

Series:  
Comunicaciones Técnicas  
ISSN 1667-4014

**COMUNICACIÓN TÉCNICA N°139**  
**Área Recursos Naturales**  
**Pastizales Naturales**

**Evaluación forrajera y dinámica de la productividad  
de cuadros**

*Aramayo, V.; Bruzzone, O.; Castillo, D.; Easdale, M.; Raffo, F.;  
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



ESTANCIA PILAHUE  
EVALUACIÓN FORRAJERA  
Y  
DINÁMICA DE LA PRODUCTIVIDAD DE CUADROS



Diciembre 2019

Aramayo V., Bruzzone O., Castillo D., Easdale M., Raffo F., Umaña F.

INTA EEA Bariloche



Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca  
Presidencia de la Nación

## Contenido

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
METODOLOGÍA.....	5
1. Cartografía y clasificación de coberturas.....	5
2. Evaluación forrajera de pastizales.....	5
3. Estimación de la receptividad ganadera de cuadros.....	6
4. Dinámica y prospectiva de la actividad de la vegetación.....	6
RESULTADOS.....	13
1. Cartografía y clasificación de coberturas.....	13
2. Evaluación forrajera de pastizales.....	20
3. Estimación de la receptividad ganadera.....	24
Receptividad ganadera total.....	24
Receptividad ganadera por cuadro.....	26
4. Tendencia Cíclica y Ritmo de Cambio de la actividad de la vegetación.....	42
Arquetipos de la dinámica funcional de la vegetación.....	43
Referencias.....	83

## RESUMEN EJECUTIVO

En la Estancia Pilahue se evaluaron los 8 cuadros que abarcan 11.110 ha. La receptividad ganadera anual total es de 2253 EO (Equivalente Oveja), es decir, 5 ha/EO.

Actualmente la Ea. cuenta con 243 ha de mallines, lo que corresponde al 2,2 % de la superficie total (0,1 % de mallín húmedo y 2,1 % de mallín subhúmedo) y son la principal fuente de forraje de calidad de la Estancia.

Los resultados de prospectiva forrajera, basados en la dinámica del NDVI como elemento diagnóstico de la dinámica de la productividad de la vegetación en las últimas dos décadas, indican que la tendencia cíclica predominante en toda la superficie del establecimiento es de Recaída Incipiente. Esto significa que la actividad de la vegetación ha registrado valores recientes elevados, pero cuya evolución ha cambiado de sentido con orientación descendente.

La media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre los años 2014 y 2018 (luego de valores mínimos en 2012, posiblemente asociados a la interacción entre sequía y depósitos de ceniza volcánica). Los últimos dos años registran un sentido negativo, aunque aún dentro de una fase positiva.

Estos patrones observados muestran una situación corriente favorable, pero sugieren una alerta de mediano plazo, dada una tendencia que puede ser bajista en los próximos dos o tres años, y que debiera monitorearse.

En términos generales, las frecuencias medias (principalmente ciclos mayores a un año y hasta dos años) y frecuencias altas (oscilaciones y pulsos intra-anales) dominaron la mayoría de las series analizadas, mientras que el ciclo anual tuvo menos relevancia, comparativamente. Esto significa que, en los últimos 20 años, la vegetación no tuvo un registro dominado por el contraste invierno y verano. En cambio, la dinámica de la vegetación respondió mayormente a ciclos bianuales y a pulsos de corto plazo que ocurren dentro del año o de una estación, posiblemente asociados a disponibilidad de recursos (ej. humedad). Estos últimos dos patrones de comportamiento podrían incluirse en la planificación del manejo pastoril y ganadero.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue solicitado por el propietario de la Estancia Pilahue, y se realizó en el marco del Acuerdo de Servicio Técnico Especializado (STE) N° 2096 entre Estancia Pilahue S.A. y el INTA EEA Bariloche.

Los objetivos del trabajo incluyeron la generación de cartografía actualizada, la evaluación forrajera del pastizal natural, la consecuente estimación de receptividad ganadera de los cuadros, y la generación del informe de dinámica y prospectiva forrajera del establecimiento para el primer semestre de 2020.

La Estancia abarca 11110 ha (Fig. 4) y se encuentra ubicada a 200 km de la ciudad de San Carlos de Bariloche, cercana a la localidad de Mengué, provincia de Río Negro, en el área ecológica de Sierras y Mesetas.

El clima de esta zona corresponde a la categoría BSk de Köppen, de estepa fría, semiárido, con nevadas en los campos altos y lluvias invernales, con déficit de humedad desde los últimos meses de primavera hasta el otoño. La precipitación media anual ronda los 200 mm y la temperatura media los 8°C.

La geomorfología de la Ea. está compuesta mayoritariamente por sierras rocosas, caracterizadas por un relieve accidentado con sierras y lomadas surcadas por líneas de drenaje, y luego por planicies rocosas. La altitud varía entre 900 y 1300 msnm (Fig. 7 y 8), con pendientes mayores a 45% (Fig. 9).

La principal actividad productiva de la estancia Pilahue es la producción ganadera, particularmente la cría de ovejas Merino para la producción de fibra de calidad y carne. Estas producciones dependen fundamentalmente de la oferta forrajera del pastizal natural. A causa de ello, el monitoreo frecuente del estado de los pastizales y el mantenimiento de una carga animal adecuada son fundamentales para el sostenimiento en el tiempo de los índices productivos y ambientales del establecimiento.

Mediante este documento se aporta información actualizada sobre la principal fuente de forraje de la Estancia, el pastizal natural, a modo de contribuir a la toma de decisiones para una eficiente planificación del pastoreo. No obstante, esta información no reemplaza el monitoreo frecuente de los cuadros bajo uso, así como el del estado de la hacienda, ya que toda planificación debe ser flexible y adaptativa.

## METODOLOGÍA

### 1. Cartografía y clasificación de coberturas

La generación del material cartográfico se basa en la interpretación y procesamiento de imágenes del satélite Sentinel 2. Se emplearon las bandas del espectro visible e infrarrojo cercano de 10 metros de resolución óptica. Para la selección de las imágenes se priorizó la calidad y disponibilidad de las escenas para las fechas donde se observa la respuesta máxima de la vegetación.

Detalle de la Imagen:

Product uri:

S2A\_MSIL2A\_20181217T142741\_N0211\_R053\_T19GDR\_20181217T183203.SAFE

Processing level: Level-2A

Product type: S2MSI2A

Processing baseline: 02.11

Generation time: 2018-12-17T18:32:03.000000Z

Una vez definida la escena se recortó el área de interés en base a los límites perimetrales provistos por la Ea. Pilahue, obteniendo un subproducto denominado `rec_s2a_msil2a_20181217_4b.img` que mediante algoritmos y software de procesamiento de imágenes satelitales se sometió a una clasificación no supervisada con 11 clases. Con este resultado parcial se corroboraron las clases con puntos de control y 42 observaciones a campo. Una vez definidas y controladas las clases se procedió a una recodificación obteniendo una capa exclusivamente de mallines. Esta capa posteriormente se utilizó como máscara para hacer un recorte de la imagen multispectral conseguida anteriormente, y realizar otra clasificación no supervisada de 5 clases que discrimine los tipos de mallines. Así se obtuvo una capa final de unidades de paisajes por cuadros.

Se utilizó un Modelo Digital de Elevación Global ASTER V2, octubre 2011 (ASTER GDEM, de sus siglas en inglés) resolución espacial 30 metros, provisto por METI y NASA para producir los mapas de curvas de nivel (Fig. 7), pisos altimétricos (Fig. 8) y de pendientes (Fig. 9).

Los procesos fueron realizados principalmente con el software Erdas Imagine 9.3 y con el software Quantum Gis (Open Source).

### 2. Evaluación forrajera de pastizales

La evaluación forrajera de pastizales se realizó según metodología de Siffredi et al. (2013) mediante 42 evaluaciones a campo distribuidas en los 8 cuadros, y abarcando las comunidades vegetales predominantes en cada uno de ellos. 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 (%) que en la mayoría de los casos varió entre 50-70% para mallines

y 20-50% para estepas, en función del vigor de las especies forrajeras presentes. Las evaluaciones se realizaron entre el 25 y el 28 de noviembre de 2019.

### 3. Estimación de la receptividad ganadera de cuadros

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 cuadro fue calculada separadamente en base al consumo de un Equivalente Oveja (EO) (Girardin et al. 2011), de la siguiente manera:

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

Donde:

$RG_i$  = Receptividad ganadera del cuadro “i” expresada en EO.

$PF_j$  = Productividad forrajera anual del tipo de vegetación “j” en el cuadro “i”, expresada en kg de MS de forraje / ha/ año.

$FU_{ij}$  = Factor de uso asignado al tipo de vegetación “j” en el cuadro “i”, expresado en %.

$SUP_{ij}$  = Superficie ocupada por el tipo de vegetación “j” en el cuadro “i”, expresada en ha.

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. El requerimiento de un Equivalente Oveja equivale a 468 kg MS/ ha/ año.

Cuadros evaluados: para la evaluación forrajera se consideraron los 8 cuadros, incluyendo la división aún precaria en el terreno de tres cuadros: 6, 7 y 8.

### 4. 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). La tendencia cíclica 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 (Fig. 1). 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 (Fig. 2; Easdale et al. 2019).

El objetivo de esta sección del trabajo fue analizar la dinámica del NDVI en la Ea. Pilahue 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) Frecuencias bajas (fluctuaciones de mediano plazo, mayores a cuatro años; Easdale et al., 2019), iii) Frecuencias medias (fluctuaciones mayores a un año y menores a cuatro años) iv) Ciclo Anual (cambios estacionales, que ocurren entre invierno y verano), v) Frecuencias altas (oscilaciones o pulsos intra-anales), vi) Ruido no correlacionado (ruido o error contenido en la serie originados en el sensor, interferencias de la atmósfera), vii) Ruido correlacionado (ruido o error positiva o negativamente correlacionado, aspecto que podría estar vinculado a la influencia de factores ambientales).

Finalmente, se estimó la proyección de valores futuros de NDVI, basado en el cálculo de las derivadas primera y segunda del punto final de la Tendencia Cíclica, 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, y su ubicación en relación al promedio histórico de la serie (Fig. 3). Por ejemplo, una función que crece puede estar haciéndolo con sentido positivo y con tasa positiva, por encima de valores promedio (lo cual implica que dicho crecimiento se mantendrá en el futuro; color violeta en el mapa), o por debajo de valores promedio (verde en el mapa). Alternativamente, puede estar evolucionando con sentido positivo, pero tasa negativa (lo cual implica que dicho crecimiento se estaría compensando y estabilizando, color azul o marrón claro si lo hace por encima o debajo del promedio histórico, respectivamente). Si el sentido es negativo y la tasa también es negativa (colores amarillo o magenta en el mapa, si lo hacen por encima o debajo del promedio, respectivamente), 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 (Fig. 28; Mapa A) y el Ritmo de Cambio, que denota la dirección y velocidad del movimiento (Fig. 28; Mapa B). 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.

#### **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 a la Ea. Pilahue. 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. 1). 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. 2; Easdale et al. 2019).

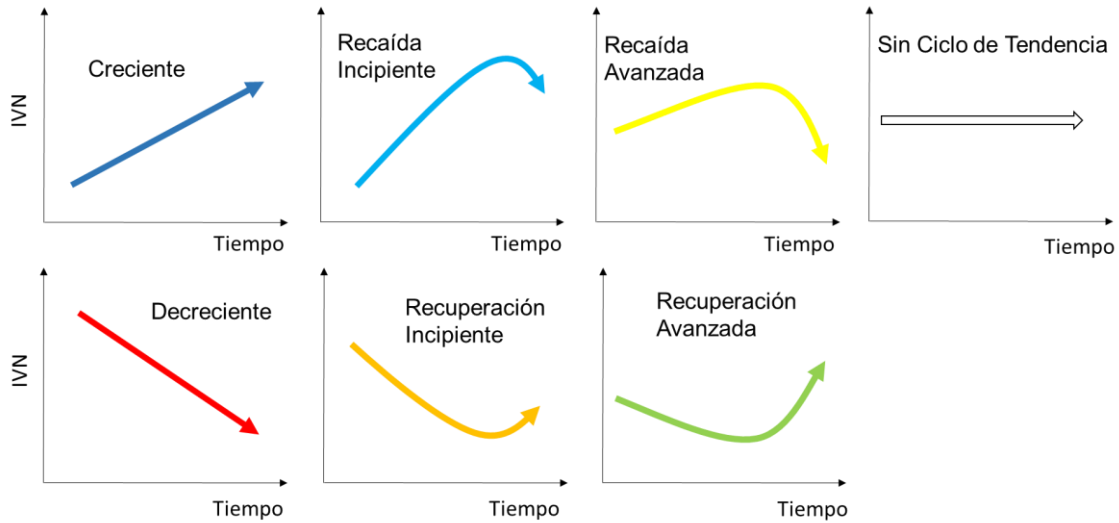


Figura 1: Clases de Tendencias Cíclicas de NDVI. El color de la flecha identifica el color usado para cada clase en el mapa del Establecimiento Pilahue.

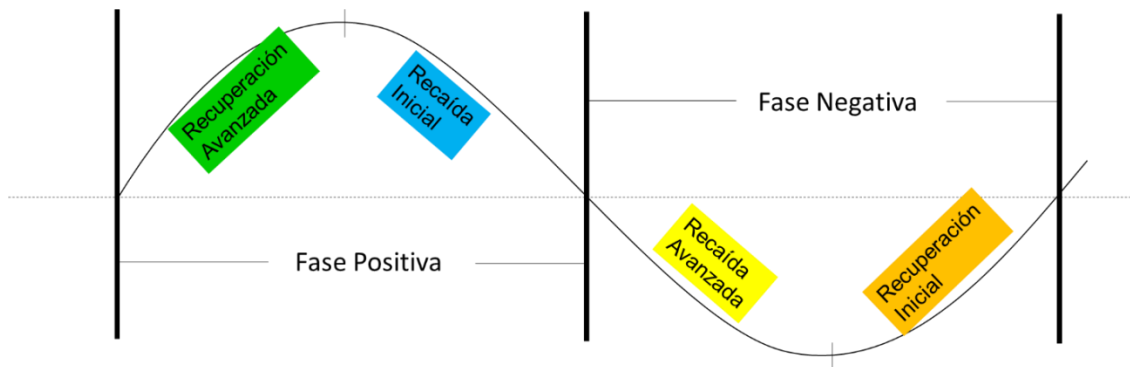


Figura 2: Fases de Tendencias cíclicas: Positiva, conformada por Recuperación Avanzada y Recaída Inicial; Negativa, conformada por Recaída avanzada y Recuperación inicial.

### 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 nueve clases: A) Valores por encima del promedio histórico: 1. Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, violeta), 2. Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, azul), 3. Declive lento (sentido negativo y con tasa positiva, turquesa), 4. Declive acelerado (sentido negativo y con tasa negativa, amarillo); B) Valores por debajo del promedio histórico: 5. Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, verde), 6. Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, marrón claro), 7. Declive lento (sentido

negativo y con tasa positiva, rojo), 8. Declive acelerado (sentido negativo y con tasa negativa, magenta); y 9. Sin cambios (sentido neutro y tasa de cambio neutro, gris) (Fig. 3).

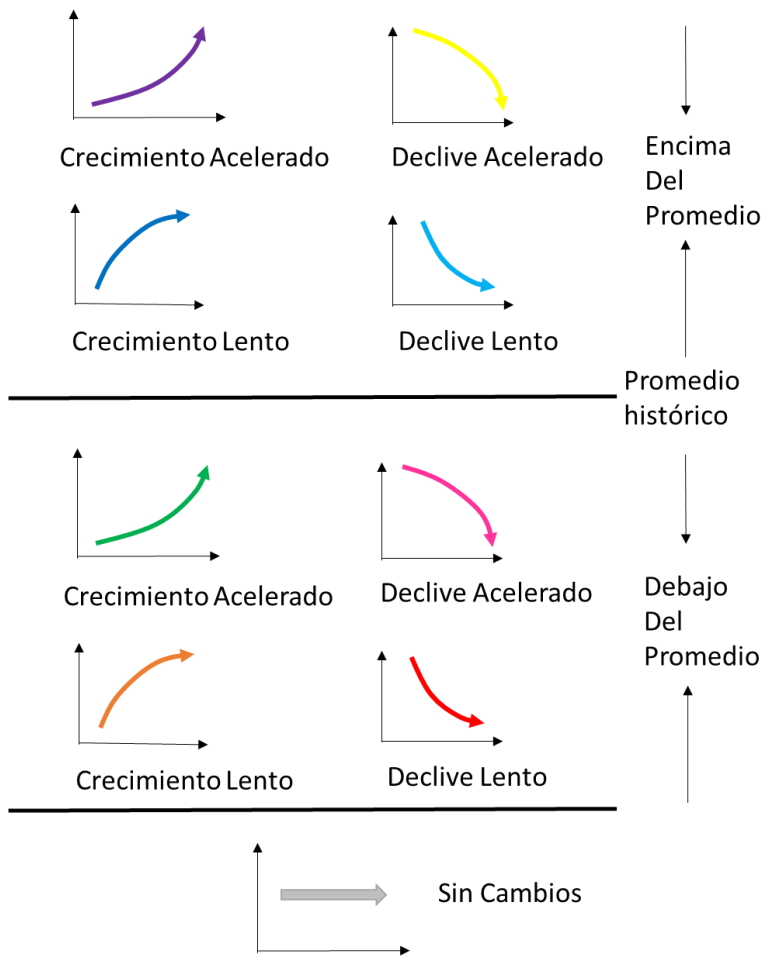


Figura 3: Clases de Ritmo de Cambio de la Tendencia Cíclica.

### Análisis de arquetipos de la dinámica funcional de la vegetación

Se realizó un análisis de arquetipos, aplicado a las series temporales de NDVI de cada píxel ubicado en el establecimiento. El análisis de arquetipos permite analizar patrones diferenciales de comportamiento de una multiplicidad de variables, pudiendo trabajar eficientemente con grandes bases de datos. Para ello, se utilizó la Transformada Rápida de Fourier (TRF) aplicada a cada serie de tiempo, utilizando cada píxel como una observación. La TRF permite identificar de manera sencilla las frecuencias contenidas en las series como, por ejemplo, el ciclo anual, ciclos inter-anales y ciclos intra-anales. Luego se seleccionan la cantidad de arquetipos que mejor representan la muestra analizada (en este caso, se identificaron tres arquetipos). Luego, para cada arquetipo se identificaron píxeles candidatos (arquetipoides), que mejor representan el patrón encontrado en cada uno, respectivamente.

Dichos arquetipoides fueron identificados espacialmente. Durante las evaluaciones de pastizales a campo, algunos sitios de evaluación se correspondieron con la ubicación arquetipoides, los cuales

fueron utilizados para analizar en detalle la información de la dinámica temporal de NDVI, descrita a través de tres aspectos: 1) Análisis de frecuencias-tiempo de cada serie temporal (aplicando el método de Wavelets): Tendencia, Frecuencias bajas, Frecuencias medias, Ciclo anual, Frecuencias altas, Ruido no correlacionado y Ruido correlacionado; 2) Evolución temporal del poder de la señal de las frecuencias descritas en (1), como indicativo de la estructura jerárquica dominante en la dinámica temporal del funcionamiento de la vegetación, y 3) Medias Móviles: a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (diferencia entre la media móvil anual y la media móvil de cuatro años), y c) media móvil diferencia de mediano plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y la media móvil de ocho años).

### **Medias Móviles de la dinámica funcional de la vegetación**

La media móvil nos muestra el valor promedio del NDVI, considerando una ventana de tiempo determinada. La ventana de tiempo se mueve con cada valor nuevo en la serie, para registrar los cambios en la media durante ese lapso de tiempo.

Es esta técnica elemental de predicción. Cuanto más grande sea la ventana de tiempo de observación, mayor será la influencia de los datos antiguos. En contrapartida, si se selecciona una ventana de tiempo corta, se tendrán en cuenta datos más recientes para nuestra predicción. Permite suavizar los cambios de corto plazo y resaltar las tendencias y cambios a mediano y largo plazo.

#### **Media móvil anual**

La media móvil anual muestra el promedio del NDVI considerando un lapso de tiempo igual a un año. Dado que se cuenta con un dato cada 16 días, tenemos en el año un total de 23 datos de NDVI. En consecuencia, la ventana de tiempo para calcular la media móvil de cada nuevo dato que ingresa, considera los últimos 23 datos.

#### **Media móvil diferencial de corto plazo**

La curva muestra la evolución de la diferencia entre la media móvil anual (calculada con una ventana de tiempo de 23 datos) y la media móvil de cuatro años (calculada con una ventana de tiempo de 92 datos). Permite comparar una situación corriente respecto de los cuatro años previos, considerados como una fase de mediano plazo en la actividad de la vegetación.

El valor cero es utilizado como umbral de referencia, dado que indica que la media móvil anual se ubica al mismo nivel que la media móvil de los cuatro años precedentes. Por ende, los valores positivos indican que la situación, para esos momentos, fue o es mejor que la registrada en los cuatro años previos. A la inversa, valores negativos indican que la situación, para esos momentos, fue o es peor que la registrada en los cuatro años previos.

#### **Media móvil de mediano plazo**

La curva muestra la evolución de la diferencia entre la media móvil de cuatro años (calculada con una ventana de tiempo de 92 datos) y la media móvil de ocho años (calculada con una ventana de

tiempo de 184 datos). Permite comparar la situación de mediano plazo respecto de ocho años previos, considerada una fase de largo plazo en la actividad de la vegetación.

El valor cero es utilizado como umbral de referencia, dado que indica que la media móvil de cuatro años se ubica al mismo nivel que la media móvil de los ocho años precedentes. En consecuencia, los valores positivos indican que la situación de mediano plazo (ventana de cuatro años), y para esos momentos, fueron o son mejores que los registrados en los ocho años previos. A la inversa, valores negativos indican que la situación de mediano plazo (ventana de cuatro años), para esos momentos, fueron o son peores que los registrados en los cuatro años previos.

## RESULTADOS

### 1. Cartografía y clasificación de coberturas

Se generó un mapa de la Estancia con el nuevo trazado de caminos, alambrados internos y aguadas (Fig. 4).

La clasificación realizada en base a imágenes satelitales en primera instancia (Fig. 5) se revisó luego del chequeo a campo y resultó en el nuevo mapa de clases de coberturas (Fig. 6). Los mallines ocupan 243 ha, el 2,2% de la superficie total de la Ea. Pilahue, según las siguientes categorías:

- Mallines húmedos: 12 ha (0,1%)
- Mallines subhúmedos: 231 ha (2,1%)

La caracterización de cada tipo de vegetación se detalla en la siguiente sección.

