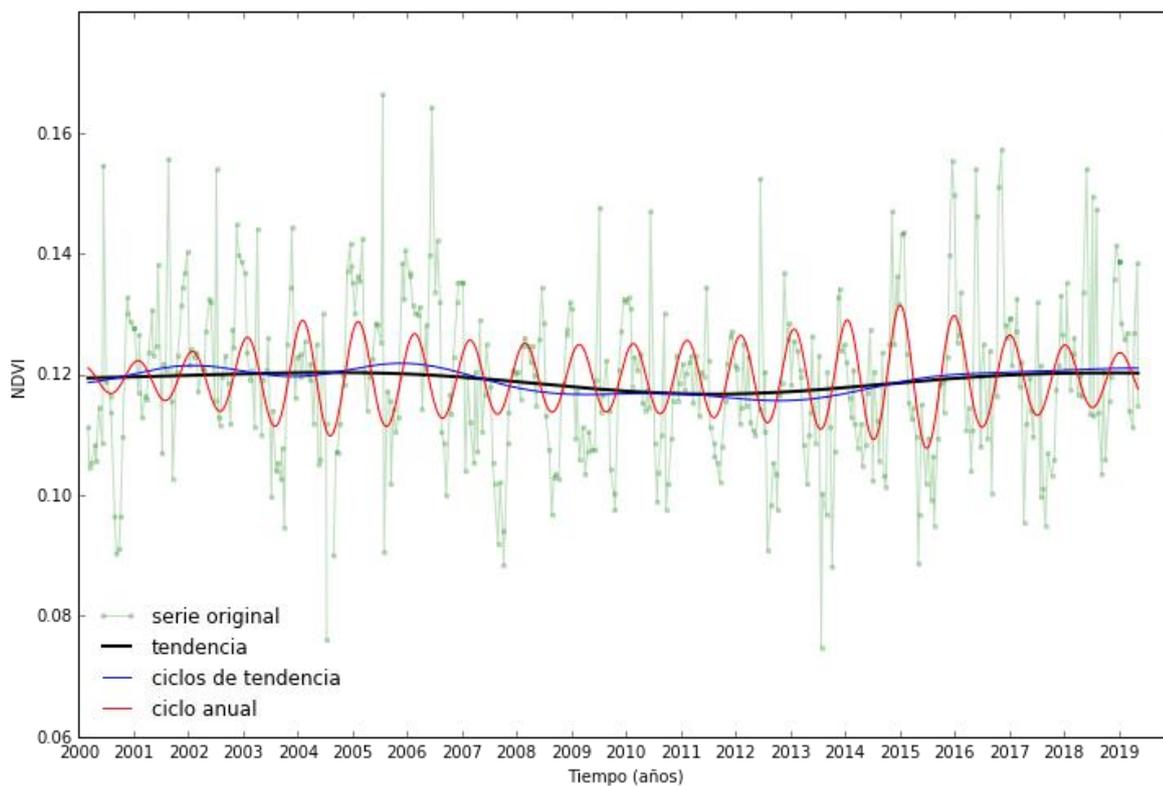


Figura 19. Dinámica de la vegetación estimada a través de la serie de NDVI 2000-2019, de una estepa arbustivo-graminosa baja (área pastoreo Ñancuqueo). Referencias: Datos originales (puntos verdes), tendencia (línea negra), ciclo de tendencia (línea azul, CT), ciclo anual (línea roja).