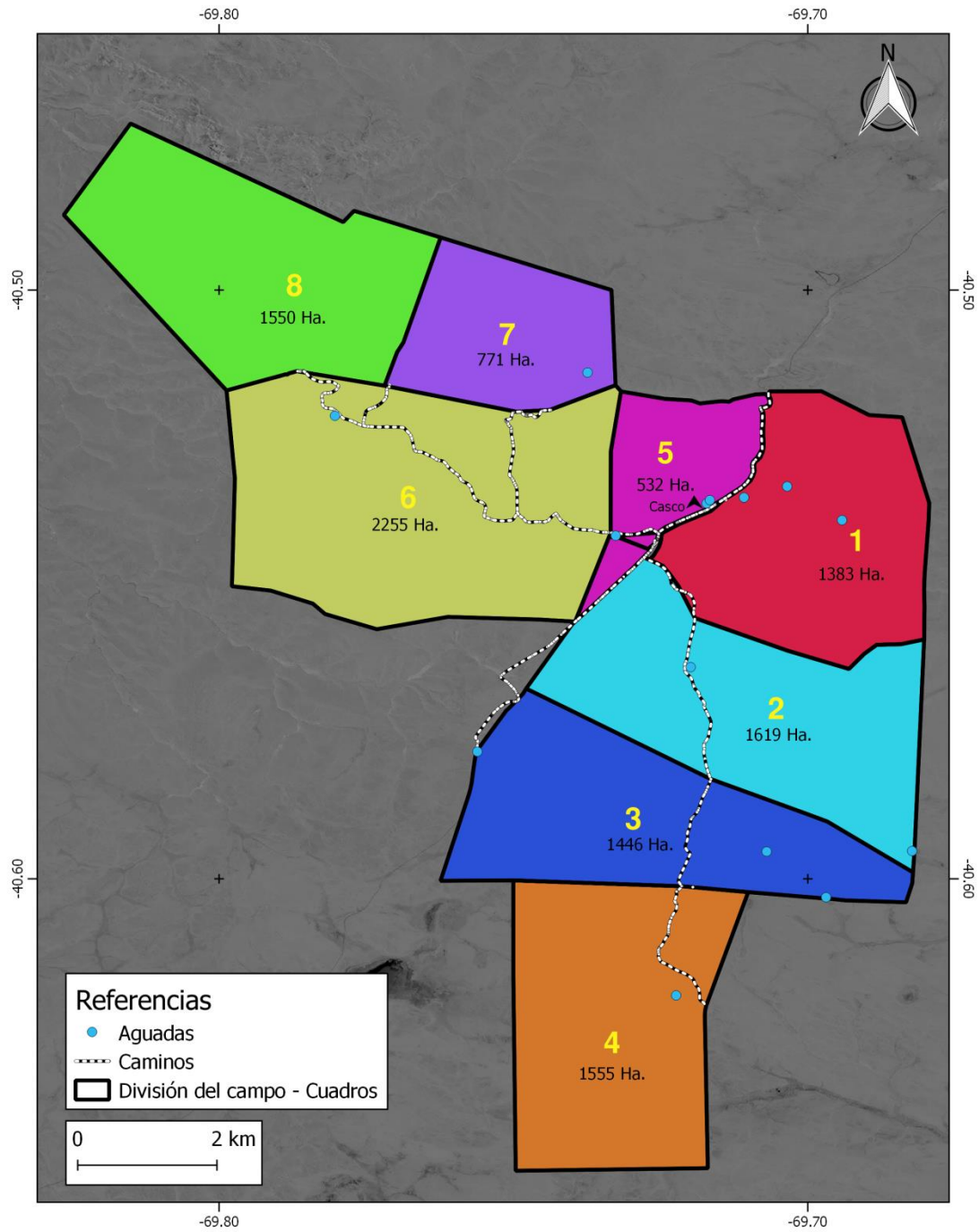


Figura 4: Mapa de cuadros y caminos de la Ea. Pilahue

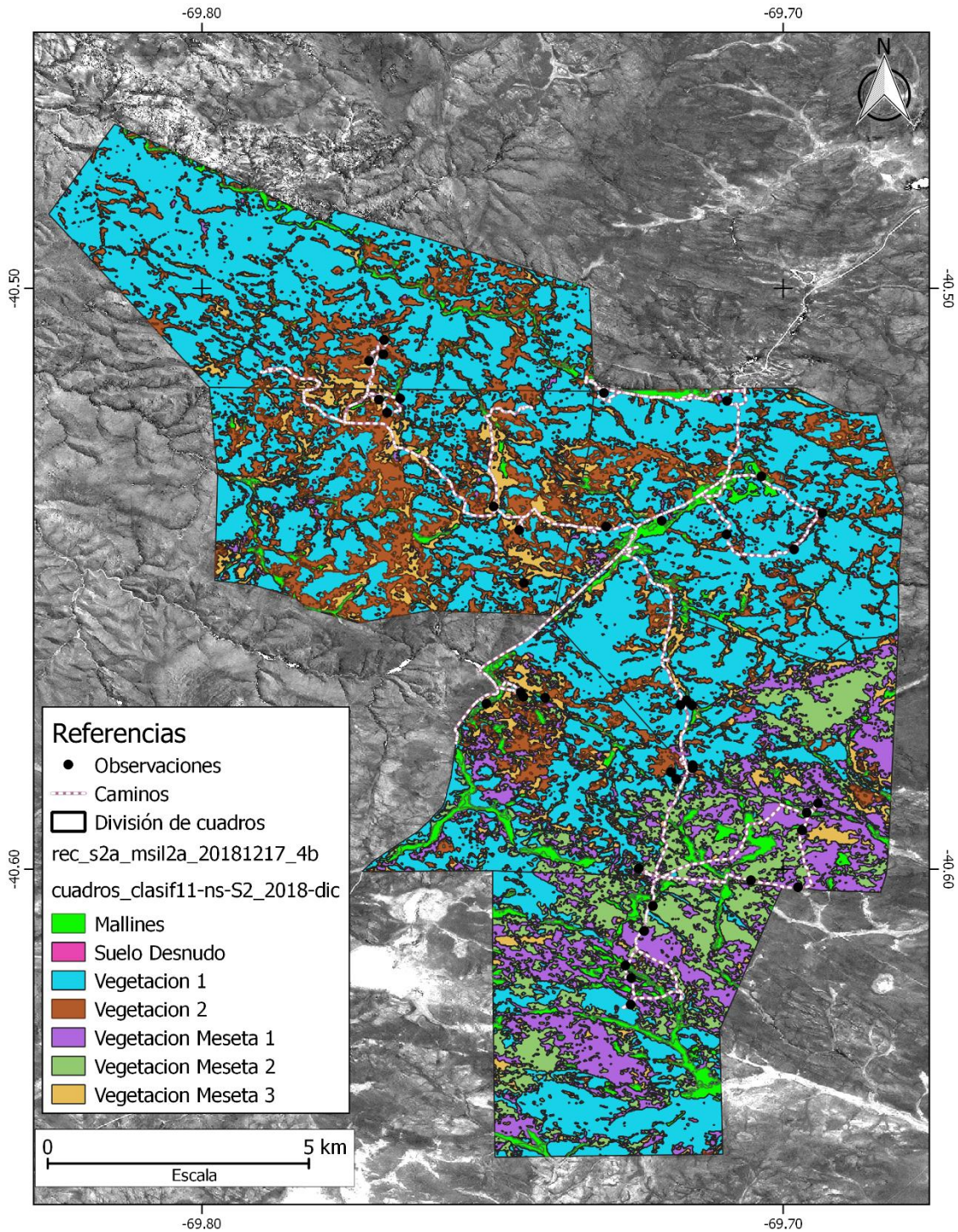


Imagen Satelital: Sentinel 2 S2A\_MSIL2A\_20181217T142741\_N0211\_R053\_T19GDR\_20181217T183203.SAFE, Pixel 10 metros, Combinación de Bandas: 4 (R)-3 (G)-2 (B) Color natural. Fecha: 2018-12-17

Figura 5: Clasificación Inicial de coberturas Ea. Pilahue



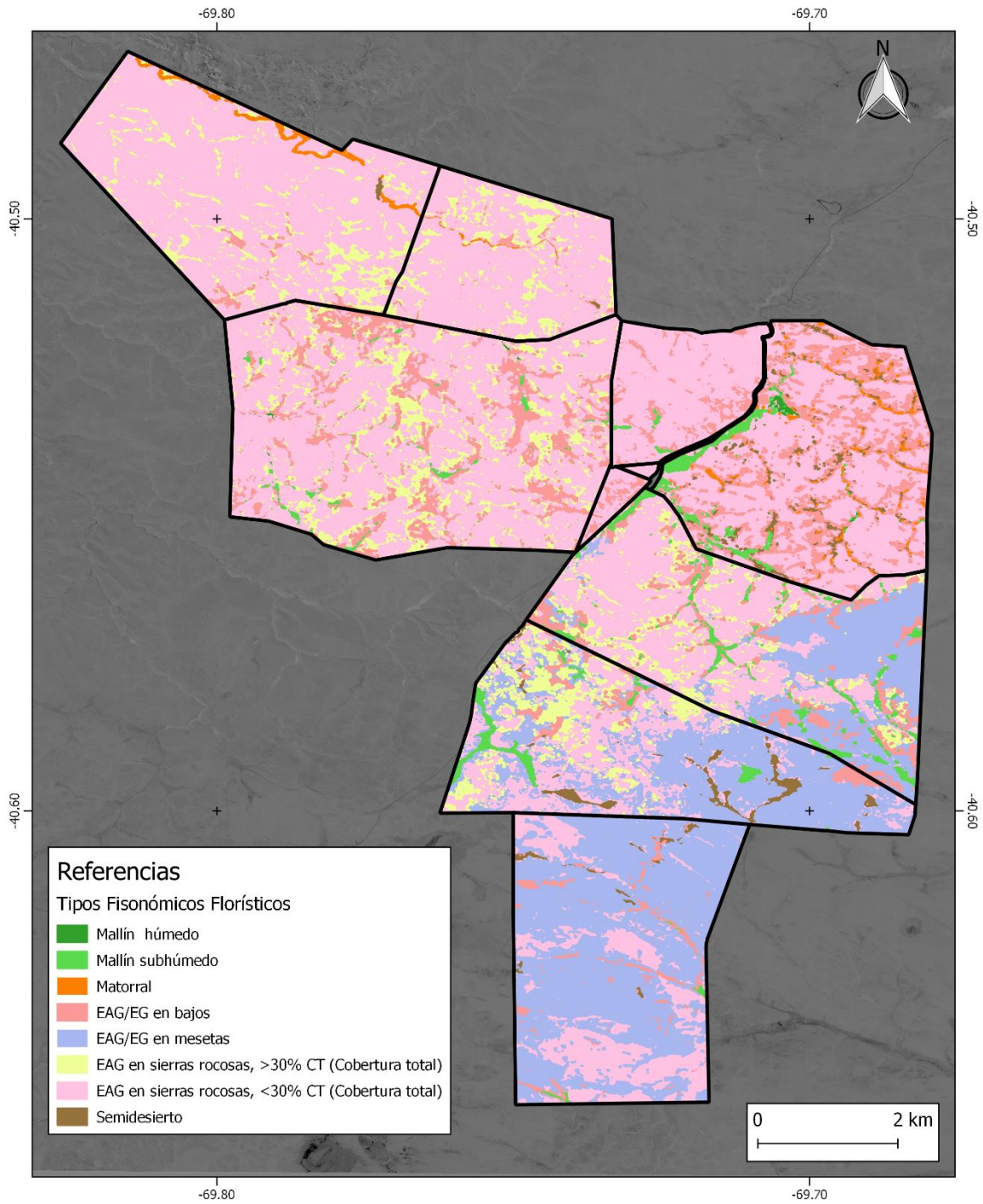


Imagen Satelital: Sentinel 2 - S2A\_MSIL2A\_20181217T142741\_N0211\_R053\_T19GDR\_20181217T183203.SAFE, Pixel 10 metros, Combinación de Bandas: Escala de Grises. Fecha toma Imagen: 2018-12-17.

Figura 6: Clasificación de coberturas con chequeo de campo *Ea. Pilahue*

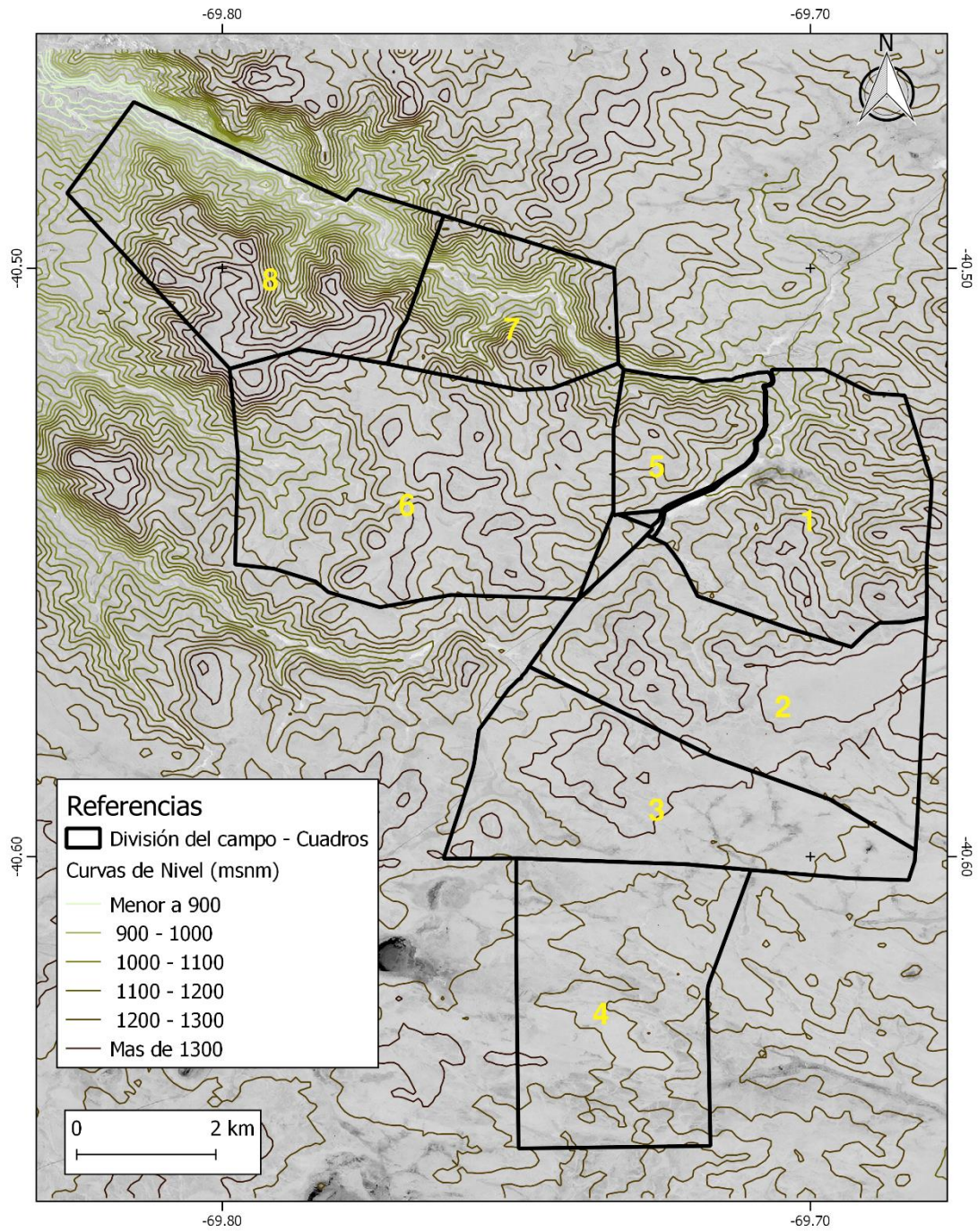


Imagen Satelital: Sentinel 2 - S2A\_MSIL2A\_20181217T142741\_N0211\_R053\_T19GDR\_20181217T183203.SAFE, Pixel 10 metros, Combinación de Bandas: Escala de Grises. Fecha toma Imagen: 2018-12-17.

Figura 7: Curvas de nivel cada 100 metros de la Ea. Pilahue

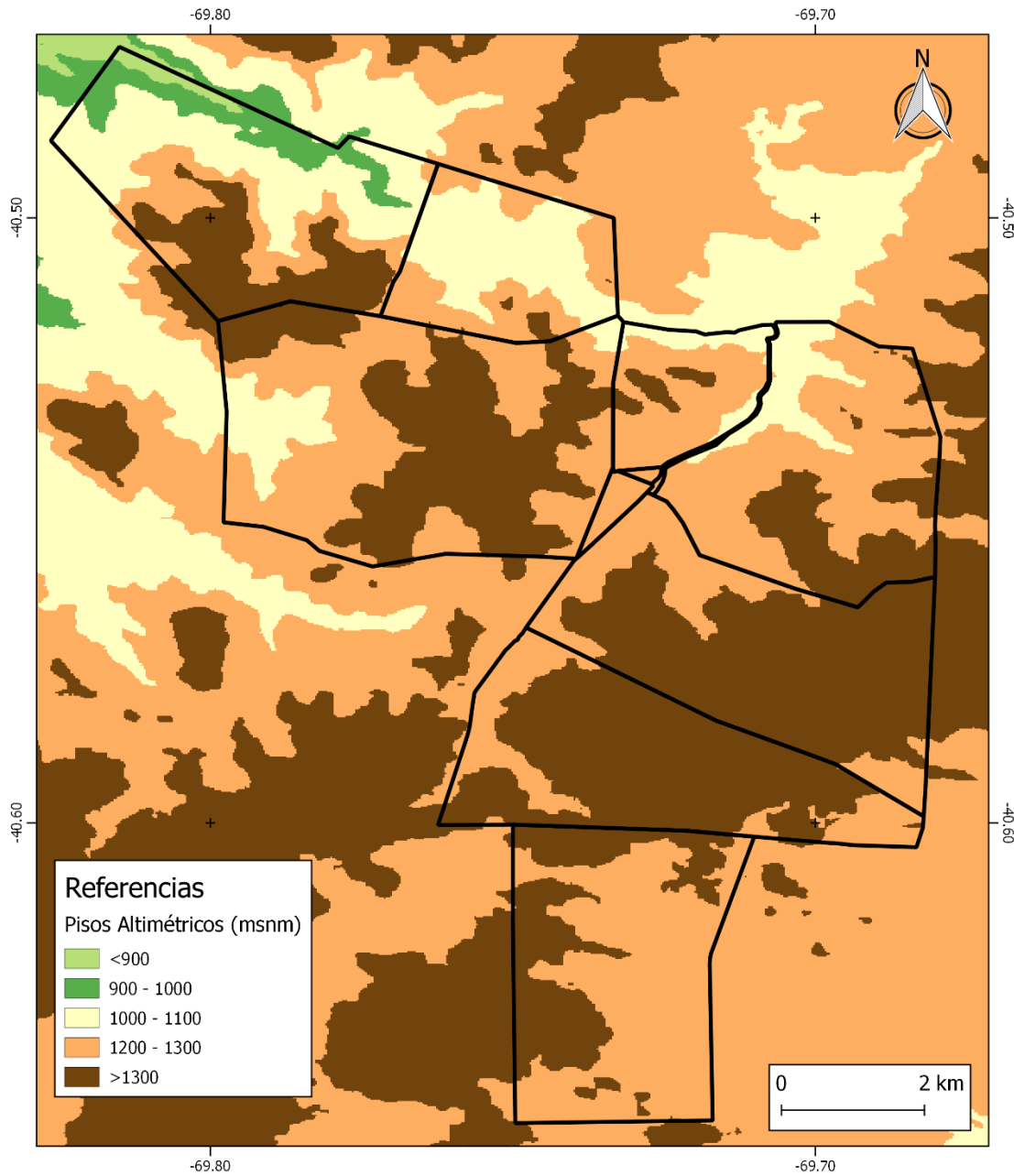


Figura 8: Pisos altimétricos cada 100 metros de la Ea. Pilahue

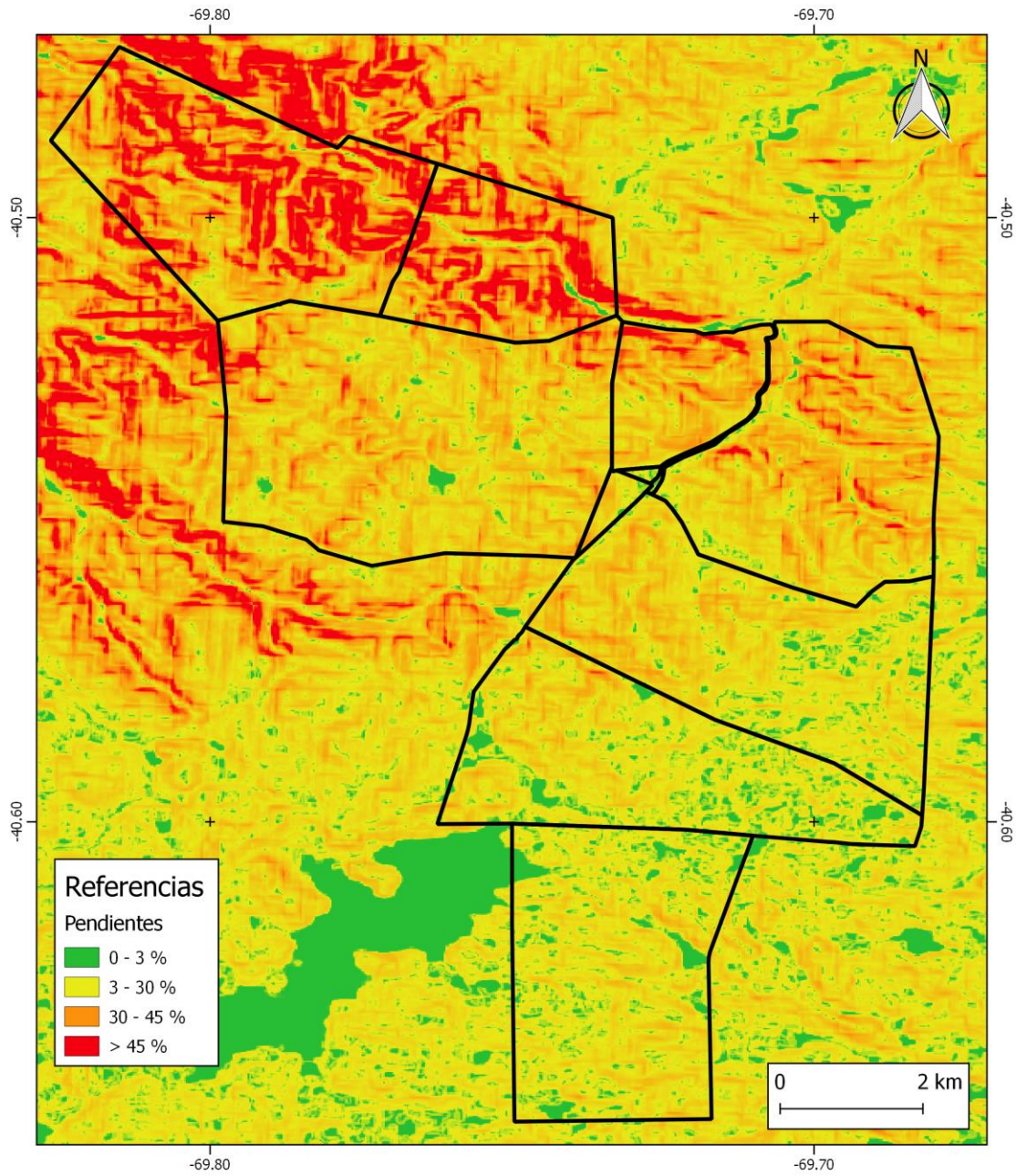


Figura 9: Pendientes en porcentaje (%) de la Ea. Pilahue

## 2. Evaluación forrajera de pastizales

Se realizó la evaluación forrajera de pastizal en los 8 cuadros de la Ea., los cuales abarcan 11110 ha.

De acuerdo con nuestros criterios para la clasificación de unidades homogéneas de manejo ganadero, se reconocieron los siguientes tipos:

### **Mallines**

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

#### **Mallín húmedo**

Tiene 90-100% de cobertura vegetal dominada por junco (*Juncus balticus*) y acompañado por pasto fino de mallín (*Poa pratensis*), y trébol blanco (*Trifolium repens*), entre otras (*Elyocharis sp.*, *Carex sp.*, *Taraxacum officinalis*). La productividad promedio es de 3000 kgMS/ha/año con máximos de 5000 kgMS/ha/año.



Figura 10: Mallín húmedo del cuadro 1

#### **Mallín subhúmedo**

Tienen 90-100% de cobertura vegetal, con dominancia de junco (*Juncus balticus*), diente de León (*Taraxacum officinalis*), y pasto fino de mallín (*Poa pratensis*). La productividad promedio es de 2000 kgMS/ha/año con máximos de 3000 kgMS/ha/año.



Figura 11: Mallín subhúmedo del cuadro 1

### **Mallín subhúmedo de coirón blanco**

Tienen dominancia de coirón blanco (*Festuca pallescens*) acompañado por otras especies como junco (*Juncus balticus*), cola de chivo de mallín (*Carex sp.*), y diente de león (*Taraxacum officinalis*), a veces con presencia de coirón amargo (*Pappostipa major*). Cuando la cobertura vegetal es 80-90%, la productividad promedio es de 1000 kgMS/ha/año con máximos de 2000 kgMS/ha/año. Si la cobertura vegetal es 60-80%, la productividad promedio es de 500 kgMS/ha/año con máximos de 1000 kgMS/ha/año.



Figura 12: Mallín de coirón blanco del cuadro 4

### **Estepas**

Son los ambientes mayoritarios del área que abarca la Ea. Las categorías relevadas y mapeadas se detallan a continuación.

#### **Estepas arbustivo-graminosas (EAG) en sierras rocosas, con más de 30% de cobertura vegetal total.**

Incluye a las estepas en laderas y crestas de sierras rocosas, con presencia en la mayoría de los cuadros. La cobertura vegetal varía entre 30% y 70%, compuesta por ña de gato (*Nassauvia axilaris*), coirón poa (*Poa ligularis*), coirón duro (*Pappostipa speciosa*), entre otras especies como: cola de zorro (*Hordeum comosum*), cebadilla patagónica (*Bromus setifolius*), neneo (*Azorella prolifera*, ex *Mulinum spinosum*), mamuel choique (*Adesmia volckmanii*), solupe (*Ephedra ochreatea*), cola de piche (*Nassauvia glomerulosa*), *Azorella sp.*, charcao verde (*Senecio bracteolatus*) y charcao gris (*Senecio filaginoides*). La máxima diversidad de especies para este ambiente se encuentra en el cuadro 6. La productividad forrajera de estos pastizales la aporta el coirón poa, coirón duro, cebadilla patagónica, cola de zorro, y algunos arbustos como neneo, solupe y mamuel choique. La



Figura 13: EAG en sierras rocosas con más de 30% de cobertura vegetal total

productividad promedio de pastos forrajeros en estepas de regular-buena condición es de 30-215 kgMS/ha/año, respectivamente y la de arbustos forrajeros varía entre 50 y 350 kgMS/ha/año.

#### **Estepas arbustivo-graminosas (EAG) en sierras rocosas, con menos de 30% de cobertura vegetal total.**

Con una cobertura vegetal del 20% al 30% corresponde a uña de gato (*Nassauvia axilaris*), coirón poa (*Poa ligularis*), coirón duro (*Pappostipa speciosa*), coirón huecú (*Festuca argentina*), entre otras. La productividad promedio en estepas de condición pobre a muy pobre es de 15 kgMS/ha/año a 220 kgMS/ha/año, y de 50 a 120 kgMS/ha/año de arbustos forrajeros, respectivamente.



Figura 14: EAG en sierras rocosas con menos de 30% de cobertura vegetal total

#### **Estepas arbustivo-graminosas (EAG) en bajos**

Son las estepas que se encuentran en los bajos arenosos de la Ea., con presencia en todos los cuadros evaluados. Con una cobertura vegetal de 40% a 80%, correspondiente a neneo (*Azorella prolifera, ex Mulinum spinosum*), coirón amargo (*Pappostipa major*), pasto hilo (*Poa lanuginosa*), cola de zorro (*Hordeum comosum*), cebadilla patagónica (*Bromus setifolius*), entre otras. La dominancia entre el estrato graminoso y el arbustivo varía entre cuadros. También incluye sitios propicios para recuperación de mallines degradados. La productividad forrajera de estos pastizales la aporta la esporádica presencia de pasto hilo, cebadilla, cola de zorro, y en mayor medida el neneo. La productividad es de 15 kgMS/ha/año con máximos de 85 kgMS/ha/año para los pastos forrajeros y de 90-300 kgMS/ha/año de arbustos forrajeros como el neneo.



Figura 15: EAG en bajos

### Estepas arbustivo-graminosas (EAG) en mesetas

Son las estepas desarrolladas sobre suelos someros en las mesetas que predominan hacia el sudeste de la Ea. La cobertura vegetal total es del 30% al 70%, con uña de gato (*Nassauvia axilaris*), coirón poa (*Poa ligularis*), neneo (*Azorella prolifera*), coirón duro (*Pappostipa speciosa*), charcao gris (*Senecio filaginoides*) y verde (*Senecio bracteolatus*), coirón blanco (*Festuca pallenscens*) y cola de piche (*Nassauvia glomerulosa*). La productividad va de 130 kgMS/ha/año con máximos de 400 kgMS/ha/año para los pastos forrajeros y de 50-250 kgMS/ha/año de arbustos forrajeros como el neneo.



Figura 16: EAG de meseta en cuadro 2

### Matorral

Incluye los fondos de valle en los cuadros 7 y 8 y algunos manantiales aislados de la Ea. La cobertura vegetal varía entre 60% a 90%, con especies arbustivas perennes como chacay (*Discaria chacaya*), romerillo (*Senecio subulatus*), chilca (*Baccharis salicifolia*), otros *Baccharis*, pañil (*Buddleja globosa*); pastos como coirón amargo (*Pappostipa major*), pasto hilo (*Poa lanuginosa*), poa (*Poa pratensis*), cebadilla (*Hordeum sp.*); y también juncos, (*Juncus balticus*), abrojos (*Azorella sp.*), cola de chivo de mallín (*Carex sp.*), y diente de león (*Taraxacum officinalis*), entre otras. La productividad forrajera de estos pastizales está dada por la presencia de praderas pequeñas que se desarrollan en sectores con disponibilidad de agua cerca de la superficie. La productividad estimada es de 150-300 kgMS/ha/año.



Figura 17: Matorral de romerillo y chacay



### Semidesierto

Son los ambientes con menos de 15% de cobertura vegetal total, están incluidos en esta categoría: coluvios, afloramientos rocosos, lagunas secas, cauces de escurrimiento temporal y otros sitios con muy baja cobertura. La producción de biomasa total es menor a 100 kgMS/ha/año.



Figura 18: cauce de escurrimiento temporal.

### 3. Estimación de la receptividad ganadera

#### Receptividad ganadera total

La receptividad ganadera anual de los 8 cuadros evaluados es de 2253 EO, es decir que la Estancia podría mantener ese stock animal anual con índices productivos sostenidos sin afectar el recurso forrajero del pastizal natural. A continuación, se expresan los mismos valores en otras unidades (Tabla 1):

Tabla 1: Receptividad anual total; Columna izquierda: Equivalente oveja (EO), Equivalente Vaca (EV) y Unidad ganadera ovina (UGO). Columna derecha: EO por hectárea (EO/ha), EV por hectárea (EV/ha), UGO por hectárea (UGO/ha)

<b>Receptividad anual total</b> (expresado en equivalencias, los valores no son aditivos)	
2253 EO	0,2 EO/ha
248 EV	0.02 EV/ha
3244 UGO	0.29 UGO/ha

Si bien los valores de receptividad se expresan de forma anual, esto no implica que los cuadros deban ser utilizados año redondo. La recomendación para el manejo del pastoreo es, al contrario, realizar rotaciones que eviten que los cuadros sean utilizados de forma continua. Para realizar los cálculos de receptividad mensual, simplemente se debe realizar una regla de tres inversa (Ej.: si la receptividad anual de un cuadro es 100 EO, el cálculo de la receptividad para 3 meses de uso es:  $12\text{meses} \times 100 \text{ EO} / 3\text{meses} = 400 \text{ EO}$ ). Siempre se debe contemplar que el uso intensivo durante períodos cortos debe implicar, sin objeción, el descanso del cuadro en momentos en los que la vegetación tenga recursos (agua y temperatura) para rebrotar: primavera.

La tabla 2 muestra los cuadros ordenados por superficie de mayor a menor.

Tabla 2: Superficie de los cuadros y superficie total ordenada por cuadros de mayor a menor.

Cuadro	Superficie (ha)
6	2255
2	1619
4	1555
8	1550
3	1446
1	1383
7	771
5	532
<b>Total</b>	<b>11110</b>

En la Tabla 3 se listan todos los cuadros evaluados según la receptividad individual y el porcentaje que aporta a la receptividad global del establecimiento.

Tabla 3: Receptividad anual (EO) y porcentaje de la receptividad total aportada por cada uno.

Cuadro	Receptividad anual (EO)	% Receptividad total
3	550	24,4
2	428	19,0
1	340	15,1
6	339	15,0
4	321	14,2
8	148	6,6
7	97	4,3
5	30	1,3
<b>Total general</b>	<b>2253</b>	<b>100</b>

El 60% de la receptividad total es aportada por los cuadros: 1, 2 y 3 (Tabla 3). Esto responde principalmente a la superficie de los mallines de los cuadros 1, 2 y 3 (Fig. 4 y 19), a la productividad de las estepas de la meseta de los cuadros 2 y 3 (Fig. 6) y, por último, al tamaño total de cada cuadro (Fig. 4, Tabla 2).

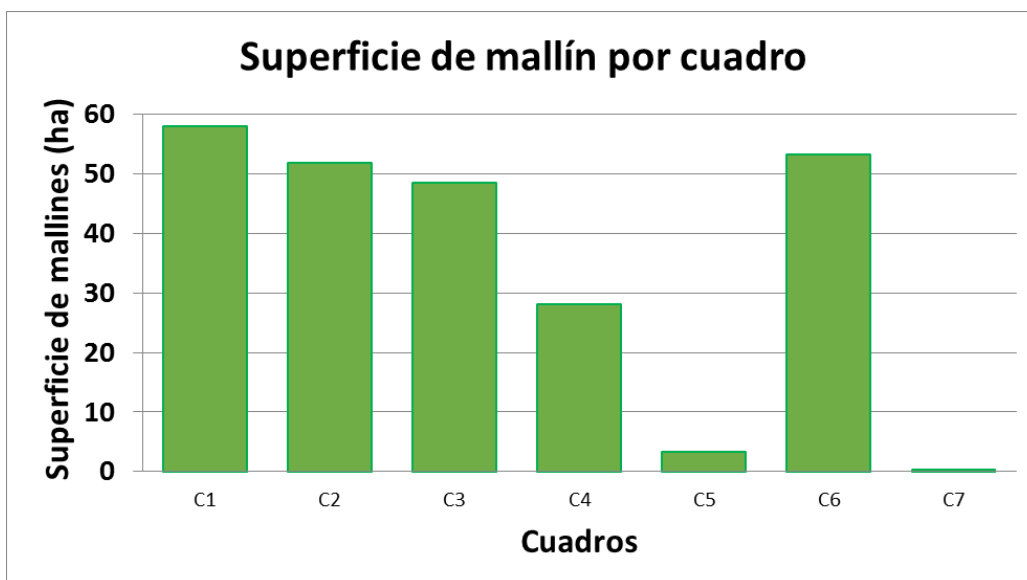


Figura 19: Superficie de mallín (ha) por cuadro.

#### Receptividad ganadera por cuadro

A continuación se detalla, para cada cuadro evaluado, la información correspondiente a: i) superficie y receptividad total, ii) superficie y productividad forrajera de pastos y arbustos de cada tipo de vegetación, iii) factor de uso asignado a cada tipo de vegetación, y iv) disponibilidad de forraje. Al inicio se incluye una descripción general de cada cuadro (o cuadros similares) con recomendaciones generales para el manejo ganadero.

## Cuadro 1

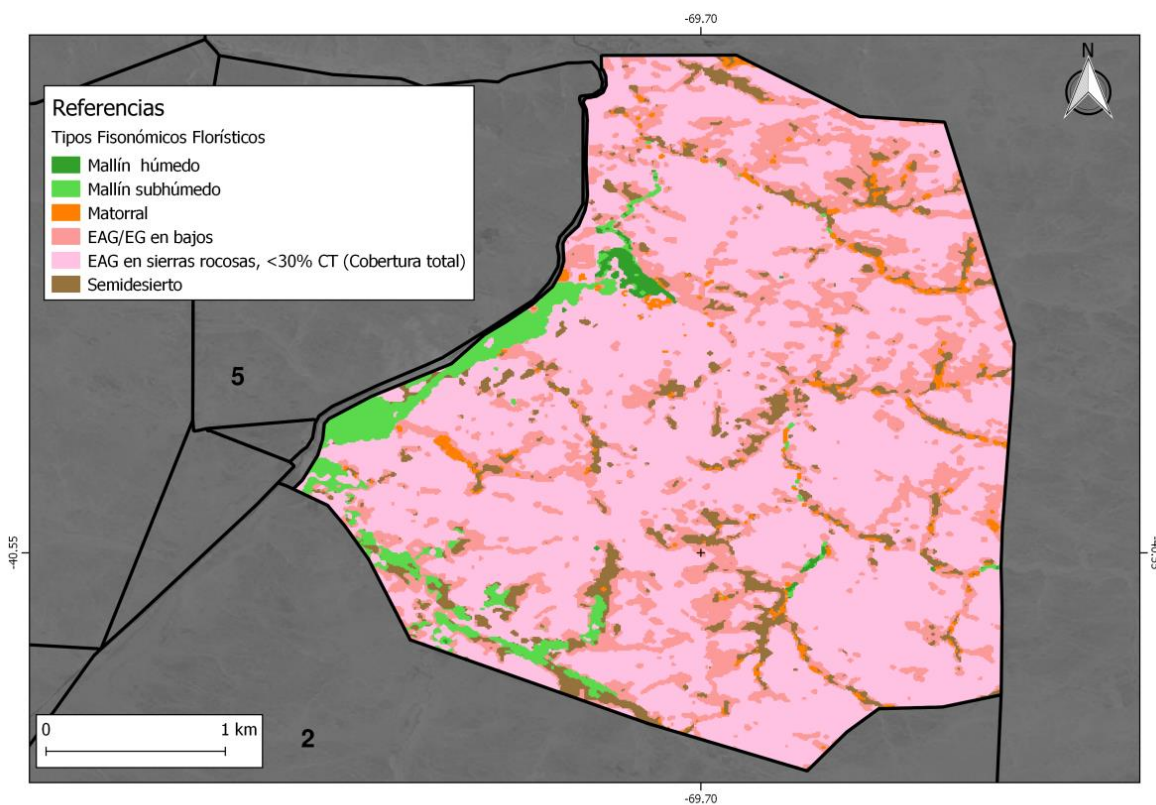


Figura 20: Detalle del cuadro 1 donde se aprecian los distintos tipos de vegetación.

Es el sexto cuadro en tamaño de la Ea. (Tabla 3), el tercero en receptividad, y cuenta con 4,2 % de mallines húmedos y subhúmedos (Fig. 17). Su utilización con animales de altos requerimientos (ej. madres con preñez avanzada, madres en lactancia o corderos destetados) es óptima, debido a la oferta forrajera de sus mallines y por su cercanía al casco de la Ea. En años fríos o con escasas precipitaciones, se debiera dejar descansar al menos 2 meses al inicio de la primavera para permitir alcanzar el máximo de productividad de sus mallines.

Tabla 4: Superficie, receptividad anual en EO y receptividad en ha/EO del cuadro 1.

Cuadro 1	
Superficie (ha)=	1383
Receptividad anual EO=	340
ha/EO=	4

Tabla 5: Detalle de los tipos de vegetación del cuadro 1.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% de la superficie total del cuadro	Productividad forrajera anual (kgMS/ha/año)*	Productividad forrajera anual de arbustos (kgMS/ha/año)*	Factor de uso (%)*	Disponibilidad de forraje (kgMS/ha/año)*
EAG en sierras rocosas, <30% CT (Cobertura total)	975,8	70,5	75	100	30	38
EAG/EG en bajos	230,7	16,7	20	300	30	96
Mallín húmedo	7,8	0,6	4000		70	2800
Mallín subhúmedo	50,1	3,6	2500		60	1500
Matorral	14,5	1,0	180	70	50	125
Semidesierto	104,7	7,6	60	60	20	6

\* Calculado como el promedio de los valores de los censos a campo para un mismo tipo de vegetación dentro del cuadro. La suma de las productividades por el factor de uso no necesariamente se corresponde con la disponibilidad de forraje de la tabla

## Cuadro 2

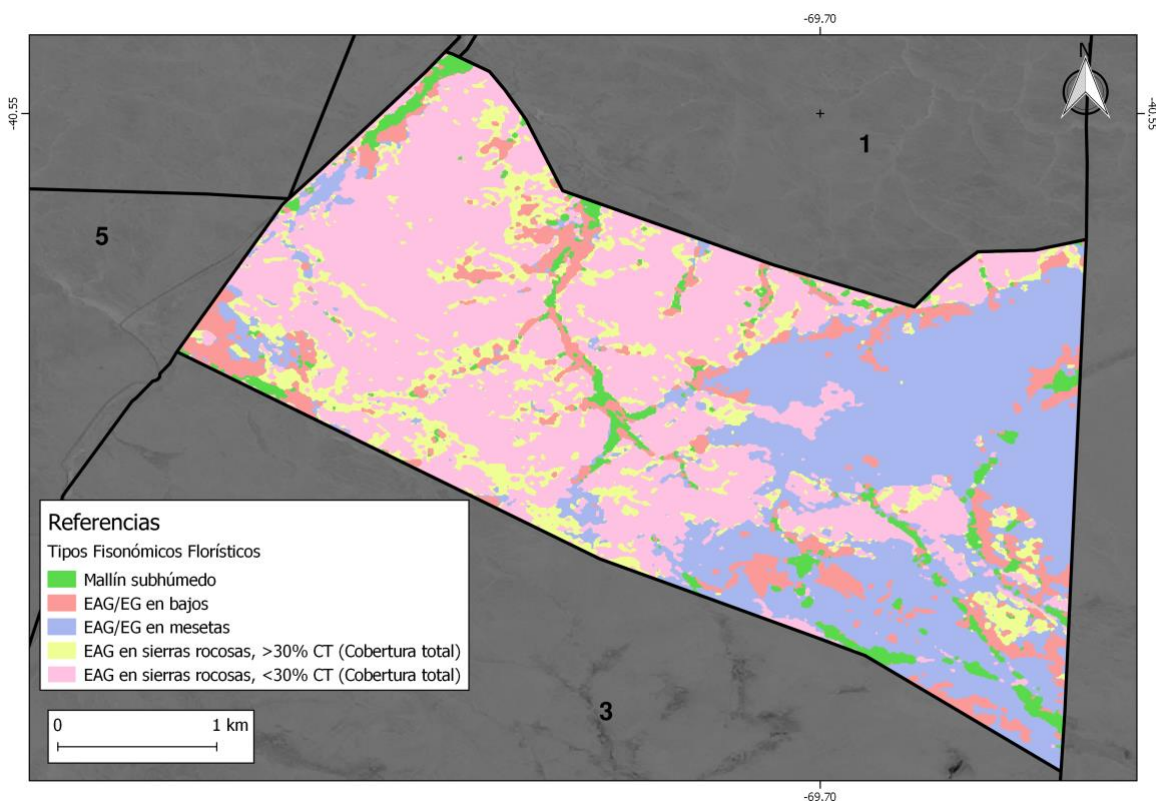


Figura 21: Detalle del cuadro 2 donde se aprecian los distintos tipos de vegetación.

El cuadro 2 ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie (Tabla 2, Fig. 4) y el segundo lugar en cuanto a receptividad (Tabla 3). Un 3,2 % de su superficie pertenece a mallines subhúmedos de coirón blanco y sus estepas tanto en mesetas como en sierras rocosas poseen buena cantidad de forraje. Cerca del 80% de su superficie se encuentra por encima de los 1300 m.s.n.m y el 20% restante se encuentra entre 1200 y 1300 m.s.n.m, lo que se traduce como un riesgo climático para su utilización invernal debido a posibles nevadas o fríos extremos. La altura del cuadro también retrasaría el rebrote primaveral de las principales especies forrajeras. Una posible época para su utilización sería durante el lapso previo al servicio y el servicio o luego de la parición de las ovejas (durante la lactancia), para aprovechar la oferta de forraje que realiza el coirón blanco durante esa época.

Tabla 6: Superficie, receptividad anual en EO y receptividad en ha/EO del cuadro 2.

<b>Cuadro 2</b>	
<b>Superficie (ha)=</b>	1619
<b>Receptividad anual EO=</b>	428
<b>ha/EO=</b>	4

Tabla 7: Detalle de los tipos de vegetación del cuadro 2.

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>% de la superficie total del cuadro</b>	<b>Productividad forrajera anual (kgMS/ha/año)*</b>	<b>Productividad forrajera anual de arbustos (kgMS/ha/año)*</b>	<b>Factor de uso (%)*</b>	<b>Disponibilidad de forraje (kgMS/ha/año)*</b>
EAG en sierras rocosas, <30% CT (Cobertura total)	699,8	43,2	210	50	50	130
EAG en sierras rocosas, >30% CT (Cobertura total)	174,1	10,8	210	50	50	130
EAG/EG en bajos	146,4	9,0	73	80	30-50	46
EAG/EG en mesetas	546,5	33,8	128	120	35	87
Mallín subhúmedo	51,9	3,2	1000		60	625

\* Calculado como el promedio de los valores de los censos a campo para un mismo tipo de vegetación dentro del cuadro. La suma de las productividades por el factor de uso no necesariamente se corresponde con la disponibilidad de forraje de la tabla

## Cuadro 3

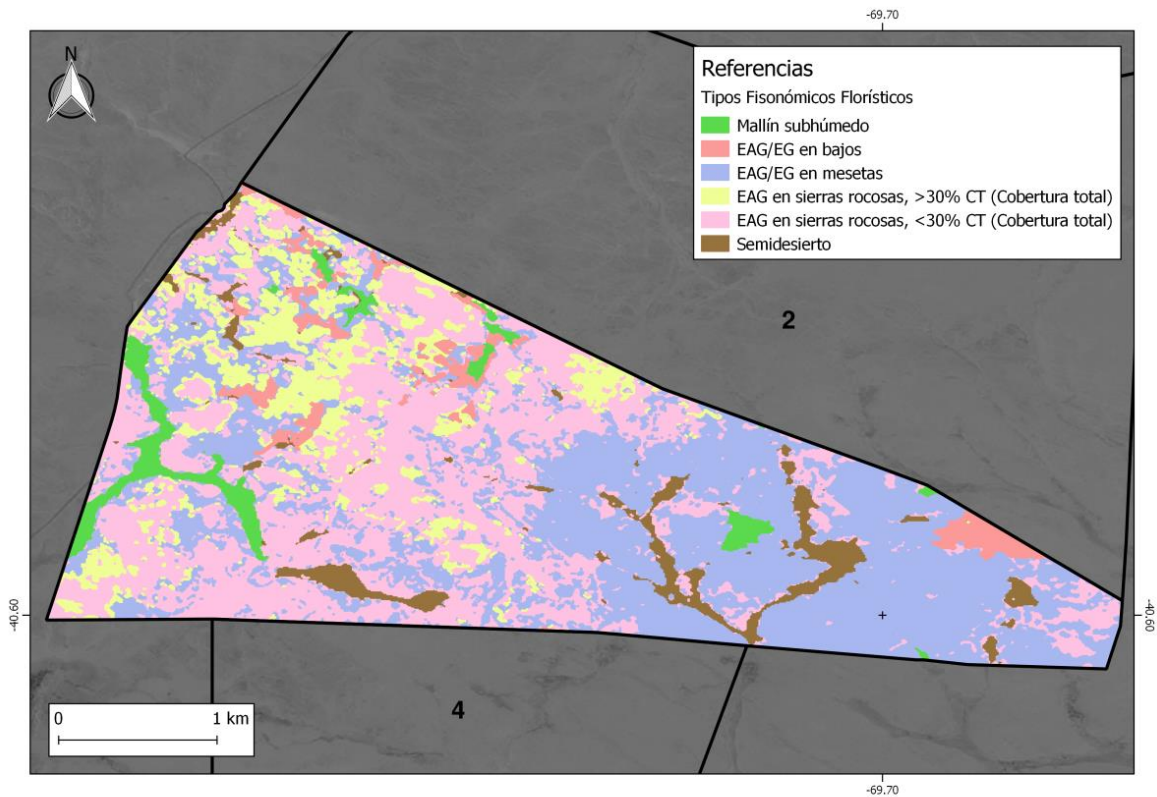


Figura 22: Detalle del cuadro 3 donde se aprecian los distintos tipos de vegetación.

El cuadro 3 ocupa el quinto lugar en cuanto a superficie (Tabla 2) y el primer lugar en cuanto a receptividad (Tabla 3). Un 3,4 % de su superficie pertenece a mallines subhúmedos de coirón blanco y casi el 40% a estepas arbustivo-graminosas (Fig. 19; EAG/EG en mesetas) de buena calidad y cantidad de pastos forrajeros. Al igual que el cuadro 2, cerca del 80% de su superficie se encuentra por encima de los 1300 m.s.n.m y el 20% restante se encuentra entre 1200 y 1300 m.s.n.m, lo que se traduce en un riesgo climático para su utilización invernal debido a posibles nevadas o fríos extremos. La altura del cuadro también retrasaría el rebrote primaveral de las principales especies forrajeras, esto se debe tener en cuenta si se planea su utilización en primavera temprana. Una posible época para su utilización sería durante el lapso previo al servicio y el servicio o luego de la parición de las ovejas (durante la lactancia), para aprovechar la oferta de forraje del coirón blanco durante esa época. Se debe tener en cuenta que el cuadro 2 y el cuadro 3 poseen muchas similitudes en cuanto a tipos de vegetación y altura, siendo este último de mayor receptividad, por lo tanto el uso de estos cuadros podría alternarse en las distintas épocas del año, siempre y cuando el clima no presente una restricción a su uso. Por ejemplo, si el cuadro 2 se utiliza durante el lapso previo al servicio y el servicio, el cuadro 3 podría utilizarse durante la época de lactancia de las ovejas dejando descansar el cuadro 2 durante la primavera para favorecer el rebrote de sus especies forrajes y al año siguiente realizar el sentido contrario de rotación (cuadro 3 durante el servicio y cuadro 2 durante la lactancia).



Tabla 8: Superficie, receptividad anual en EO y receptividad en ha/EO del cuadro 3.

Cuadro 3	
Superficie (ha)=	1446
Receptividad anual EO=	550
ha/EO=	3

Tabla 9: Detalle de los tipos de vegetación del cuadro 3.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% de la superficie total del cuadro	Productividad forrajera anual (kgMS/ha/año)*	Productividad forrajera anual de arbustos (kgMS/ha/año)*	Factor de uso (%)*	Disponibilidad de forraje (kgMS/ha/año)*
EAG en sierras rocosas, <30% CT (Cobertura total)	608,5	42,1	185	90	50	138
EAG en sierras rocosas, >30% CT (Cobertura total)	122,8	8,5	30	50	30	24
EAG/EG en bajos	41,9	2,9	15	175	30	57
EAG/EG en mesetas	542,3	37,5	350	175	50	263
Mallín subhúmedo	48,4	3,4	750		60-70	488
Semidesierto	81,9	5,7	30		20	6

\* Calculado como el promedio de los valores de los censos a campo para un mismo tipo de vegetación dentro del cuadro. La suma de las productividades por el factor de uso no necesariamente se corresponde con la disponibilidad de forraje de la tabla

## Cuadro 4

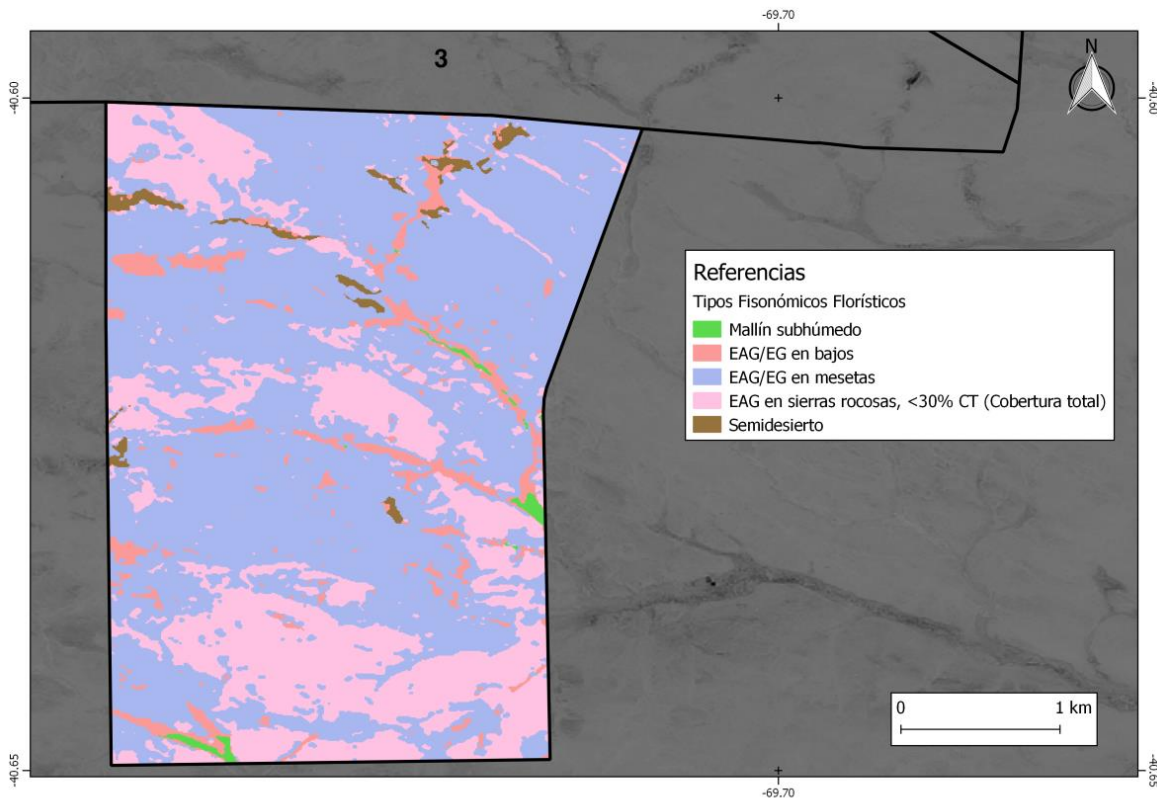


Figura 23: Detalle del cuadro 4 donde se aprecian los distintos tipos de vegetación.