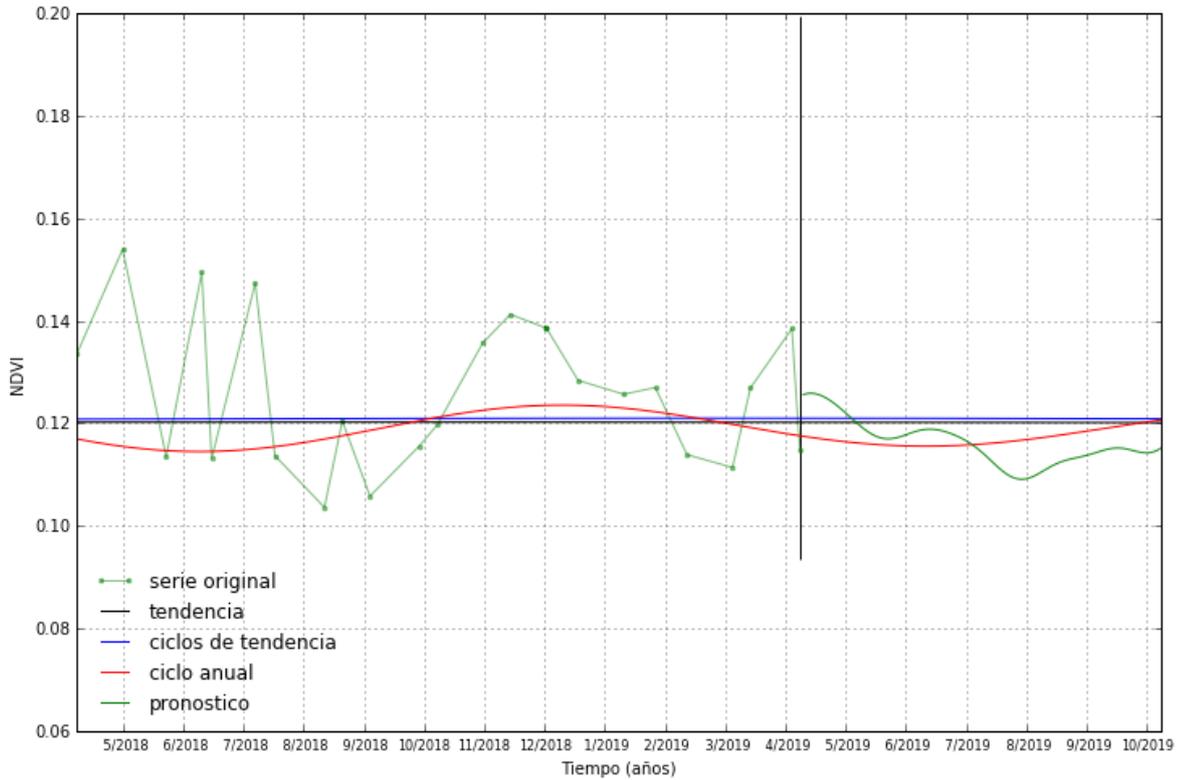


Figura 20. Prospectiva de la dinámica temporal de la vegetación para el primer semestre de 2019, estimadas a principios de abril de 2019 (línea negra vertical) de una estepa arbustivo-graminosa baja (área pastoreo Ñancuqueo). Referencias: Datos originales año 2018 (puntos verdes), función de la dinámica estimada sin ruido (línea verde claro), tendencia (línea azul), ciclo de tendencia (línea roja).

Tendencia cíclica: Estable. La tendencia cíclica osciló muy levemente entre un máximo en el año 2006 hacia un mínimo en el año 2011-2012, recuperándose con posterioridad para mantenerse estable en torno a la tendencia entre 2016 y 2019 en valores máximos de toda la serie. De todas maneras, los valores de toda la serie son muy bajos, reflejando una muy baja productividad del pastizal. La amplitud del ciclo anual fue acotada, aumentando levemente en el período 2004-2005, disminuyendo progresivamente con posterioridad hasta el año 2011, para ampliarse posteriormente entre 2012-2016, y finalmente retraerse entre 2016 y 2019 (Fig. 19). La proyección para la primavera se ubica oscilando en torno o con niveles levemente superiores a los valores promedio de los últimos años (Fig. 20).

4. ANEXO: Datos comparativos con estudios previos.

A modo de analizar y comprender las diferencias de la información contenida en este informe con la presentada en estudios de evaluación de pastizales pre-existentes, se describen a continuación algunos gráficos comparativos. Los documentos a analizar son los siguientes:

- Año 2000: Evaluación de la vegetación y recomendaciones para su recuperación en el PNLB del año 2000 - INTA Bariloche

- Año 2012: Evaluación de pastizales y estado de la carga ganadera del PNLB - DRP APN

- Año 2017: Evaluación de pastizales PNLB - DRP APN

La receptividad ganadera resultante es considerablemente distinta entre estos estudios (Figura Anexo1).