El cuadro 4 ocupa el tercer lugar en cuanto a superficie (Tabla 2) y el quinto lugar en cuanto a receptividad (Tabla 3). Posee 1,8 % de mallines subhúmedos de coirón blanco y el 60% de estepas arbustivo-graminosas de meseta (Fig. 20; EAG/EG en mesetas) con buena cantidad de forraje. La mayor parte de su superficie se encuentra entre 1200 y 1300 m.s.n.m. y el resto por encima de los 1300 m.s.n.m., lo que lo posiciona un poco mejor, respecto al cuadro 2 y 3 ante las restricciones invernales de frío y nieve. Este cuadro podría tener un uso en principios de invierno o primavera temprana siempre y cuando el clima lo permita.

Tabla 10: Superficie, receptividad anual en EO y receptividad en ha/EO del cuadro 4.

Cuadro 4	
Superficie (ha)=	1555
Receptividad anual EO=	321
ha/EO=	5

Tabla 11: Detalle de los tipos de vegetación del cuadro 4.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% de la superficie total del cuadro	Productividad forrajera anual (kgMS/ha/año)*	Productividad forrajera anual de arbustos (kgMS/ha/año)*	Factor de uso (%)*	Disponibilidad de forraje (kgMS/ha/año)*
EAG en sierras rocosas, <30% CT (Cobertura total)	451,8	29,1	100	50	30	45
EAG/EG en bajos	91,4	5,9	20	90	30	33
EAG/EG en mesetas	958,3	61,6	190	75	40	106
Mallín subhúmedo	28,0	1,8	1500		60	900
Semidesierto	25,1	1,6	30		20	6

\* Calculado como el promedio de los valores de los censos a campo para un mismo tipo de vegetación dentro del cuadro. La suma de las productividades por el factor de uso no necesariamente se corresponde con la disponibilidad de forraje de la tabla

## Cuadro 5

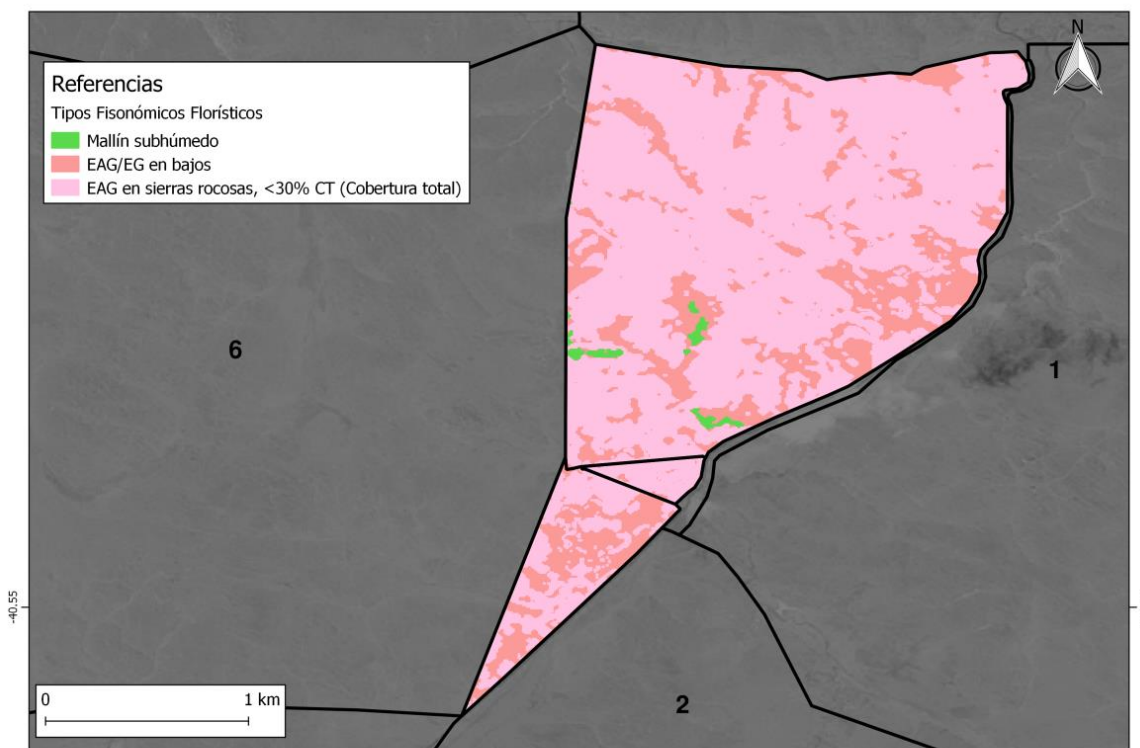


Figura 24: Detalle del cuadro 5 donde se aprecian los distintos tipos de vegetación.

El cuadro 5 ocupa el último lugar en cuanto a superficie (Tabla 2) y el último lugar en cuanto a receptividad (Tabla 3). Menos del 1% de su superficie corresponde a mallines y sus estepas poseen poca cantidad de forraje. Se recomienda su descanso en primavera para favorecer el rebrote primaveral y la recuperación de sus especies forrajeras. Debido a la baja receptividad y superficie del cuadro, este podría ser utilizado más como un cuadro de uso esporádico (ej. juntadas para la esquila, pelada de ojos, etc.), donde los animales estén poco tiempo evitando así el sobrepastoreo de las especies preferidas.

Tabla 12: Superficie, receptividad anual en EO y receptividad en ha/EO del cuadro 5.

Cuadro 5	
Superficie (ha)=	532
Receptividad anual EO=	30
ha/EO=	18

Tabla 13: Detalle de los tipos de vegetación del cuadro 5.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% de la superficie total del cuadro	Productividad forrajera anual (kgMS/ha/año)*	Productividad forrajera anual de arbustos (kgMS/ha/año)*	Factor de uso (%)*	Disponibilidad de forraje (kgMS/ha/año)*
EAG en sierras rocosas, <30% CT (Cobertura total)	393,2	73,9	18	85	20	22
EAG/EG en bajos	136,0	25,5		90	30	27
Mallín subhúmedo	3,2	0,6	750		60-70	488

\* Calculado como el promedio de los valores de los censos a campo para un mismo tipo de vegetación dentro del cuadro. La suma de las productividades por el factor de uso no necesariamente se corresponde con la disponibilidad de forraje de la tabla

## Cuadro6

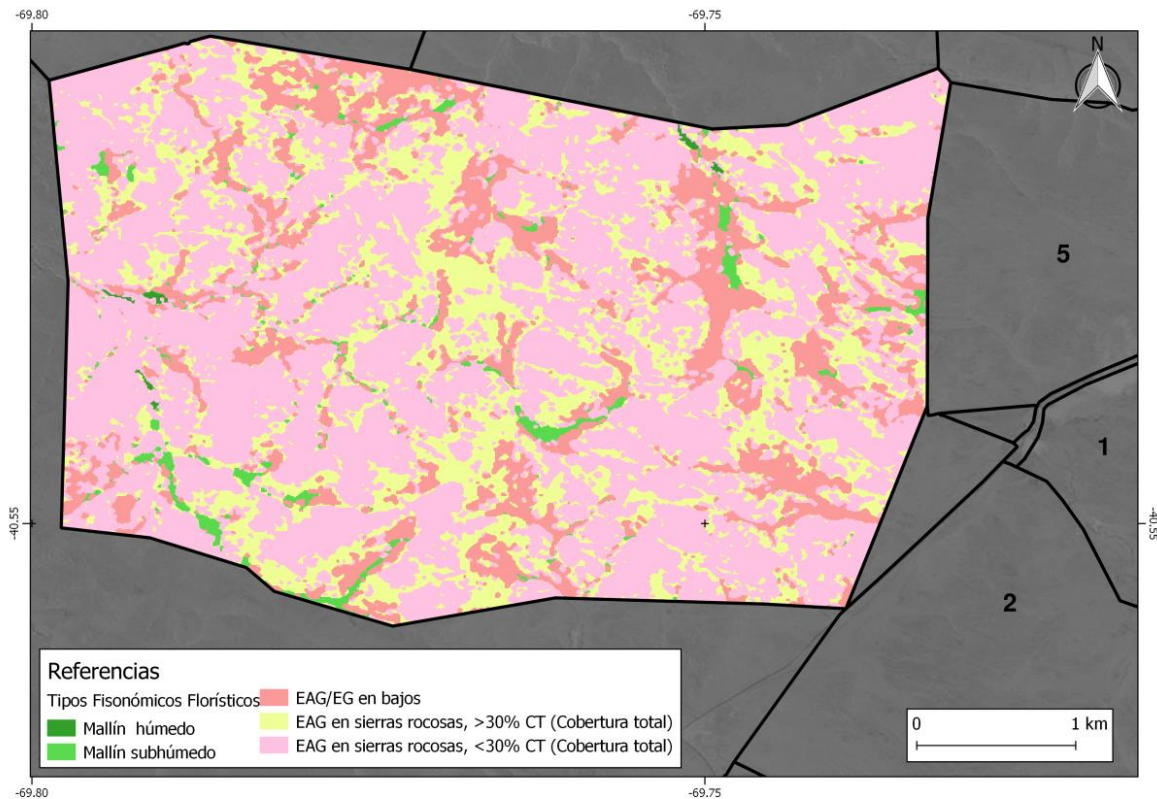


Figura 25: Detalle del cuadro 6 donde se aprecian los distintos tipos de vegetación.

El cuadro 6 es el más grande del campo en cuanto a superficie (Tabla 2) y ocupa el cuarto lugar en cuanto a receptividad (Tabla 3). Posee 2,4 % de mallines, pero sus estepas de mayor superficie poseen baja cantidad de forraje. La altura del cuadro varía entre los 1000 y más de 1300 m.s.n.m. resultando en un cuadro quebrado con gran cantidad de reparos. Este cuadro debería tomarse en cuenta para su utilización invernal debido al menor riesgo que presenta su altura respecto a los cuadros del sureste (1, 2, 3, y 4). A modo anecdótico es de destacar que sus estepas poseen gran diversidad de especies debido al tiempo que lleva descansado.

Tabla 14: Superficie, receptividad anual en EO y receptividad en ha/EO del cuadro 6.

Cuadro 6	
<b>Superficie (ha)=</b>	2255
<b>Receptividad anual EO=</b>	339
<b>ha/EO=</b>	7

Tabla 15: Detalle de los tipos de vegetación del cuadro 6.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% de la superficie total del cuadro	Productividad forrajera anual (kgMS/ha/año)*	Productividad forrajera anual de arbustos (kgMS/ha/año)*	Factor de uso (%)*	Disponibilidad de forraje (kgMS/ha/año)*
EAG en sierras rocosas, <30% CT (Cobertura total)	1181,6	52,4	55		20-30	14
EAG en sierras rocosas, >30% CT (Cobertura total)	676,0	30,0	139	219	30-50	138
EAG/EG en bajos	344,0	15,3	30	150	30	54
Mallín húmedo	4,3	0,2	4000		70	2800
Mallín subhúmedo	48,8	2,2	750		50	375

\* Calculado como el promedio de los valores de los censos a campo para un mismo tipo de vegetación dentro del cuadro. La suma de las productividades por el factor de uso no necesariamente se corresponde con la disponibilidad de forraje de la tabla

## Cuadro 7

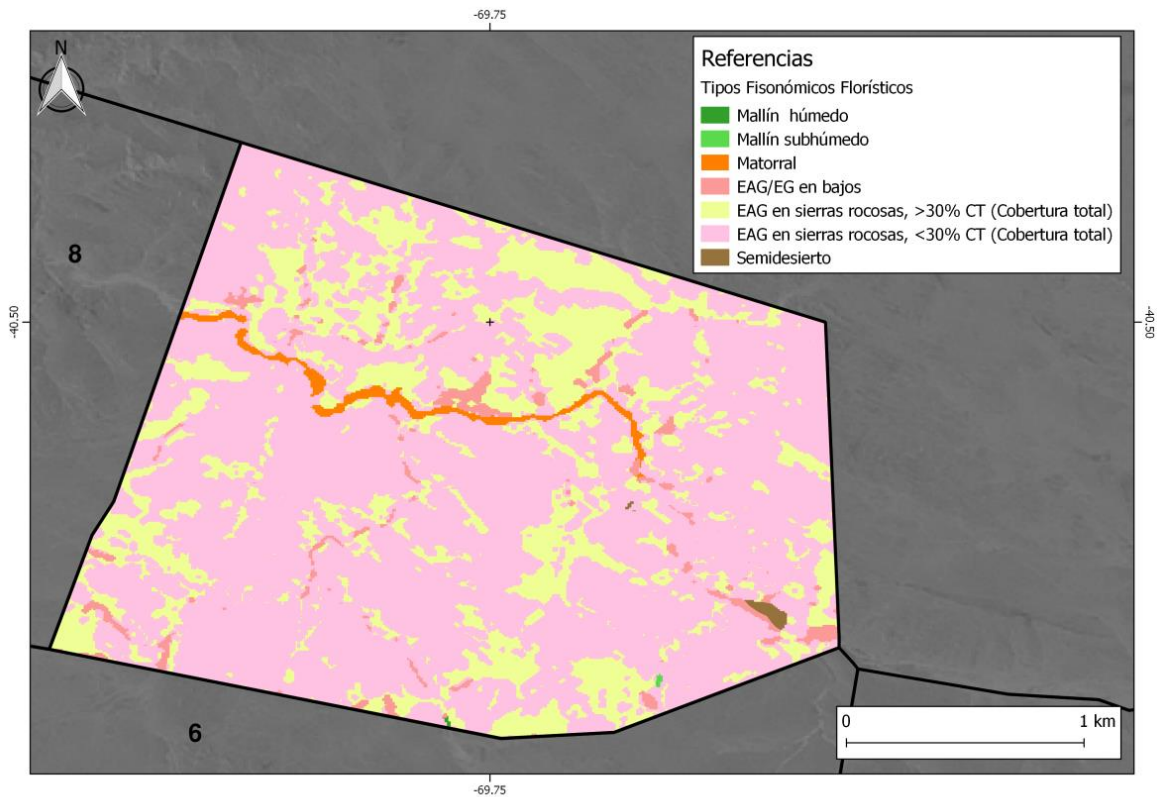


Figura 26: Detalle del cuadro 7 donde se aprecian los distintos tipos de vegetación.

El cuadro 7 y 8 actualmente se encuentran unidos debido a que el alambre divisorio está caído. El cuadro 7 ocupa el séptimo lugar en cuanto a superficie y receptividad (Tabla 2 y 3). Su altura varía entre los 1000 y más de 1300 m.s.n.m. Es un cuadro muy quebrado lo cual lo hace casi inaccesible para el trabajo con ovinos (ej. juntadas o repuntes). Gran parte de su superficie corresponde a pendientes superiores al 45% lo cual disminuye la probabilidad de pastoreo en esas laderas tan quebradas. Tener en cuenta que para su utilización con vacunos solo se debería considerar la receptividad del matorral y sus estepas aledañas que se ubican en la parte más baja al centro-norte del cuadro. Por último, se sugiere realizar obras de almacenamiento de agua en el caso que se decida trabajar con ganado.



Tabla 16: Superficie, receptividad anual en EO y receptividad en ha/EO del cuadro 7.

<b>Cuadro 7</b>	
<b>Superficie (ha)=</b>	771
<b>Receptividad anual EO=</b>	97
<b>ha/EO=</b>	8

Tabla 17: Detalle de los tipos de vegetación del cuadro 7.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% de la superficie total del cuadro	Productividad forrajera anual (kgMS/ha/año)*	Productividad forrajera anual de arbustos (kgMS/ha/año)*	Factor de uso (%)*	Disponibilidad de forraje (kgMS/ha/año)*
EAG en sierras rocosas, <30% CT (Cobertura total)	525,8	68,2	60	95	30	46,5
EAG en sierras rocosas, >30% CT (Cobertura total)	212,0	27,5	75	200	30	83
EAG/EG en bajos	20,4	2,6	15	230	30	74
Mallín húmedo	0,2	0,0	4000		70	2800
Mallín subhúmedo	0,2	0,0	750		50	375
Matorral	11,3	1,5	180	70	50	125
Semidesierto	1,5	0,2	30		20	6

\* Calculado como el promedio de los valores de los censos a campo para un mismo tipo de vegetación dentro del cuadro. La suma de las productividades por el factor de uso no necesariamente se corresponde con la disponibilidad de forraje de la tabla

## Cuadro 8

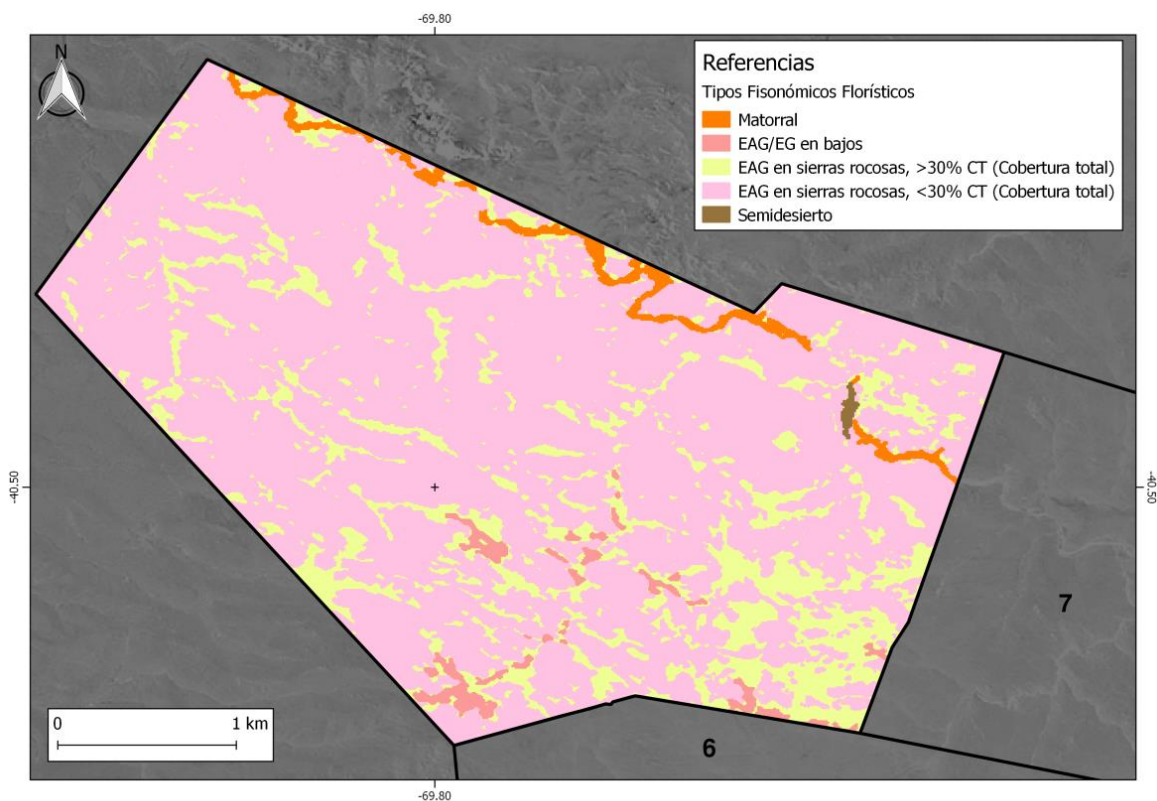


Figura 27: Detalle del cuadro 8 donde se aprecian los distintos tipos de vegetación.

El cuadro 8 ocupa el cuarto lugar en cuanto a superficie (Tabla 2) y el sexto en cuanto a receptividad (Tabla 3). Posee las mismas restricciones de pendiente del cuadro 7 y deben ser tomadas en cuenta tanto para el manejo con ovinos como bovinos. En el caso de utilizarse vacunos solo deberían tenerse en cuenta la superficie de matorral (noreste a noroeste del cuadro) y sus estepas más cercanas a esta zona. Por último, se sugiere realizar obras de almacenamiento de agua en el caso que se decida trabajar con ganado.

Tabla 18: Superficie, receptividad anual en EO y receptividad en ha/EO del cuadro 8.

Cuadro 8	
Superficie (ha)=	1550
Receptividad anual EO=	148
ha/EO=	10

Tabla 19: Detalle de los tipos de vegetación del cuadro 8.

Tipo de vegetación	Superficie (ha)	% de la superficie total del cuadro	Productividad forrajera anual (kgMS/ha/año)*	Productividad forrajera anual de arbustos (kgMS/ha/año)*	Factor de uso (%)*	Disponibilidad de forraje (kgMS/ha/año)*
EAG en sierras rocosas, <30% CT (Cobertura total)	1175,6	75,9	40	80	20-30	32
EAG en sierras rocosas, >30% CT (Cobertura total)	324,7	21,0	75	200	30	73
EAG/EG en bajos	21,9	1,4	15	230		74
Matorral	25,6	1,6	180	70	50	125
Semidesierto	1,9	0,1	30		20	6

\* Calculado como el promedio de los valores de los censos a campo para un mismo tipo de vegetación dentro del cuadro. La suma de las productividades por el factor de uso no necesariamente se corresponde con la disponibilidad de forraje de la tabla

#### 4. Tendencia Cíclica y Ritmo de Cambio de la actividad de la vegetación

La tendencia cíclica predominante en toda la superficie del establecimiento es de Recaída Incipiente (color turquesa, Fig.28; Mapa A). Esto significa que la actividad de la vegetación ha registrado, en términos generales, valores recientes elevados, pero cuya evolución ha cambiado de sentido con orientación descendente, con perspectivas de retracción futura (aspecto confirmado por las medias móviles diferenciales de mediano plazo, Figs. 31.1-10). En la región sur del establecimiento, se registran también proporciones menores de superficie en recuperación

incipiente, asociados a la meseta. Respecto al ritmo de cambio (Fig. 28; Mapa B), la zona noroeste presenta una evolución con predominancia de superficie con declive lento y acelerado desde valores recientes que se ubican por encima del promedio histórico. Por otro lado, en la zona centro del establecimiento se registran zonas con declive acelerado (estepas), pero cuyos valores se ubican por debajo del promedio histórico. Finalmente, la región sur registra una mayor diversidad en términos de patrones de cambio (tanto de crecimiento y declive), pero en general con valores recientes ubicados por encima del promedio histórico.

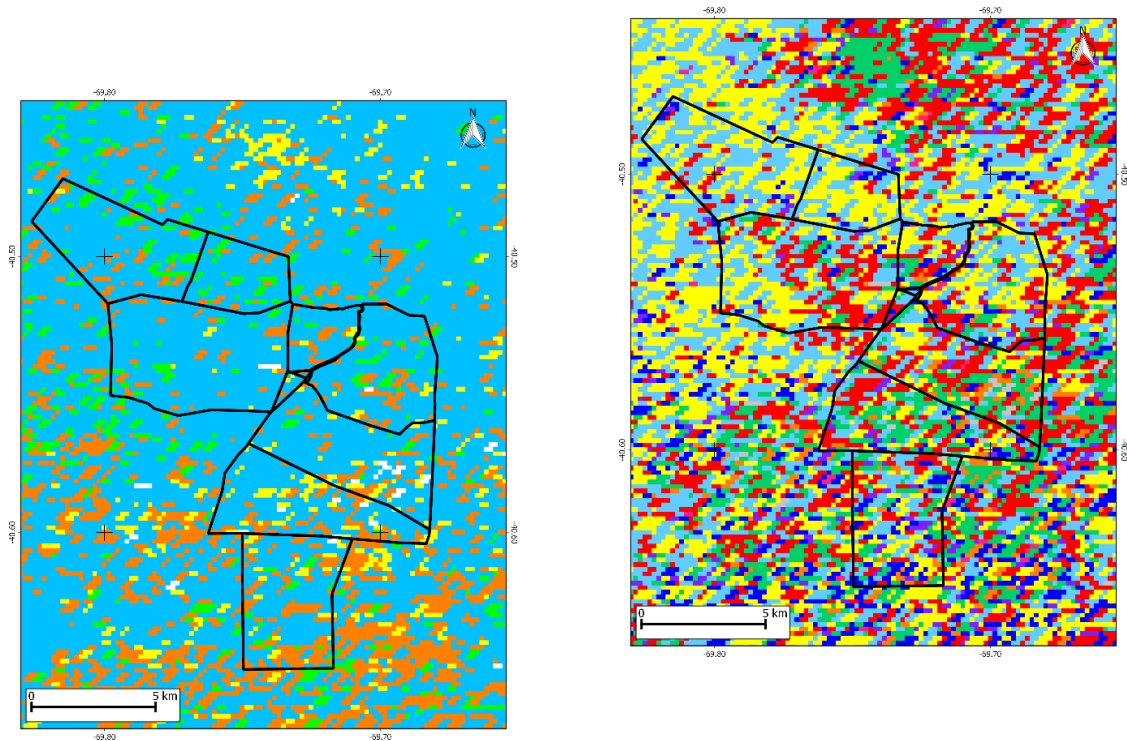


Figura 28: Mapa A) Tendencia Cíclica de NDVI (serie 2000-2019) en el establecimiento Pilahue. Las líneas negras continuas identifican límites del establecimiento y de cuadros. Referencia de colores de Tendencia Cíclica: Creciente (azul ■), Recaída Inicial (turquesa ■), Recaída Avanzada (amarillo ■), Decreciente (rojo ■), Recuperación Inicial (naranja ■), Recuperación Avanzada (verde ■), Sin Tendencia Cíclica (blanco).

Mapa B) Ritmo de cambio de la tendencia cíclica en el establecimiento Pilahue. Referencias: 1. Valores por encima del promedio: Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, violeta ■), Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, azul ■), Declive lento (sentido negativo y con tasa positiva, turquesa ■), Declive acelerado (sentido negativo y con tasa negativa, amarillo ■); 2. Valores por debajo del promedio: Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, verde ■), Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, marrón claro ■), Declive lento (sentido negativo y con tasa positiva, turquesa ■), Declive acelerado (sentido negativo y con tasa negativa, magenta ■); Sin cambios (sentido neutro y tasa de cambio neutro, gris ■).

#### Arquetipos de la dinámica funcional de la vegetación

El análisis de arquetipos de la dinámica temporal de la vegetación entre el año 2000 y 2019, generó como resultado tres arquetipos de funcionamiento diferenciales. El arquetipo 1 se ubicó

predominantemente en la zona noroeste y zona central de la estancia, espacialmente asociado a fondos de quebradas y mallines. El arquetipo 2 se ubicó en la zona central, en los cuadros 1,,5 y 6, asociado a zonas de estepa arbustivo-graminosas. El arquetipo 3 se ubicó en la zona sur del establecimiento, asociado al paisaje de meseta. A continuación, se presenta un detalle que describe la dinámica temporal de cada arquetipo, utilizando para ello una selección de algunos píxeles (superficie 6,25 ha) que los representan, y que están ubicados en áreas donde se realizaron evaluaciones de pastizales. En esta sección, se incluyeron también tres sitios/píxeles adicionales que representan zonas clave de monitoreo, tanto de estepas como mallín.

#### *PIXEL Arquetipo 1 > ID 41*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia levemente oscilante, con valores máximos en el año 2004-2005 y valores menores, aunque estabilizados en el período 2014-2019 (Fig. 29.1). Las frecuencias bajas confirman una fase positiva entre el año 2001 y el 2009, con una fase negativa entre 2011 y 2013, recuperando a partir del año 2014 (alcanzando valores similares a los de inicio de la década del 2000). Las frecuencias medias muestran las mayores oscilaciones entre los años 2005 y 2007, retrayéndose luego en el período 2008-2011. Las menores oscilaciones ocurren entre 2012 y 2014, recuperándose paulatinamente con posterioridad. El año 2018-2019 presenta un nivel de oscilación similar al del período 2008-2011. De manera similar a las frecuencias medias, el ciclo anual muestra un patrón de oscilación invernal-estival creciente entre el año 2000 y 2007 (cuando obtiene el máximo contraste), reduciéndose luego paulatinamente hasta obtener el mínimo nivel de oscilación en los años 2013-2014, recuperándose nuevamente con posterioridad. Las frecuencias altas muestran mayores señales durante la primera década, mientras que a partir del año 2010 su oscilación se reduce significativamente.

Respecto al poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias tuvieron mayor relevancia durante los primeros 12 años y en los últimos cuatro años (2016-2019) de la serie analizada. En los años 2013 y 2014 las frecuencias altas (los pulsos intra-anales) adquieren relevancia, aunque muy probablemente debido a la menor relevancia de las demás frecuencias durante dichos años (Fig. 30.1). El ciclo anual presenta una señal relevante durante los primeros diez años, reduciendo el poder de la señal a menos de la mitad durante la segunda década analizada.

La media móvil anual muestra los valores más altos entre el año 2002 y 2007, a partir del cual comienza una merma que alcanza los menores valores en el año 2012, a partir del cual comienza una senda de recuperación en forma de serrucho (Fig. 31.1). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que en éste último período, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes, confirmando una recuperación. El año 2019 se ubica en valores superiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra levemente por encima que los anteriores cuatro años. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018, mientras que los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos. Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo, dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

*PIXEL Arquetipo 2 > ID 7*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia estable durante toda la serie 2000-2019. Las frecuencias bajas confirman una fase negativa entre el año entre 2011 y 2012, recuperando a partir del año 2013 (alcanzando valores similares a los de inicio de la década del 2000) (Fig. 29.2). Las frecuencias medias muestran las mayores oscilaciones entre los años 2004 y 2006. Las menores oscilaciones ocurren hacia el final de la serie entre 2017 y 2019. El ciclo anual muestra un patrón de oscilación invernal-estival creciente entre el año 2000 y 2005 (cuando obtiene el máximo contraste), momento a partir del cual se reduce paulatinamente hasta obtener el mínimo nivel de oscilación en el año 2010, manteniendo hasta el año 2019 prácticamente la misma amplitud de oscilación. En otras palabras, significa que los inviernos y veranos fueron más contrastantes a mediados de la década del 2000, mientras que hacia el final de la serie (y actualmente) el contraste es bajo. Entre los años 2006-2008 (momento de mayor contraste y oscilación), se registra un doble pico estival asociados al fin de primavera y otoño. Por otro lado, en el período de menor oscilación (2015-2019) se registra un solo pico de verano. Las frecuencias altas muestran mayores señales durante la primera década, una transición con menores oscilaciones entre 2009 y 2014, mientras que a partir del año 2015 su oscilación se reduce significativamente.

Respecto al poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias y frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) tuvieron mayor relevancia durante los primeros 8 años y en los últimos cuatro años (2016-2019) de la serie analizada (Fig. 30.2). Entre los años 2009 y 2015 las frecuencias altas (los pulsos intra-anales) adquieren mayor relevancia, aunque muy probablemente debido al menor poder de la señal de las demás frecuencias durante dichos años. El ciclo anual presenta una señal mucho más débil en general, con mayor relevancia relativa durante los primeros diez años, reduciendo el poder de la señal a menos de la mitad durante la segunda década analizada.

La media móvil anual muestra los valores más altos entre el año 2002 y 2007, a partir del cual comienza una merma que alcanza los menores valores en el año 2012, a partir del cual comienza una senda de recuperación en forma de serrucho (Fig. 31.2). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, en éste último período de recuperación, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes (con picos en los períodos 2014-2015 y 2017-2018), confirmando una recuperación. El año 2019 se ubica en valores superiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra levemente por encima que los cuatro años precedentes. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018, mientras que los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos. Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

*PIXEL Arquetipo 2 > ID 56*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia absolutamente estable durante toda la serie 2000-2019. Las frecuencias bajas confirman una fase positiva en el período 2002-2003, y negativas en los períodos 2005-2006 y 2011-2013, recuperando a partir del año 2014 y estabilizándose a partir del año 2016 (Fig. 29.3). Las frecuencias medias muestran las mayores oscilaciones entre los años 2005 y 2006. Las menores oscilaciones ocurren entre 2008 y 2011 y en 2018-2019. El ciclo anual muestra un patrón de oscilación constante y estable para toda la serie, con una leve reducción entre el año 2008 y 2011. La oscilación se presentó en forma de serrucho entre el año 2000 y 2011, momento a partir del cual se comienza a hacer más clara la señal y el contraste invernal-estival (con picos en primavera temprana). En otras palabras, significa que los inviernos y veranos fueron más contrastantes y diferenciales a partir del año 2012. Las frecuencias altas muestran mayores señales durante la primera década, una transición con menores oscilaciones entre 2009 y 2014, mientras que a partir del año 2015 su oscilación se reduce significativamente.

Respecto al poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias y, especialmente, las frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) tuvieron la mayor relevancia durante prácticamente toda la serie analizada (Fig. 30.3). Las frecuencias bajas se ubicaron en un nivel intermedio (junto con el ruido no correlacionado), mientras que el ciclo anual presentó una señal comparativamente más débil a lo largo de toda la serie.

La media móvil anual muestra los valores más altos entre el año 2002 y 2007, a partir del cual comienza una merma que alcanza los menores valores en el año 2012, a partir del cual comienza una senda de recuperación en forma de serrucho (Fig. 31.3). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, en éste último período de recuperación, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes (con picos en los períodos 2015 y 2017-2018), confirmando una recuperación. El año 2019 se ubica en valores superiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra levemente por encima que los cuatro años precedentes. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018, mientras que los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos (superiores a cero). Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

*PIXEL Arquetipo 3 > ID 71*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia absolutamente estable durante toda la serie 2000-2019. Las frecuencias bajas confirman una fase negativa en el período 2011-2013, recuperando y estabilizándose con posterioridad (Fig. 29.4). Las frecuencias medias muestran las mayores oscilaciones entre los años 2005 y 2007. Las menores oscilaciones y con un patrón claramente bianual, ocurren entre el 2010 y 2019. El ciclo anual muestra un patrón de oscilación constante en la primera mitad de la década del 2000, incrementándose entre 2005 y 2007. Con posterioridad al año 2008, el ciclo anual reduce su amplitud hasta alcanzar una mínima expresión a partir del año

2013, hasta la actualidad. En otras palabras, en esta última etapa de la serie, los inviernos y veranos fueron menos contrastantes. Las frecuencias altas muestran mayores señales durante la primera década y en los últimos tres años (2017-2019), registrando una transición con menores oscilaciones entre 2009 y 2016.

Respecto al poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias (ciclos de más de un año y menor a cuatro años) dominaron los primeros 10 años de la serie, mientras que las frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) tuvieron la mayor relevancia durante los últimos diez años de la serie analizada (Fig. 30.4). Las frecuencias bajas adquirieron relevancia durante el período 2010-2015, mientras que el ciclo anual presentó una señal más relevante entre el año 2002 y 2008, siendo luego comparativamente más débil a partir del año 2010 y hasta la actualidad. Finalmente, el ruido no correlacionado presentó un poder de señal elevado en prácticamente toda la serie.

La media móvil anual muestra los valores más altos entre el año 2015 y 2017, luego de una recuperación desde los menores valores ocurridos en el año 2012 (Fig. 31.4). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, el año 2019 se presentó con valores mayores a los de sus cuatro años precedentes (> a cero), aunque con picos que alcanzan valores máximos cada vez menores. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018, mientras que los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos (superiores a cero). Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

#### *PIXEL Arquetipo 3 > ID 104*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia y frecuencias bajas prácticamente estables durante toda la serie 2000-2019 (Fig. 29.5). Las frecuencias medias y el ciclo anual muestran oscilaciones entre los años 2001 y 2014 (las mayores oscilaciones entre 2006-2007), mientras que a partir del año 2015 se reducen significativamente. En otras palabras, significa que en los últimos cinco años los inviernos y veranos fueron muy poco contrastantes. Las frecuencias altas muestran un mayor poder de la señal durante la primera década y en el período 2016-2019, registrando una transición con menores oscilaciones entre 2011 y 2014.

Respecto al poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias dominaron los primeros diez años de la serie, mientras que las frecuencias medias y las frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) tuvieron la mayor relevancia en el período 2010-2015 (Fig. 30.5). El ciclo anual presentó una señal comparativamente más fuerte durante 2003-2009, debilitándose durante la serie. El ruido no correlacionado tuvo un poder de señal elevado durante toda la serie. El ruido total fue comparativamente relevante en los últimos cinco años.

La media móvil anual muestra los valores más altos entre el año 2004 y 2007, a partir del cual comienza una merma que alcanza los menores valores en el año 2012, a partir del cual comienza



una senda de recuperación en forma de serrucho, alcanzando en 2018-2019 valores similares a los de la década del 2000 (Fig. 31.5). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, en éste último período de recuperación, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes (con picos en los períodos 2015 y 2017), confirmando una recuperación. El año 2019 se ubica en valores levemente superiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra levemente por encima que los cuatro años precedentes. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018, mientras que los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos (superiores a cero). Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

### *PIXEL Arquetipo 3 > ID 112*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia estable durante toda la serie 2000-2019, y frecuencias bajas con leves oscilaciones asociadas a valores menores en 2011-2012 (Fig. 29.6). Las frecuencias medias presentaron un comportamiento bianual durante los primeros diez años, reduciéndose en la segunda mitad de la serie analizada. El ciclo anual muestra una reducida amplitud de oscilaciones, con un patrón estacional más nítido a partir del año 2009 y hasta la actualidad. Las frecuencias altas muestran un mayor poder de la señal durante la primera década y en el período 2016-2019, registrando una transición con menores oscilaciones entre 2011 y 2015.

Respecto a la evolución del poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) dominaron toda la serie analizada, mientras que las frecuencias medias se ubicaron en un nivel levemente inferior, seguido de las frecuencias bajas, con patrones de comportamiento similares. El pico en los tres casos ocurrió en el período 2011-2012 (Fig. 30.6). Tanto la tendencia como el ciclo anual presentaron una señal absolutamente débil durante los 20 años. El ruido no correlacionado tuvo un poder de señal elevado durante toda la serie, adquiriendo relevancia comparativa en los últimos cuatro años.

La media móvil anual muestra los valores más altos entre el año 2004 y 2007, a partir del cual comienza una merma que alcanza los menores valores en el año 2012, a partir del cual comienza una senda de recuperación en forma de serrucho, alcanzando en 2019 valores similares a los de la década del 2000 (Fig. 31.6). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, en éste último período de recuperación, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes (con picos en los períodos 2015 y 2017, y mermas en 2016), confirmando una recuperación general. El año 2019 se ubica en valores levemente superiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra levemente por encima que los cuatro años precedentes. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018, mientras que los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos (superiores a cero). Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

*PIXEL Arquetipo 3 > ID 125*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia y frecuencias bajas muy estables durante toda la serie 2000-2019, con muy leves oscilaciones asociadas a valores menores en 2011-2012 (Fig. 29.7). Las frecuencias medias presentaron un comportamiento oscilante entre el año 2000 y 2015, reduciéndose significativamente en los últimos cinco años. El ciclo anual muestra una reducida amplitud de oscilaciones, con un patrón estacional más nítido entre el año 2000 y 2008, mientras que a partir del año 2009 y hasta la actualidad el comportamiento es bimodal (con un pico de verano y otro de otoño). Las frecuencias altas muestran un mayor poder de la señal durante la primera década (hasta el año 2008), luego un período de reducción progresiva de la señal a partir del año 2009, reduciéndose significativamente a partir del año 2016.

Respecto a la evolución del poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias (ciclos mayores a un año y hasta cuatro años) y frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) dominaron toda la serie analizada, en los primeros diez y en los segundos diez años, respectivamente (Fig. 30.7). En un segundo nivel se ubicaron el ciclo anual, con mayor poder de señal entre el año 2000 y 2009, y las frecuencias bajas, con mayor relevancia entre 2009 y 2019. El ruido no correlacionado tuvo un poder de señal intermedio durante toda la serie.

La media móvil anual muestra los valores con picos más altos entre el año 2001 y 2007, y entre 2015 y 2019. Luego de una merma significativa que alcanza los menores valores en el año 2012, comienza una senda de recuperación en forma de serrucho, alcanzando en 2019 los valores más altos de la serie analizada (Fig. 31.7). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, en éste último período de recuperación, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes (con picos en los períodos 2013, 2015 y 2017), confirmando una recuperación general. El año 2019 se ubica en valores levemente superiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra levemente por encima que los cuatro años precedentes. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018, mientras que los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos (superiores a cero). Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

*PIXEL ID-Área Clave de Monitoreo 1 (Estepa)*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia muy estable durante toda la serie 2000-2019, mientras que las frecuencias bajas registran leves oscilaciones durante el período 2006-2013 (Fig. 29.8). Las frecuencias medias presentaron un comportamiento oscilante, con un patrón de doble pico a partir del año 2007 y hasta el final de la serie. El ciclo anual muestra una reducida amplitud de oscilaciones, con un patrón estacional más nítido también a partir del año 2007 y hasta 2019. Las frecuencias altas muestran una mayor oscilación durante la primera década, mientras que a partir del año 2009 se reduce progresiva y significativamente hasta el año 2019 (el año 2018 presente una oscilación levemente mayor).

Respecto a la evolución del poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias (ciclos mayores a un año y hasta cuatro años) y frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) dominaron toda la serie analizada y con un patrón similar, manteniendo las últimas una señal comparativamente mayor (Fig. 30.8). En un segundo nivel se ubicaron el ruido no correlacionado y las frecuencias medias, éstas últimas con mayor poder de señal entre el año 2006 y 2013. El ciclo anual presentó una señal muy débil durante prácticamente todo el período.

La media móvil anual muestra los valores con picos más altos entre el año 2005, 2010, 2015 y 2017. Luego de una merma significativa que alcanza los menores valores en el año 2012, comienza una senda de recuperación en forma de serrucho, ubicándose el 2019 en la base de dicho serrucho (Fig. 31.8). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, en éste último período de recuperación, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes (con picos en los años 2015 y 2017), confirmando una recuperación general. El año 2019 se ubica en valores levemente inferiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra en una situación de menores valores a los registrados en los cuatro años precedentes. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018 (siendo consistentemente mayor a cero a partir de 2017). Los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos (superiores a cero). Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

#### *PIXEL ID-Área Clave de Monitoreo 2 (Estepa)*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia muy estable durante toda la serie 2000-2019, mientras que las frecuencias bajas registran leves oscilaciones durante el período 2006-2013 (Fig. 29.9). Las frecuencias medias presentaron un comportamiento oscilante con mayor amplitud entre 2005 y 2008 y entre 2018 y 2019, mostrando un ciclo ubicado entre uno y dos años. La amplitud de oscilación fue menor entre 2010 y 2014. El ciclo anual muestra una amplificación de oscilaciones también entre 2005 y 2008 y luego entre 2017 y 2019, con un patrón estacional más nítido a partir del año 2014. Las frecuencias altas muestran una mayor oscilación durante la primera década y entre 2017 y 2019, mientras que se reduce significativamente durante 2009 y 2014.

Respecto a la evolución del poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias (ciclos mayores a un año y menores a cuatro años) y frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) dominaron toda la serie analizada y con un patrón similar. Las frecuencias medias registran comparativamente mayores niveles de señal 2004 y 2007, mientras que las frecuencias altas dominan entre 2010 y 2019 (Fig. 30.9). En un nivel intermedio entre ambas, se ubicó el ruido no correlacionado. El ciclo anual adquiere mayor relevancia entre 2004 y 2008, y luego reduce el poder de la señal muy significativamente. Las frecuencias bajas registran un nivel intermedio en el poder de la señal entre 2006 y 2019.

La media móvil anual muestra los valores con picos más altos entre el año 2006, 2010, 2015 y 2017. Luego de una merma significativa que alcanza los menores valores en el año 2012, comienza una senda de recuperación en forma de serrucho, ubicándose el 2019 en la base de dicho serrucho (Fig. 31.9). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, en éste último período de recuperación, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes (con picos en los años 2015 y 2017), confirmando una recuperación general. El año 2019 se ubica en valores levemente superiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra en una situación de valores similares a los registrados en los cuatro años precedentes. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018 (siendo consistentemente mayor a cero a partir de 2017). Los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos (superiores a cero). Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

#### *PIXEL ID-Área Clave de Monitoreo 3 (Mallín)*

La dinámica de NDVI muestra una tendencia estable durante toda la serie 2000-2019 con valores mayores en el año 2002 y levemente menores en 2013. Por otro lado, las frecuencias bajas registran mayores oscilaciones, con un doble piso en 2008 y 2013, respectivamente, siendo el segundo más significativo (Fig. 29.10). Las frecuencias medias presentaron un comportamiento oscilante con mayor amplitud entre 2000 y 2011, reduciéndose levemente con posterioridad. El ciclo anual muestra una amplificación de oscilaciones entre el año 2000 y 2007, luego reduciéndose paulatinamente hasta un mínimo en 2014, registrando una leve recuperación entre 2015 y 2019, pero los valores máximos están muy por debajo de los registrados a mediados de la década del 2000. Las frecuencias altas muestran una mayor oscilación durante la primera década, reduciéndose en la segunda mitad de la serie analizada.

Respecto a la evolución del poder de la señal de cada frecuencia analizada, las frecuencias medias (ciclos mayores a un año y menores a cuatro años) y frecuencias altas (ciclos y pulsos intra-anales) dominaron toda la serie analizada. Las frecuencias medias registran comparativamente mayores niveles de señal entre el año 2000 y 2009, mientras que las frecuencias altas dominaron entre 2010 y 2015 (Fig. 30.10). En un nivel intermedio entre ambas, se ubicó el ciclo anual (período 2000-2009) y las frecuencias bajas (período 2010-2015).

La media móvil anual muestra los valores con picos más altos entre 2003 y 2006. Luego de una merma significativa que alcanza los menores valores en el período 2012-2014, comienza una senda de recuperación en forma de serrucho (con picos en 2015 y 2017), ubicándose el 2019 en la sección media de dicho serrucho (Fig. 31.10). La media móvil diferencial de corto plazo muestra que, en éste último período de recuperación, efectivamente los valores son mayores a los de sus cuatro años precedentes, con un pico muy elevado en el año 2015, luego del cual se registra una merma persistente (alcanzando valores menores a cero en 2018 y parte de 2019). El año 2019 se ubica en valores levemente superiores a cero, sugiriendo que el ciclo corriente se encuentra en

una situación de reciente recuperación respecto de los registrados en un ciclo reciente. Finalmente, la media móvil de largo plazo muestra que la fase de recuperación tuvo una tasa elevada entre el año 2014 y 2018 (siendo consistentemente mayor a cero a partir de fines de 2016). Los últimos dos años registra un sentido negativo, aunque aún con valores positivos (superiores a cero). Este patrón sugiere una alerta de mediano plazo dado que su tendencia puede ser bajista hacia valores comparativamente negativos (próximos dos o tres años).