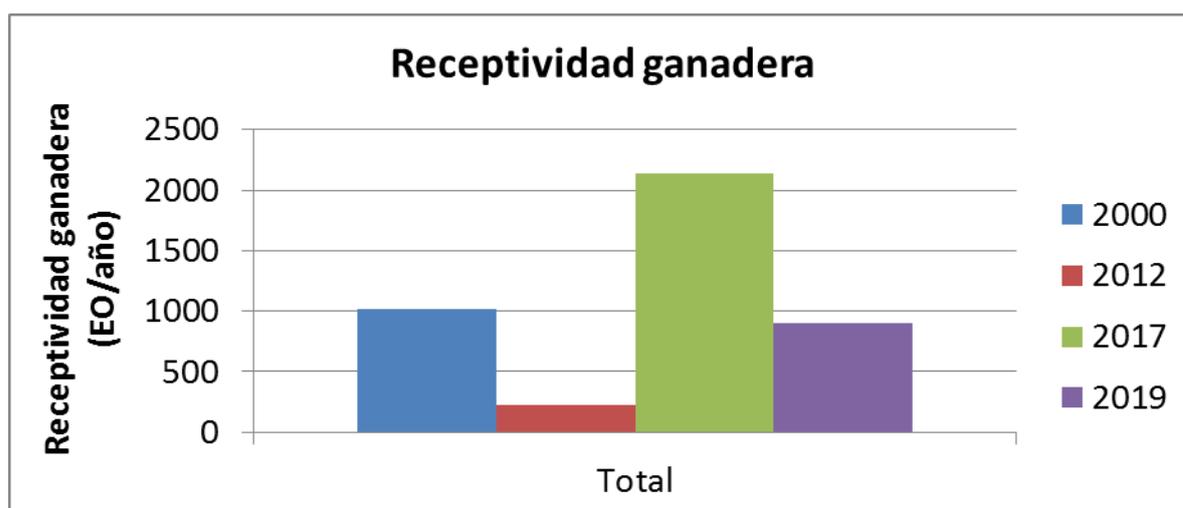


Figura Anexo 1. Receptividad ganadera total del PN Laguna Blanca resultante en los estudios de evaluación forrajera del año 2000, 2012, 2017 y 2019.

Esto puede estar explicado por diversos factores: la variación, aunque pequeña, que sufrió la superficie por área de pastoreo en el tiempo (Figura Anexo2), la productividad forrajera estimada y/o por el factor de uso asignado a cada tipo de vegetación (Tabla Anexo 1).

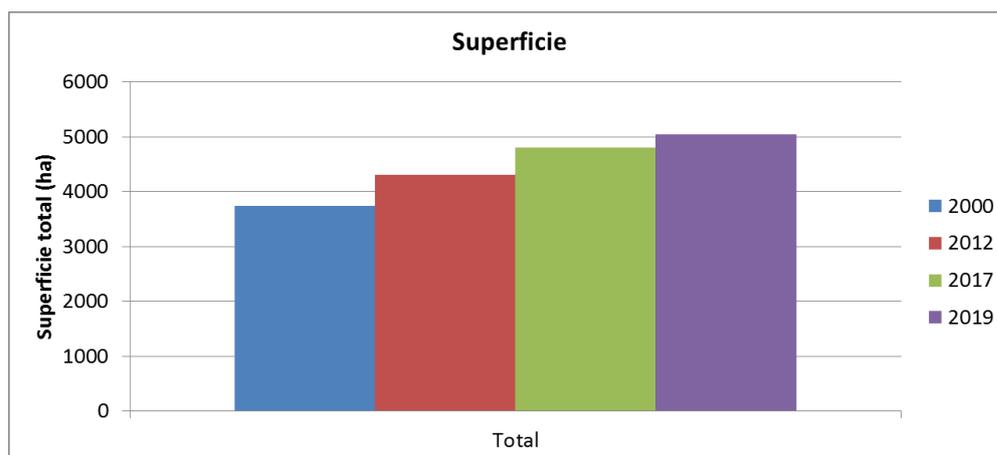


Figura Anexo 2. Superficie de pastoreo utilizada como dato en los estudios de evaluación forrajera del año 2000, 2012, 2017 y 2019.