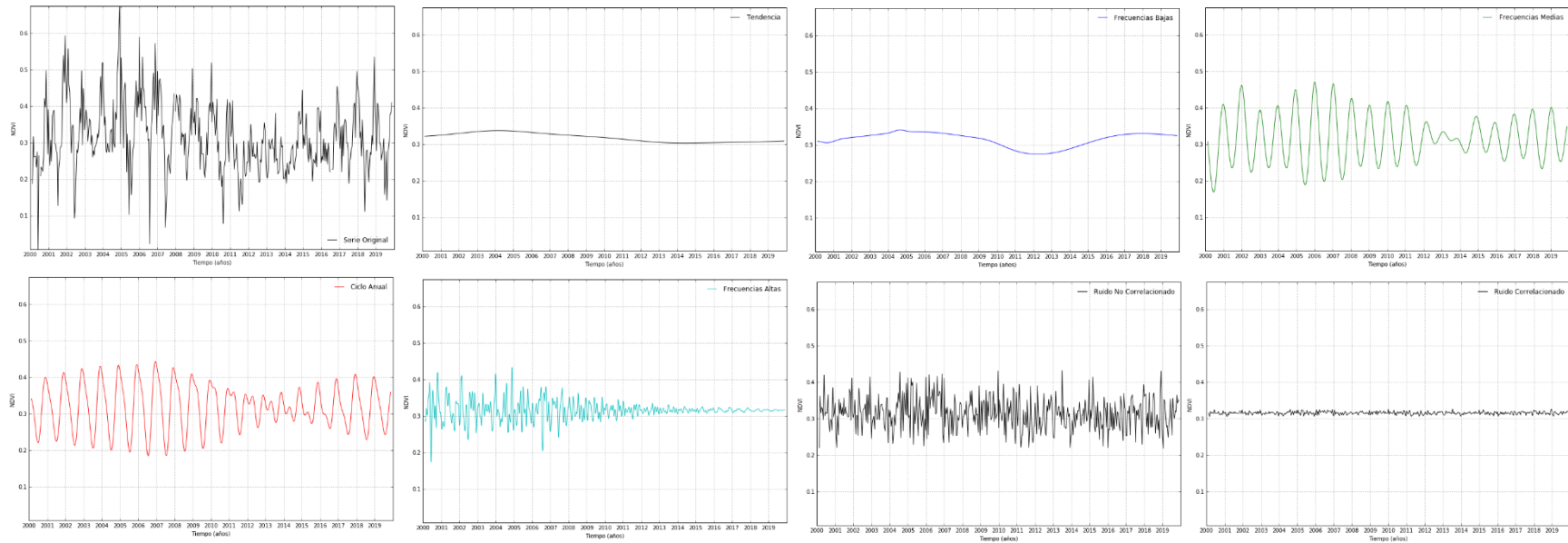


Figura 29. 1: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID 41 – arquetipo 1 (mallín). Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

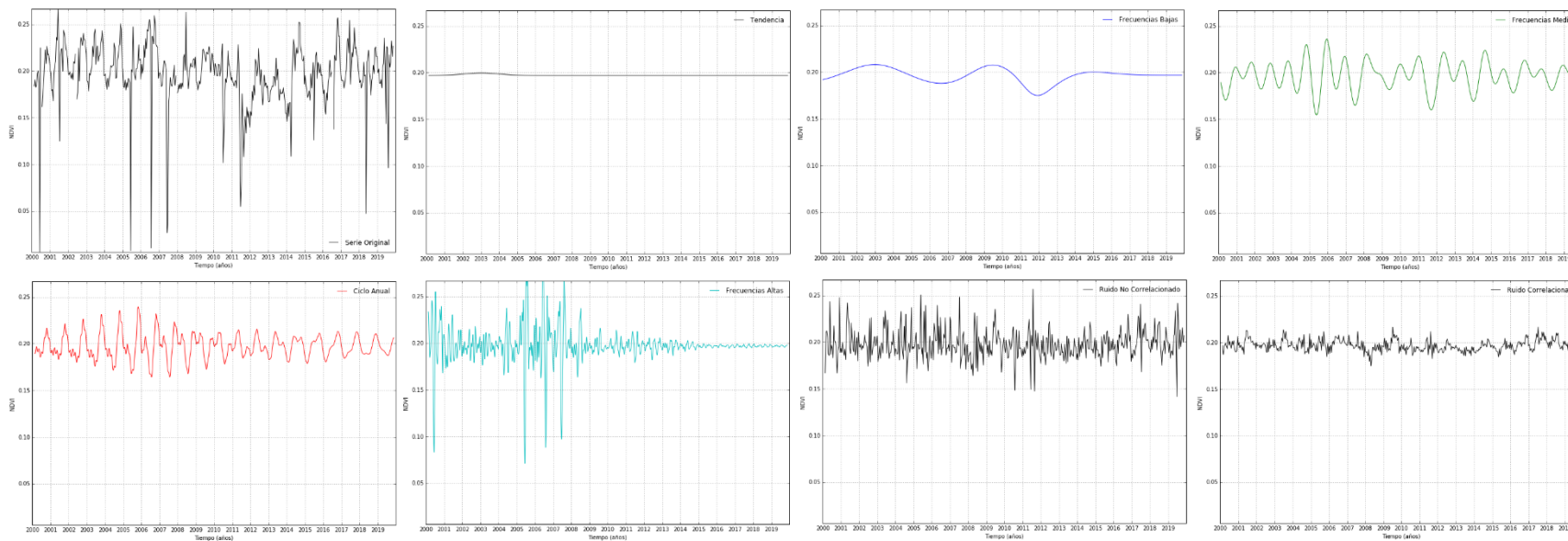


Figura 29. 2: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID 7 - arquetipo 2. Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

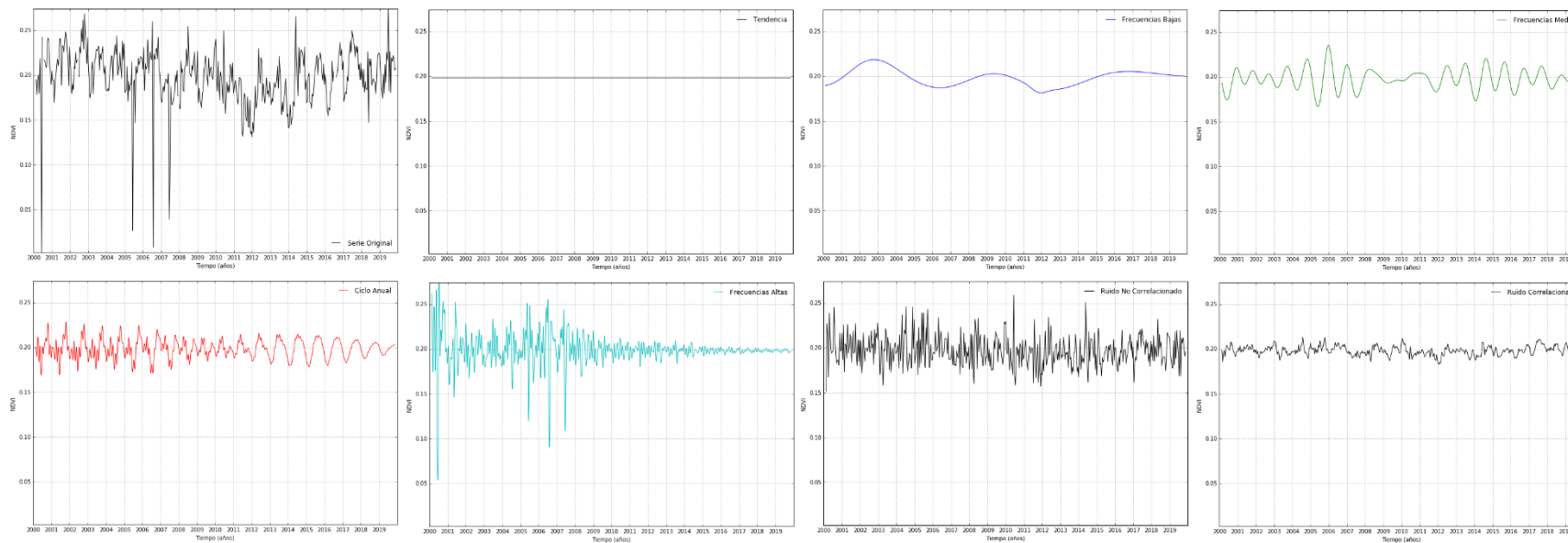


Figura 29. 3: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID 56 - arquetipo 2. Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).



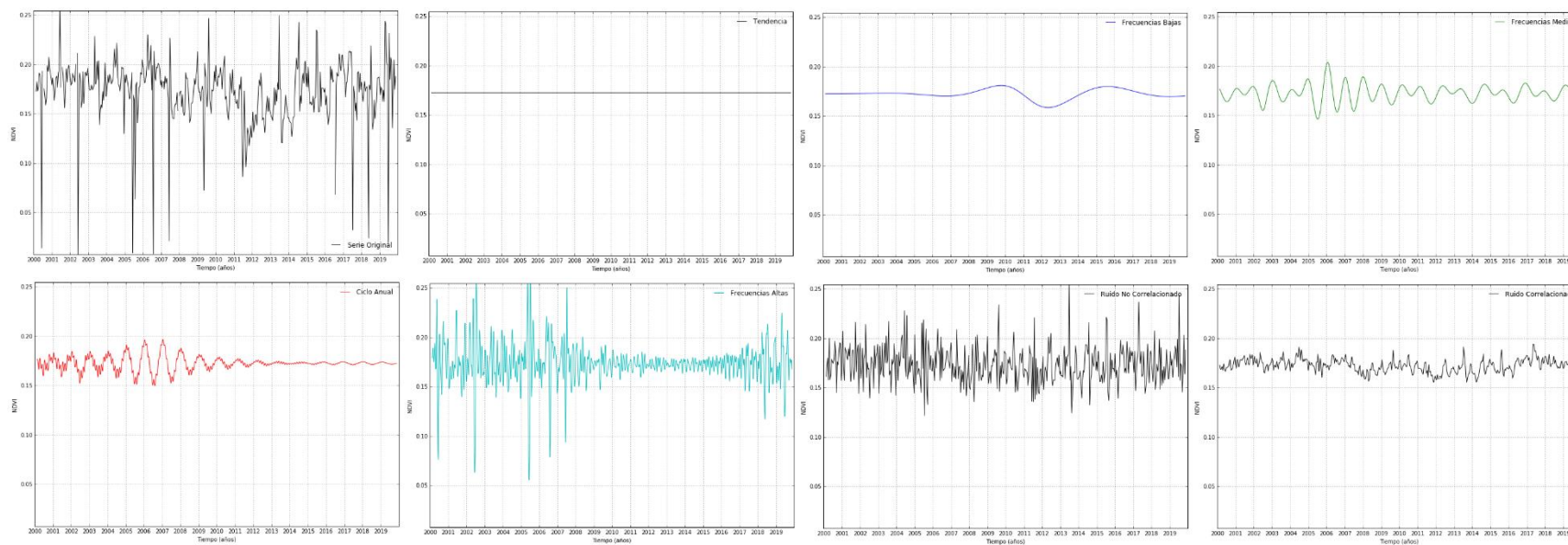


Figura 29. 4: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID 71 - arquetipo 3. Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

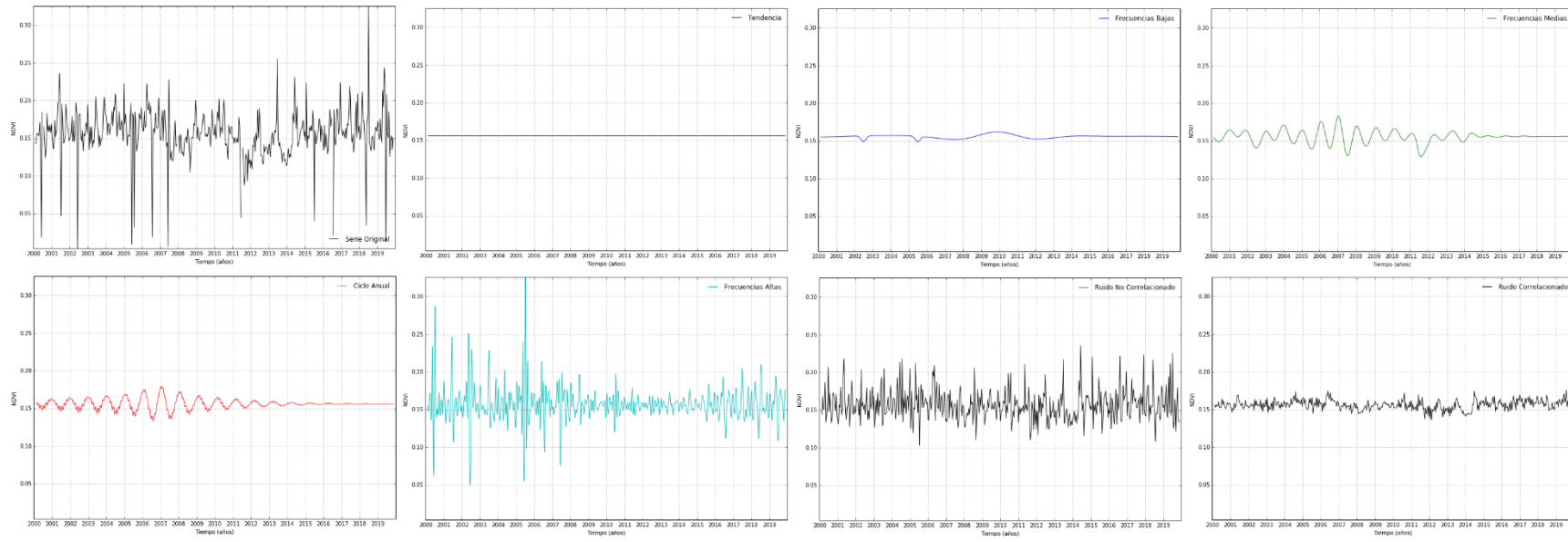


Figura 29. 5: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID 104 - arquetipo 3. Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

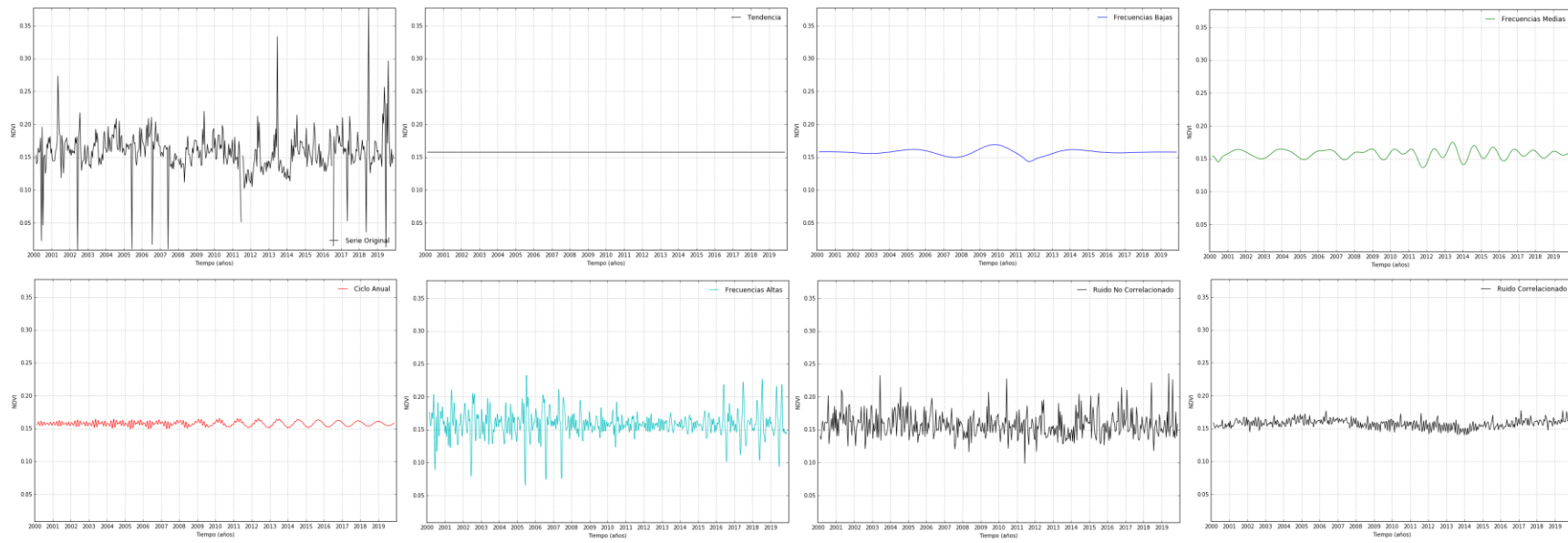


Figura 29. 6: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID 112 - arquetipo 3. Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

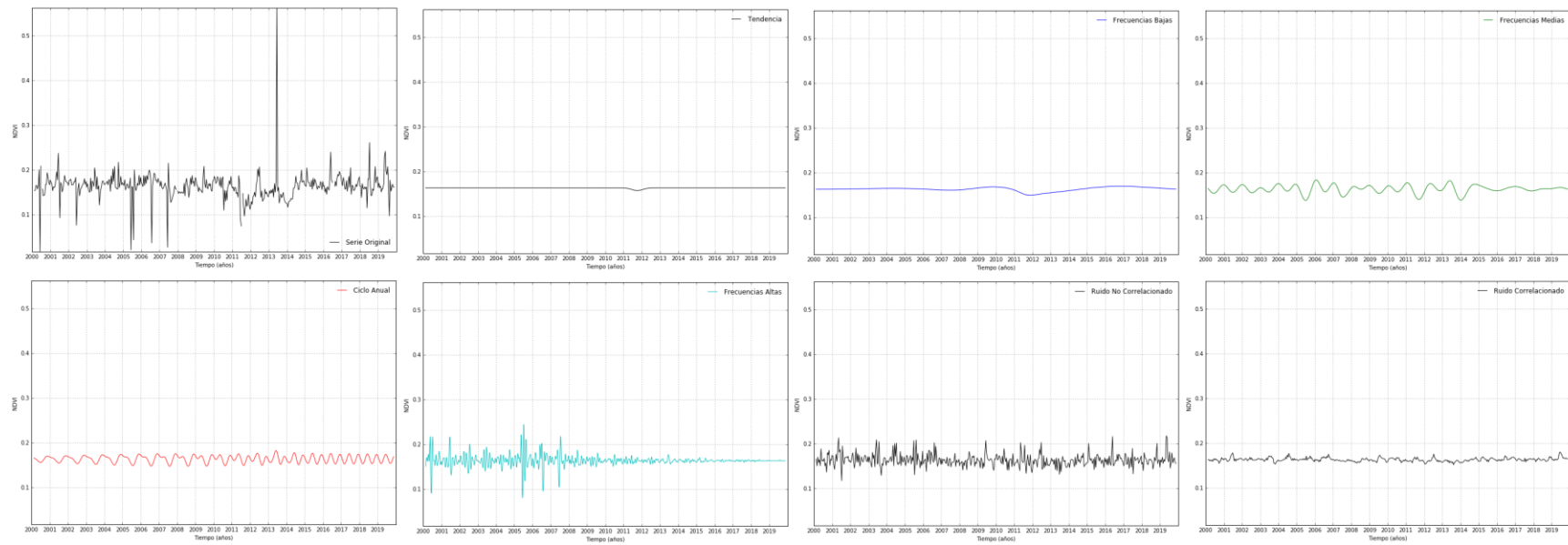


Figura 29. 7: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID 125 - arquetipo 3. Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

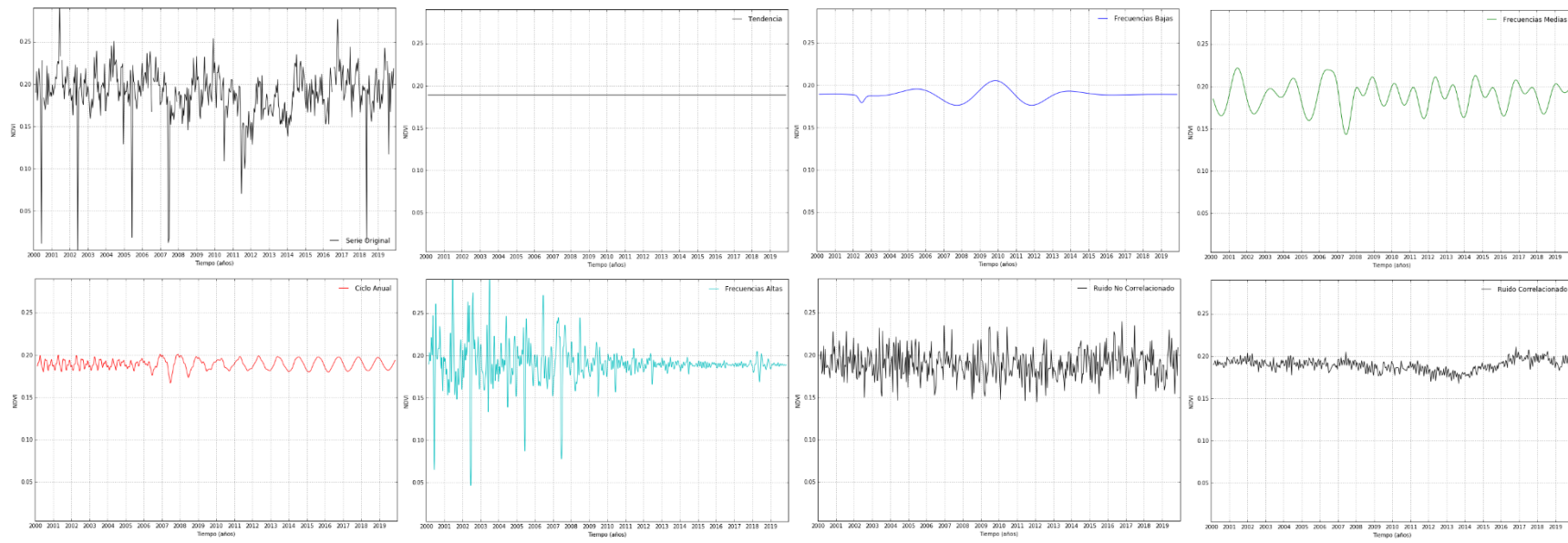


Figura 29. 8: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID-Área Clave de Monitoreo 1 (Estepa). Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

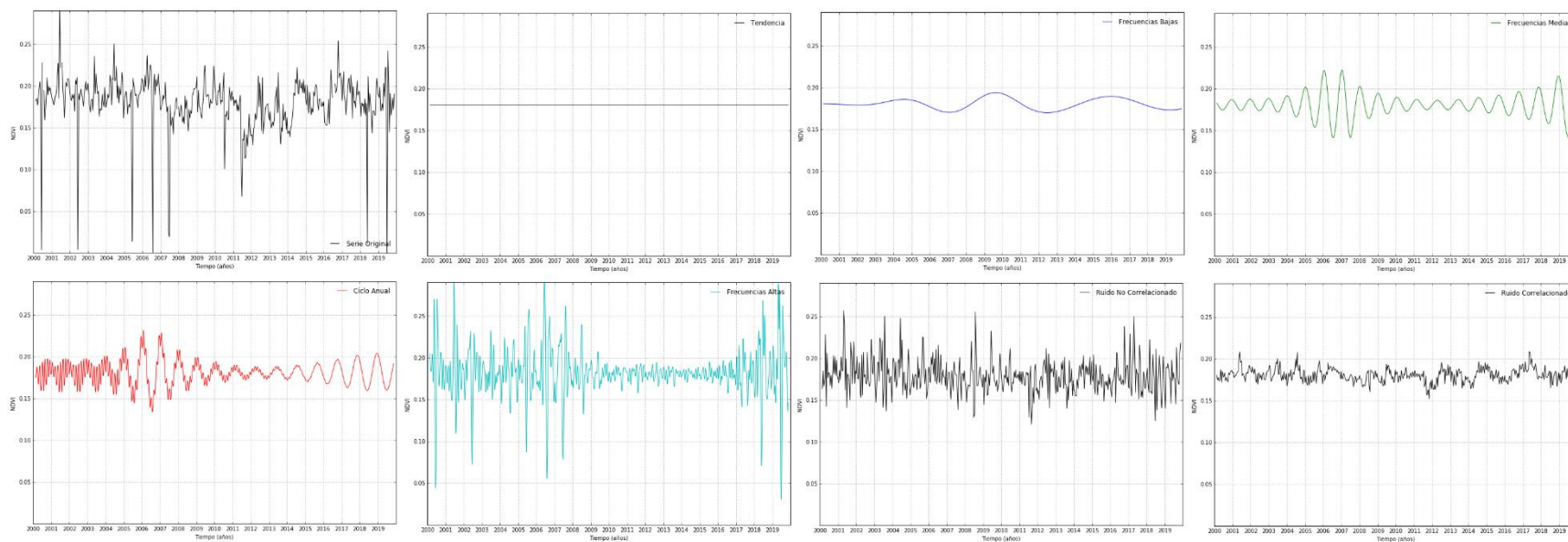


Figura 29. 9: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID-Área Clave de Monitoreo 2 (Estepa). Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

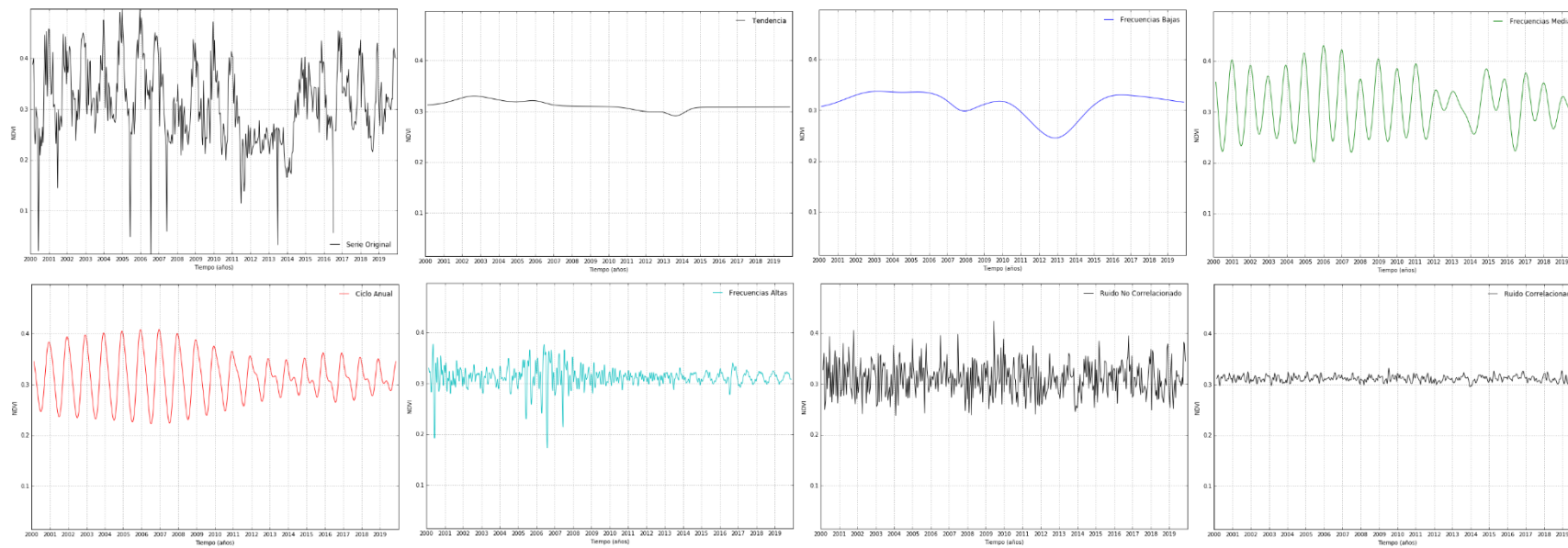


Figura 29. 10: Información temporal de la serie de NDVI del pixel ID-Área Clave de Monitoreo 3 (Mallín). Descomposición de la serie original (a), en componentes de frecuencia-tiempo: b) Tendencia (línea negra), c) frecuencias bajas (ciclos mayores a cuatro años, azul), d) Frecuencias de rango medio (ciclos entre dos y cuatro años, verde), e) ciclo anual (rojo), f) Frecuencias altas (ciclos intra-anales, turquesa), g) Ruido no correlacionado (negro) y h) Ruido correlacionado (negro).