Tabla Anexo 1. Productividad forrajera (kg MS/ha/año) y Factor de uso (%) utilizados en los estudios de evaluación forrajera de los años 2000, 2012, 2017 y 2019. Se muestran los valores promedio.

	2000	2012	2017	2019
Tipo de vegetación	Productividad forrajera (kgMS/ha/año)			
Estepa	50	50	200	150
Mallín	700	500	1500	2750
	Factor de uso asignado (%)			
Estepa	50	20	50	25
Mallín	70	30	50	50

Las mayores diferencias entre la receptividad del año 2017 y del 2019 radican principalmente en estas dos últimas variables (productividad y factor de uso). Si utilizáramos los datos de superficie de 2019 combinados con el factor de uso y la productividad estimada en 2017, la receptividad aumentaría un 55%: de 900 a 1401 EO/año en total (Figura Anexo 3). En esta comparación, la receptividad del área de pastoreo de Millico aumenta muy por encima del promedio (260%), lo que indica que en 2017 la productividad de este sector puede haber sido sobreestimada. Esto se corrobora al comparar la relación Equivalente Oveja por hectárea de todas las áreas de pastoreo (Figura Anexo 3)

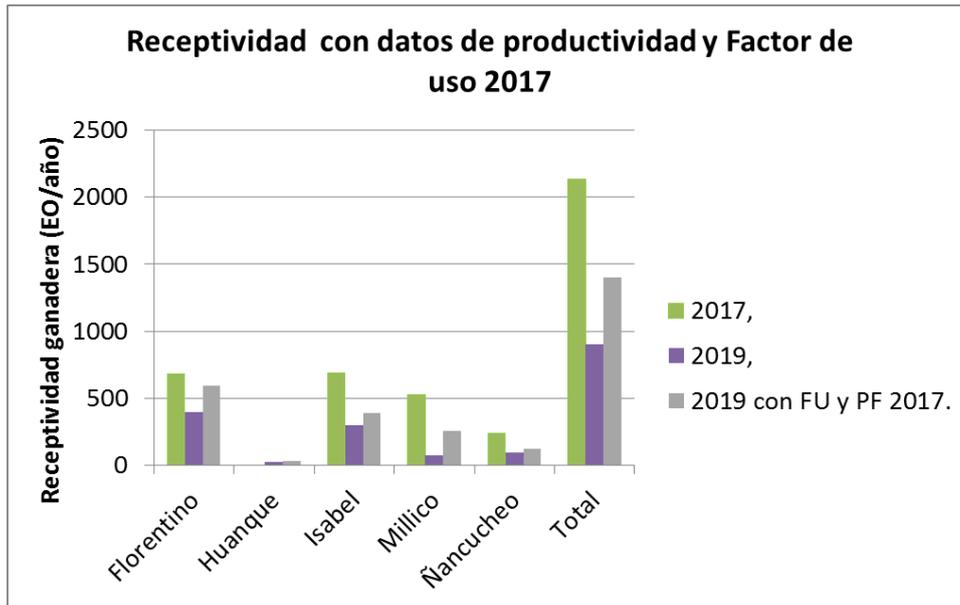


Figura Anexo 3. Receptividad ganadera para los años 2017, 2019 y un estimador de 2019 utilizando los valores de factor de Uso y productividad forrajera de 2017.

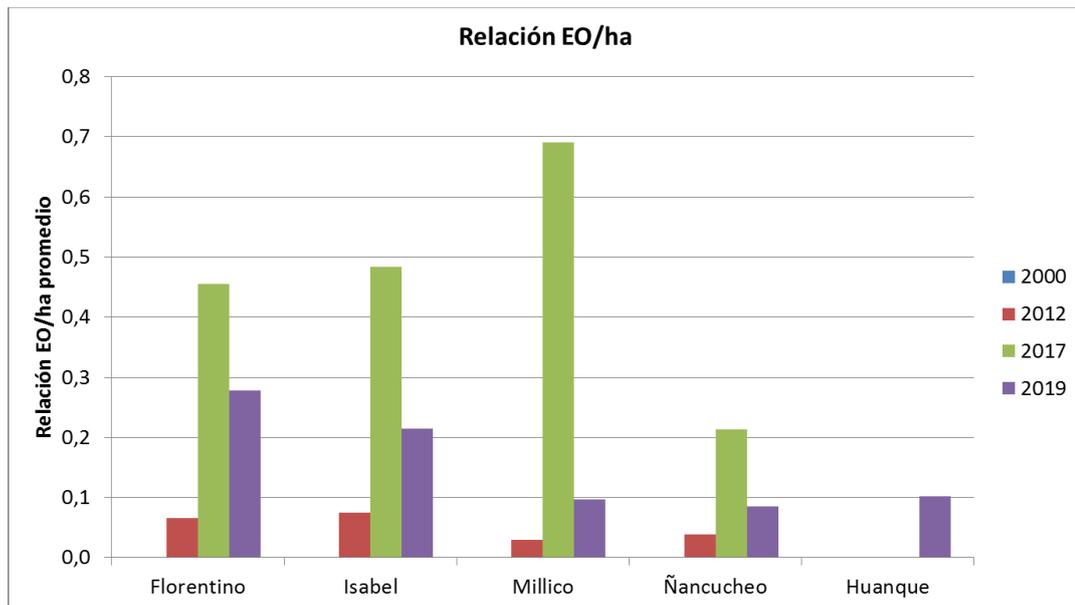


Figura Anexo 4. Relación EO/ha para los estudios de 2012, 2017 y 2019.

5. Bibliografía

- Bai ZG, Dent DL, Olsson L, Schaepman ME. 2008. Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management* 24(3): 223–234.
- Bran, D, Ayesa, J y López, C 2002. Áreas Ecológicas de Neuquén. Comunicación Técnica, Área de Recursos Naturales. INTA, EEA Bariloche, 8pp.
- Bruzzone O, Easdale MH. 2018. Gpu_pursuit, version 0.2, Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.1283338.
- Chen SS, Donoho DL, Saunders MA. 2001. Atomic decomposition by basis pursuit. *SIAM review*, 43(1), 129-159.
- Easdale MH, Bruzzone O, Mapfumo P, Tittonell P. 2018. Phases or regimes? Revisiting NDVI trends as proxies for land degradation. *Land Degradation & Development* 29, 433–445.
- Easdale MH, Fariña C, Hara S, Pérez León N, Umaña F, Tittonell P, Bruzzone O. (en prensa). Trend-cycles of vegetation dynamics as a tool for land degradation assessment and monitoring. *Ecological Indicators*.
- Girardin L., Jockers E, Villar L, Giraud C. 2011. Requerimientos y equivalencias entre especies. Páginas 64-69 en Siffredi GL, Boggio F, Giorgetti H, Ayesa J, Kröpfl A, Alvarez M. 2013. Guía para la Evaluación de Pastizales para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte - 2da ed. Ediciones INTA, Bariloche.
- Golluscio R. 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. *Ecología Austral* 19: 215-232.
- Hastings A, Wysham DB 2010. Regime shifts in ecological systems can occur with no warning. *Ecology Letters*, 13, 464–472.
- Karl JW, Herrick JE, Pyke DA. 2017. Rangeland Systems. En: Briske DD (ed.), *Rangeland Systems*, Springer Series on Environmental Management, 527-567.
- Siffredi GL., Boggio F, Giorgetti H, Ayesa J, Kröpfl A, Alvarez M. 2013. Guía para la Evaluación de Pastizales para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte - 2da ed. Ediciones INTA, Bariloche. Pags 69.