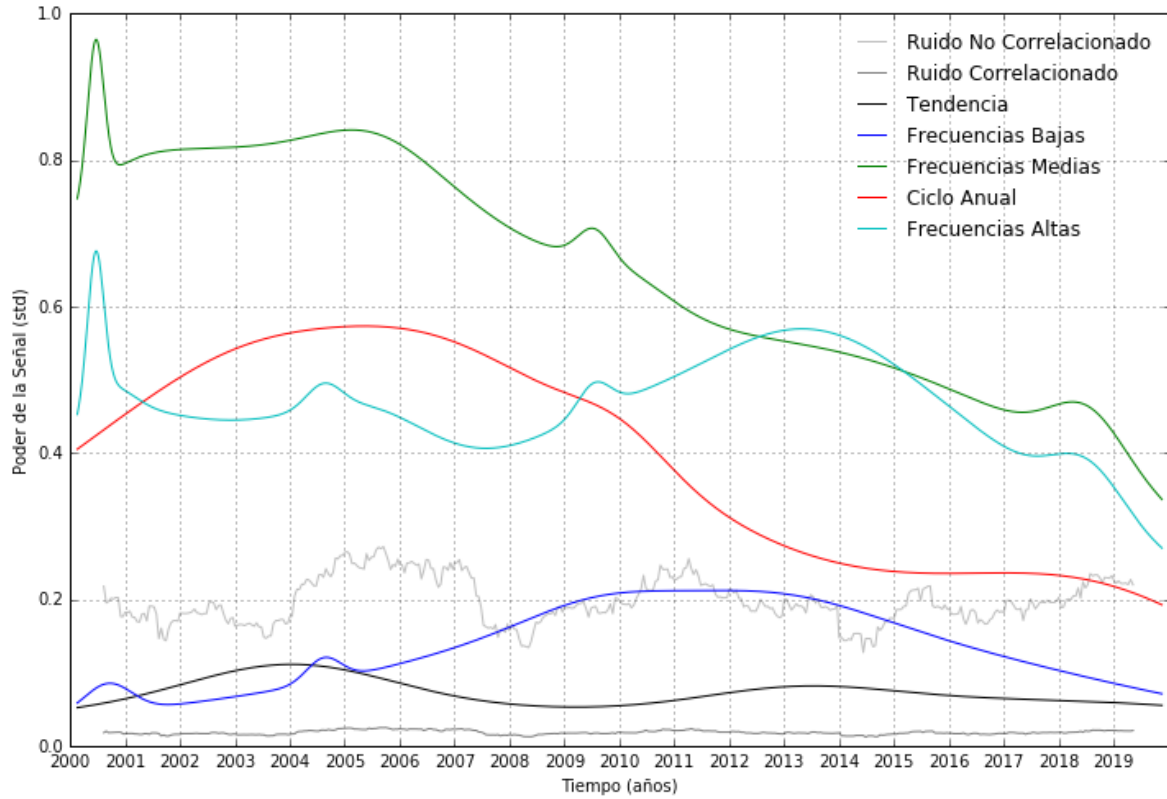


Figura 30. 1: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID 41 – arquetipo 1, estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.



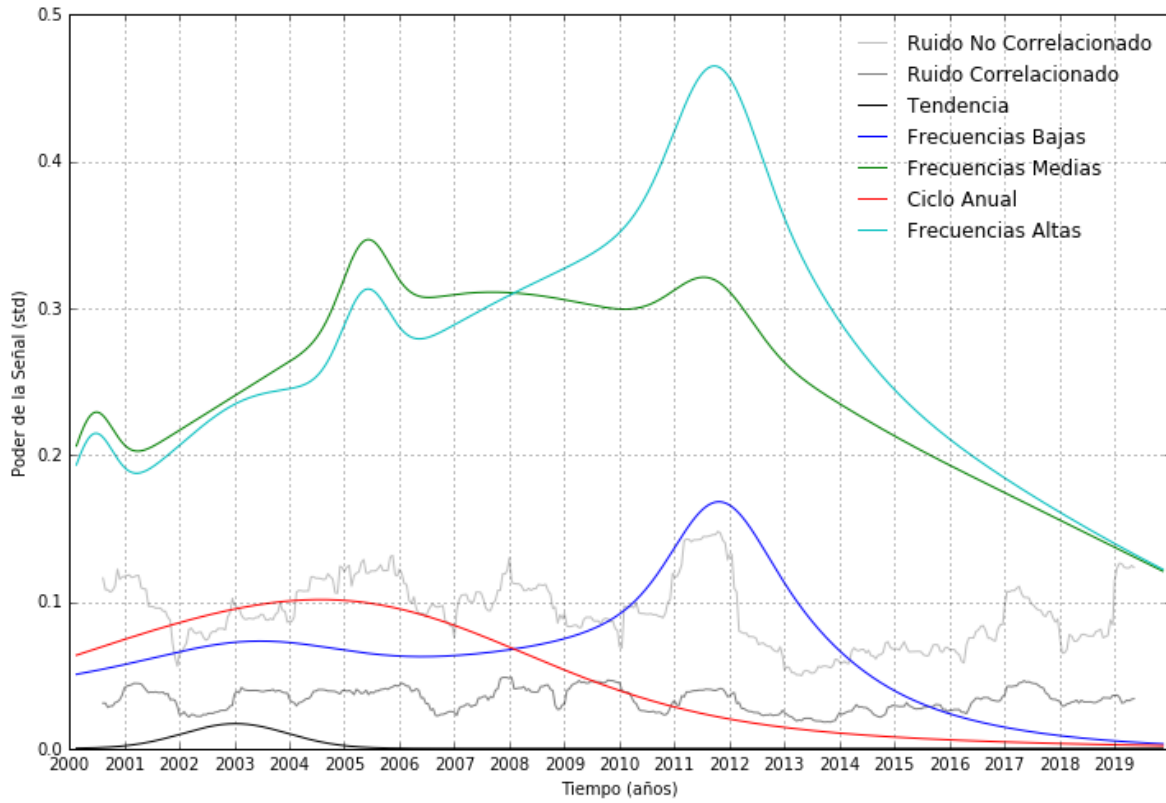


Figura 30. 2: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID 7 – arquetipo 2, estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.

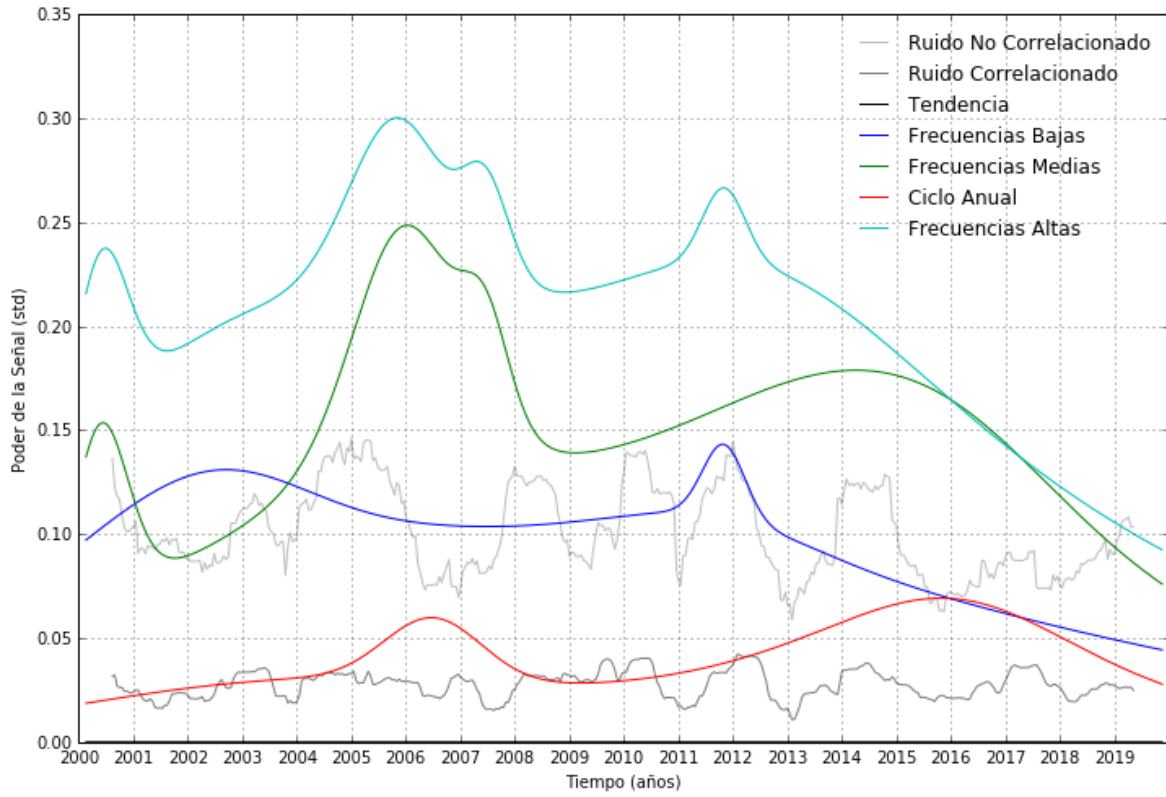


Figura 30. 3: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID 56 – arquetipo 2, estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.

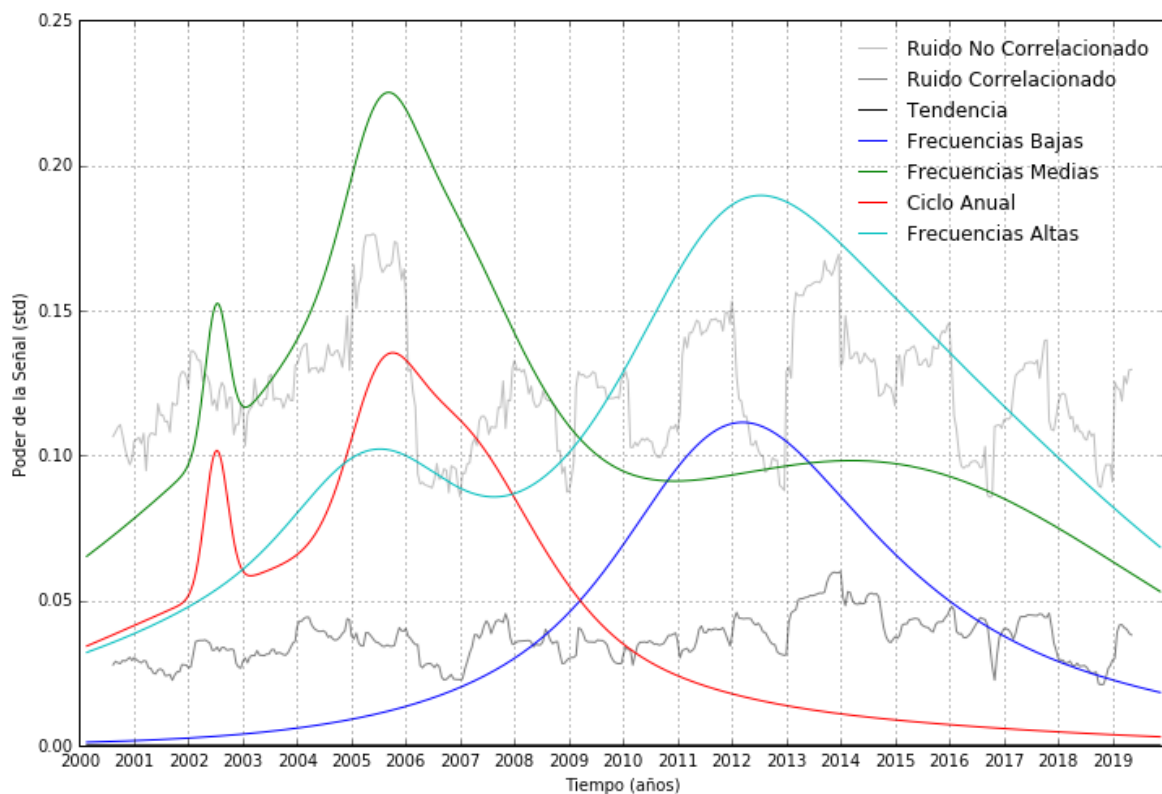


Figura 30. 4: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID 71 – arquetipo 3, estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.

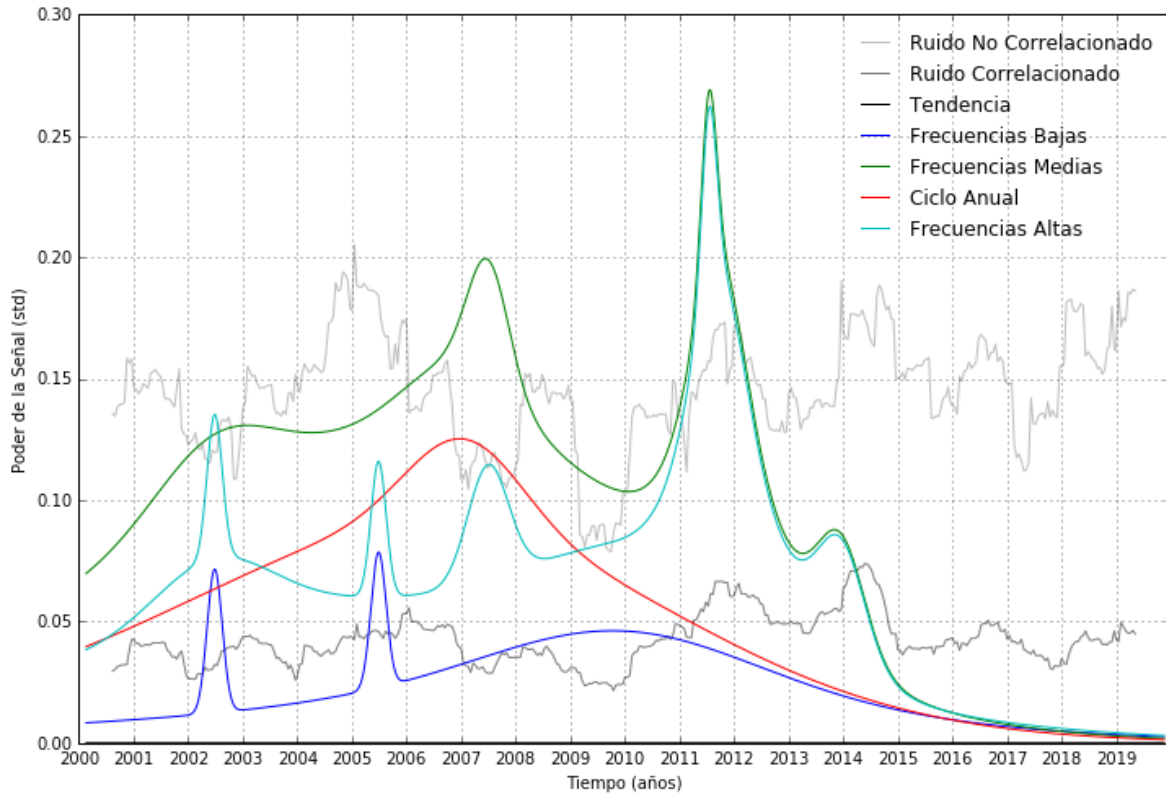


Figura 30. 5: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID 104 – arquetipo 3, estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.

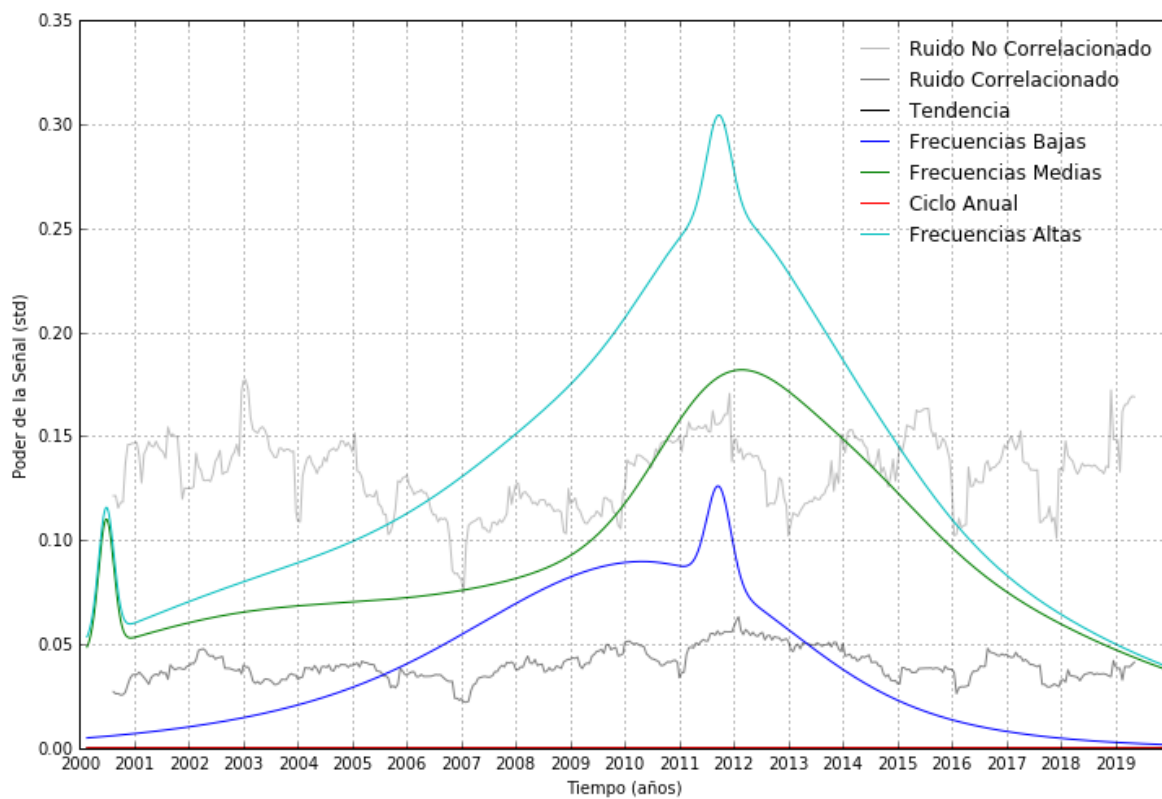


Figura 30. 6: . Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID 112 – arquetipo 3, estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.

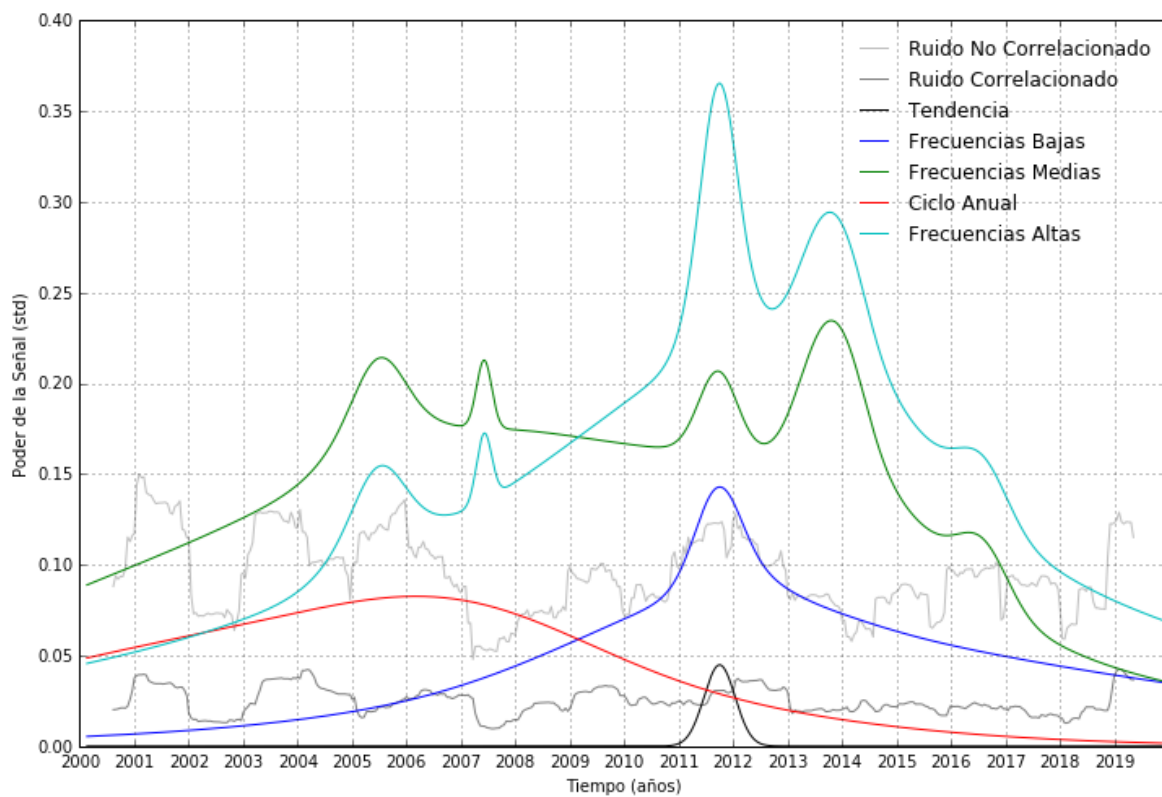


Figura 30. 7: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID 125 – arquetipo 3, estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.

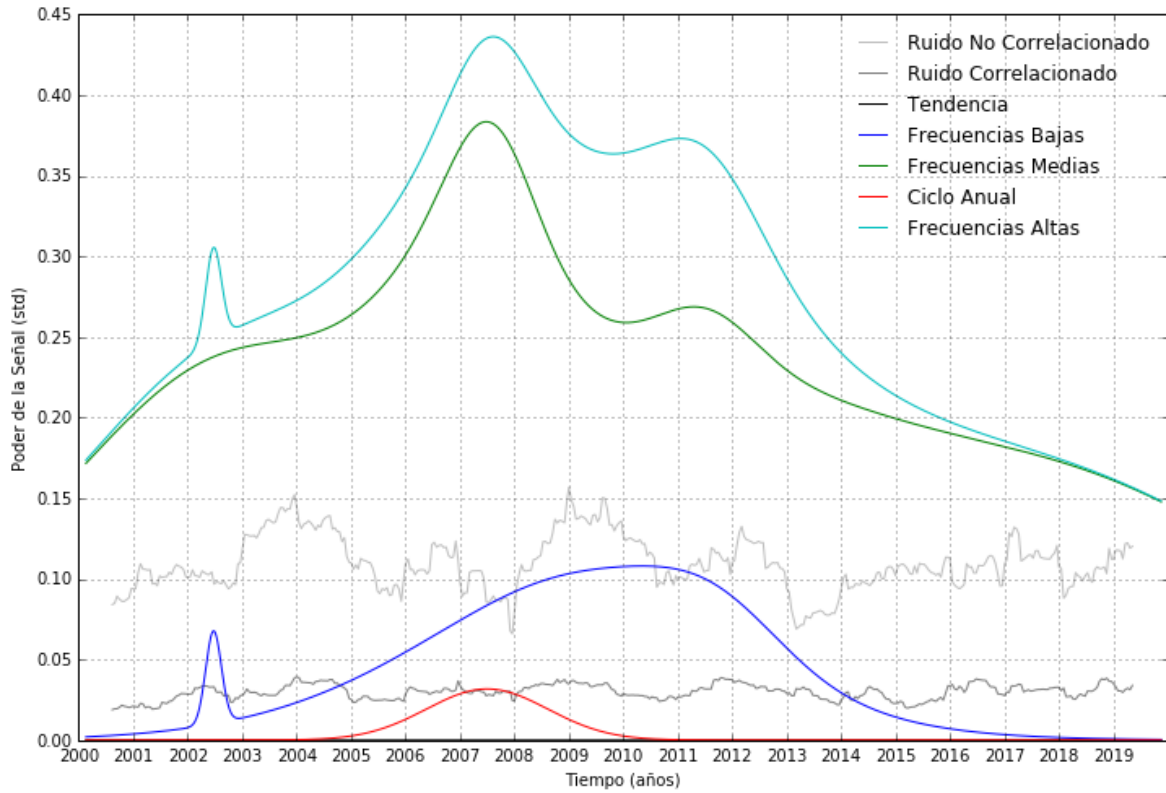


Figura 30. 8: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID-Área Clave de Monitoreo 1 (Estepa), estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.

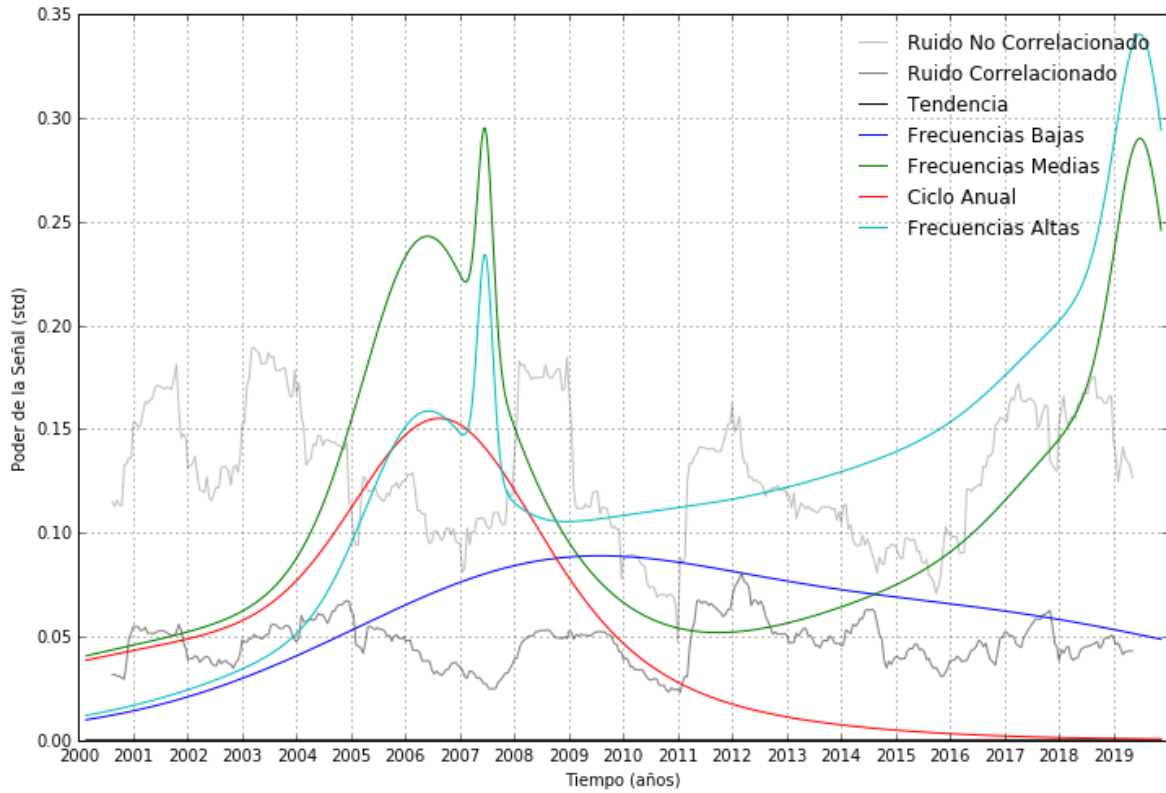


Figura 30. 9: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID-Área Clave de Monitoreo 2 (Estepa), estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.



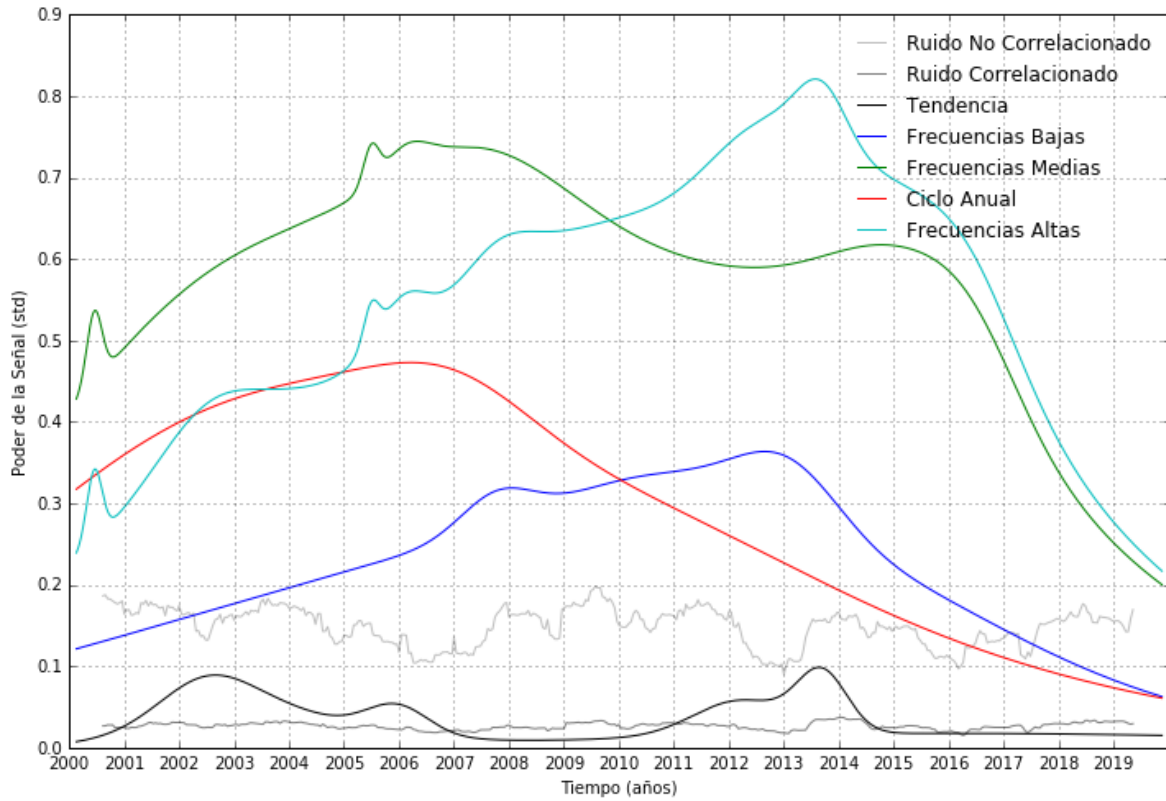


Figura 30. 10: Estructura jerárquica del funcionamiento de pastizales para el pixel ID-Área Clave de Monitoreo 3 (Mallín), estimada a través de la evolución en el tiempo del poder de la señal de cada componente de frecuencia: Tendencia, Frecuencias bajas (ciclos > 4 años), Frecuencias medias (2 a 4 años), Ciclo anual, Frecuencias Altas (Intra-anual), Ruido No Correlacionado y Ruido correlacionado.

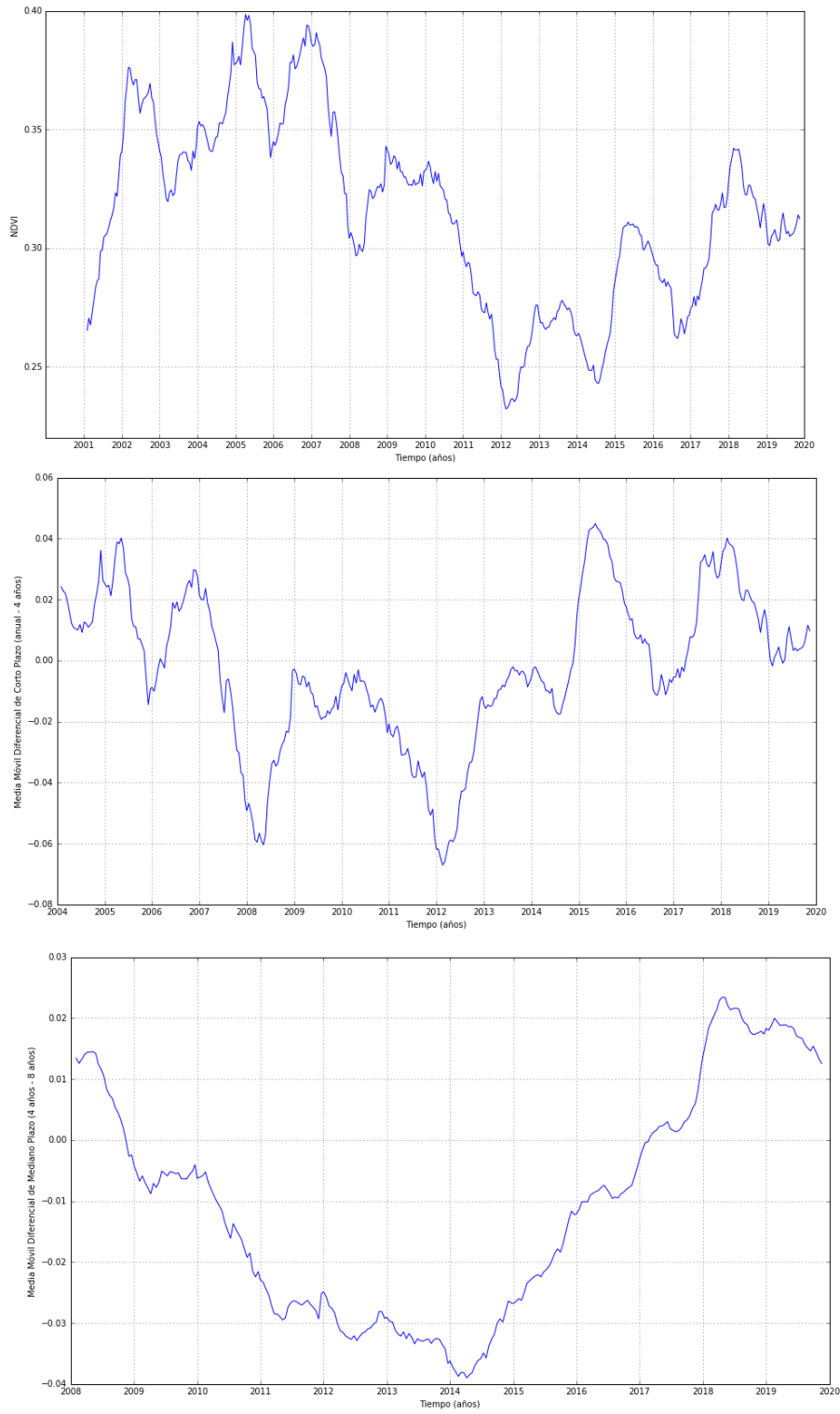


Figura 31. 1: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID 41 – arquetipo 1: a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

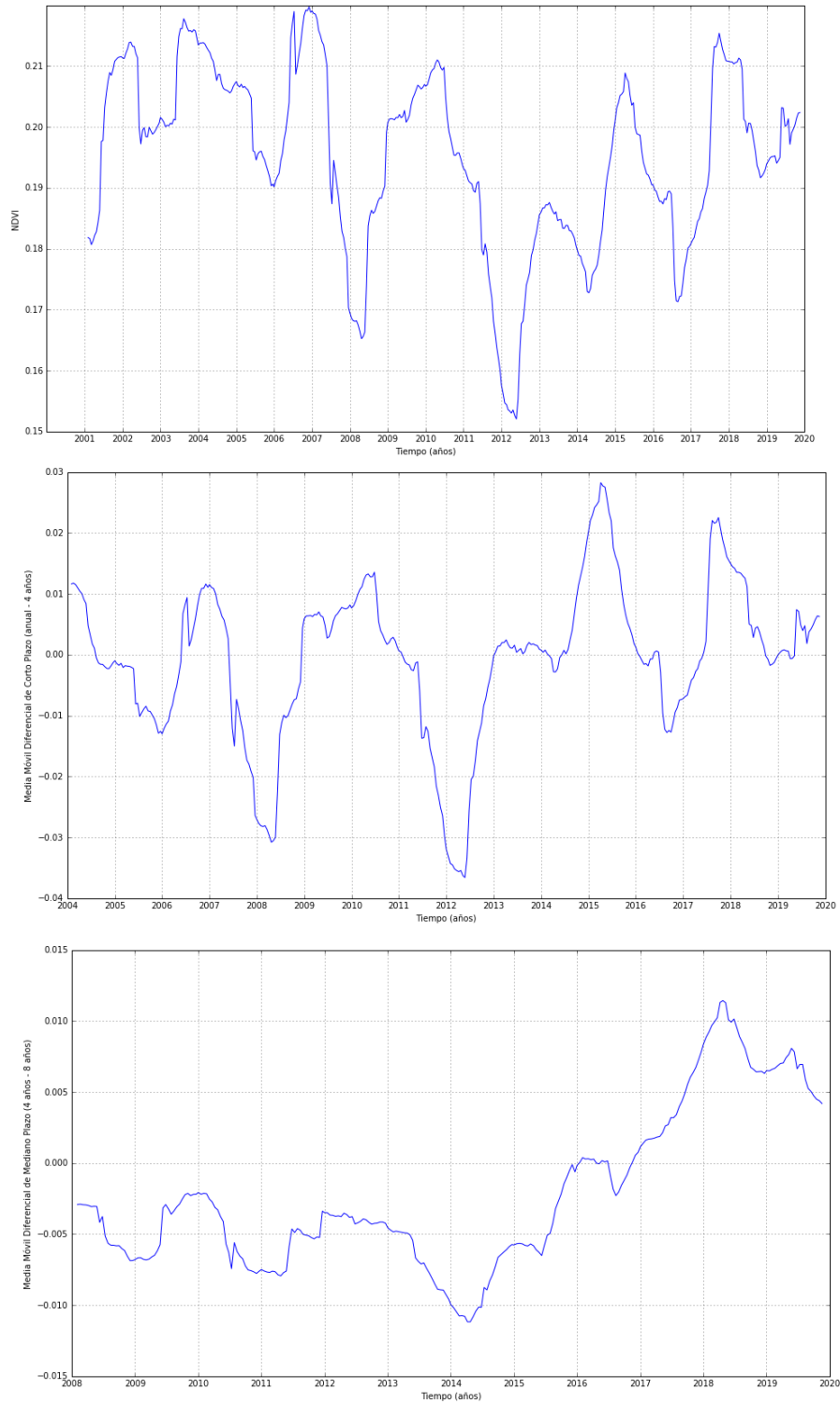


Figura 31. 2: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID 7 – arquetipo 2: a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

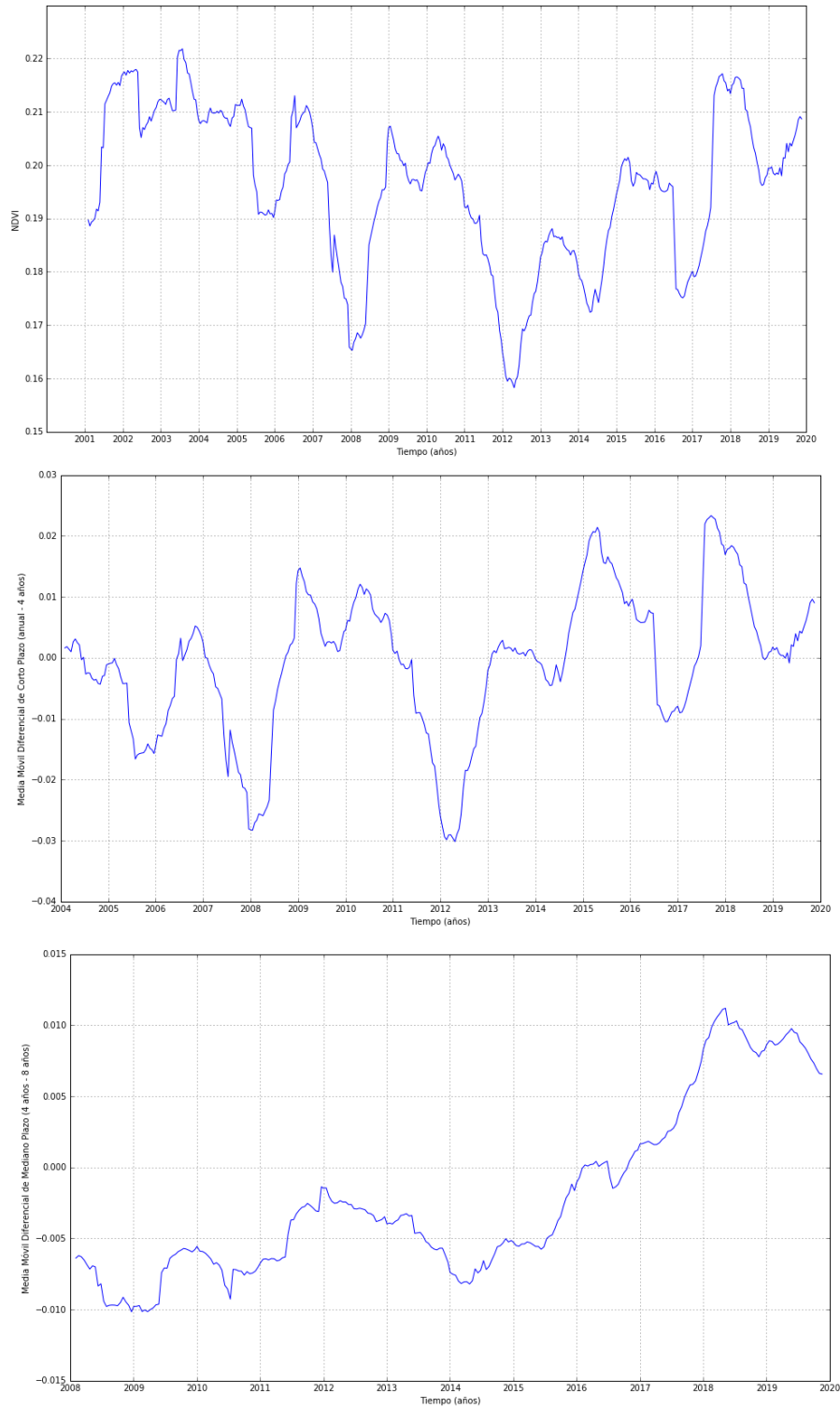


Figura 31. 3: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID 56 –arquetipo 2: a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

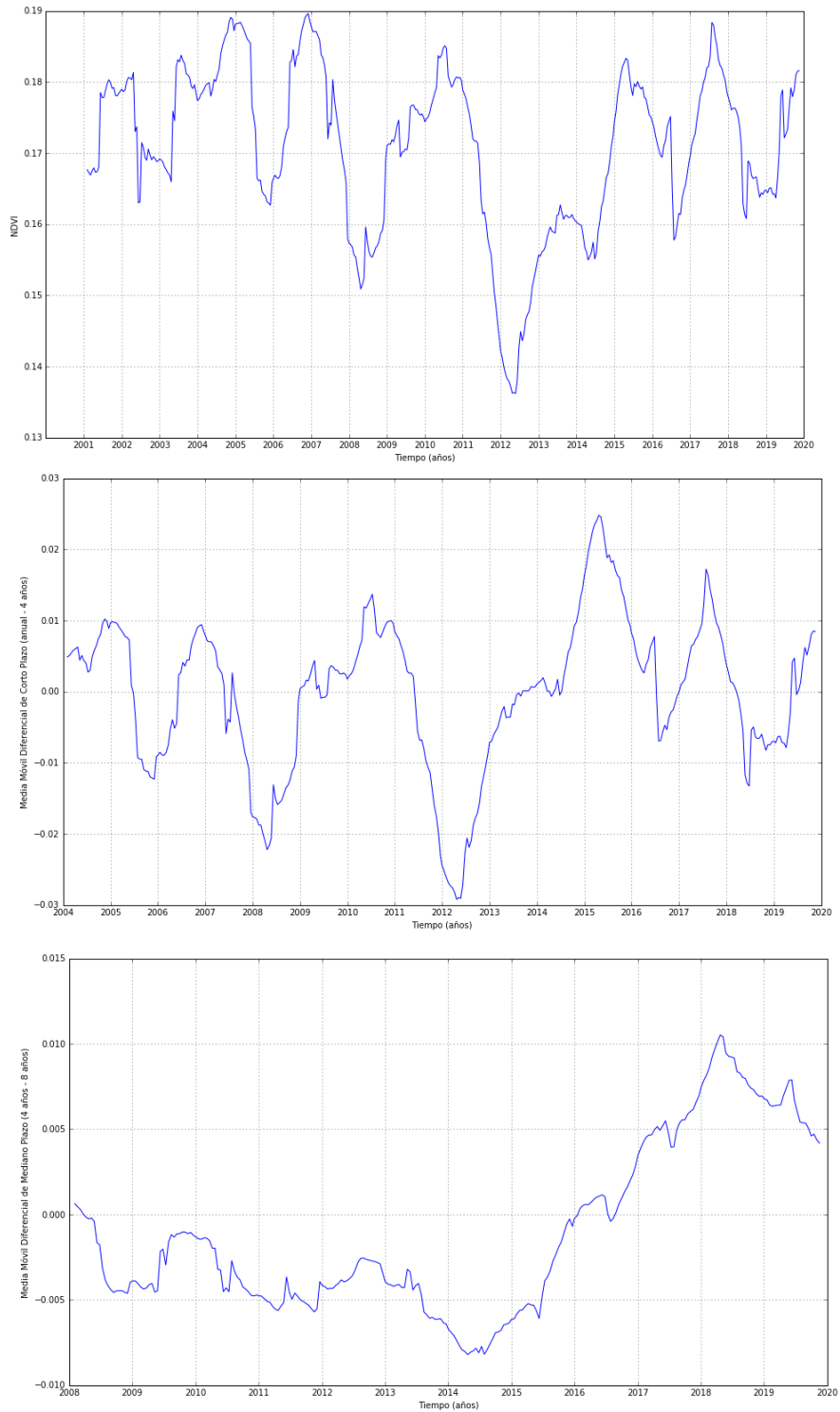


Figura 31. 4: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID 71 – arquetipo 3: a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

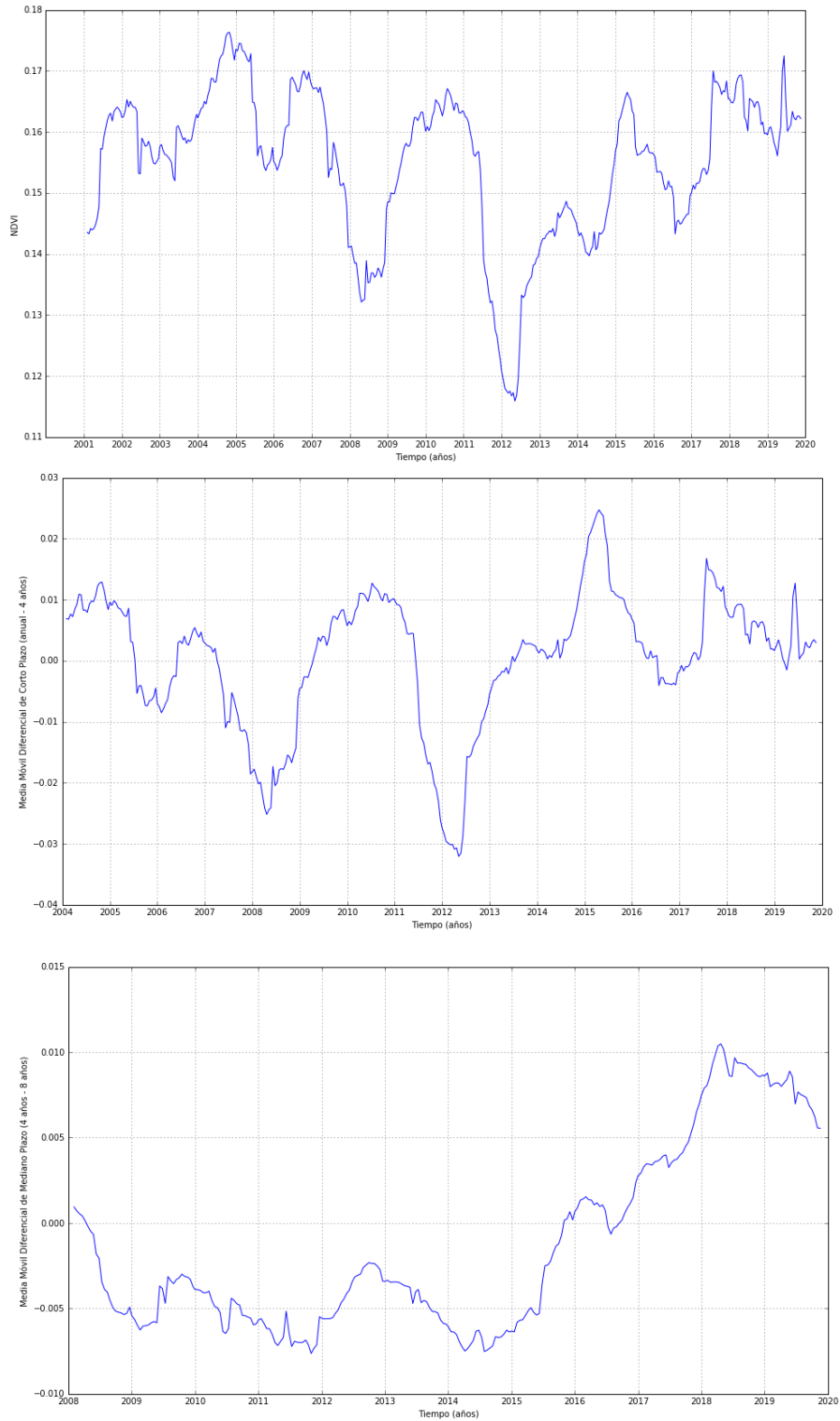


Figura 31. 5: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID 104 – arquetipo 3: a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

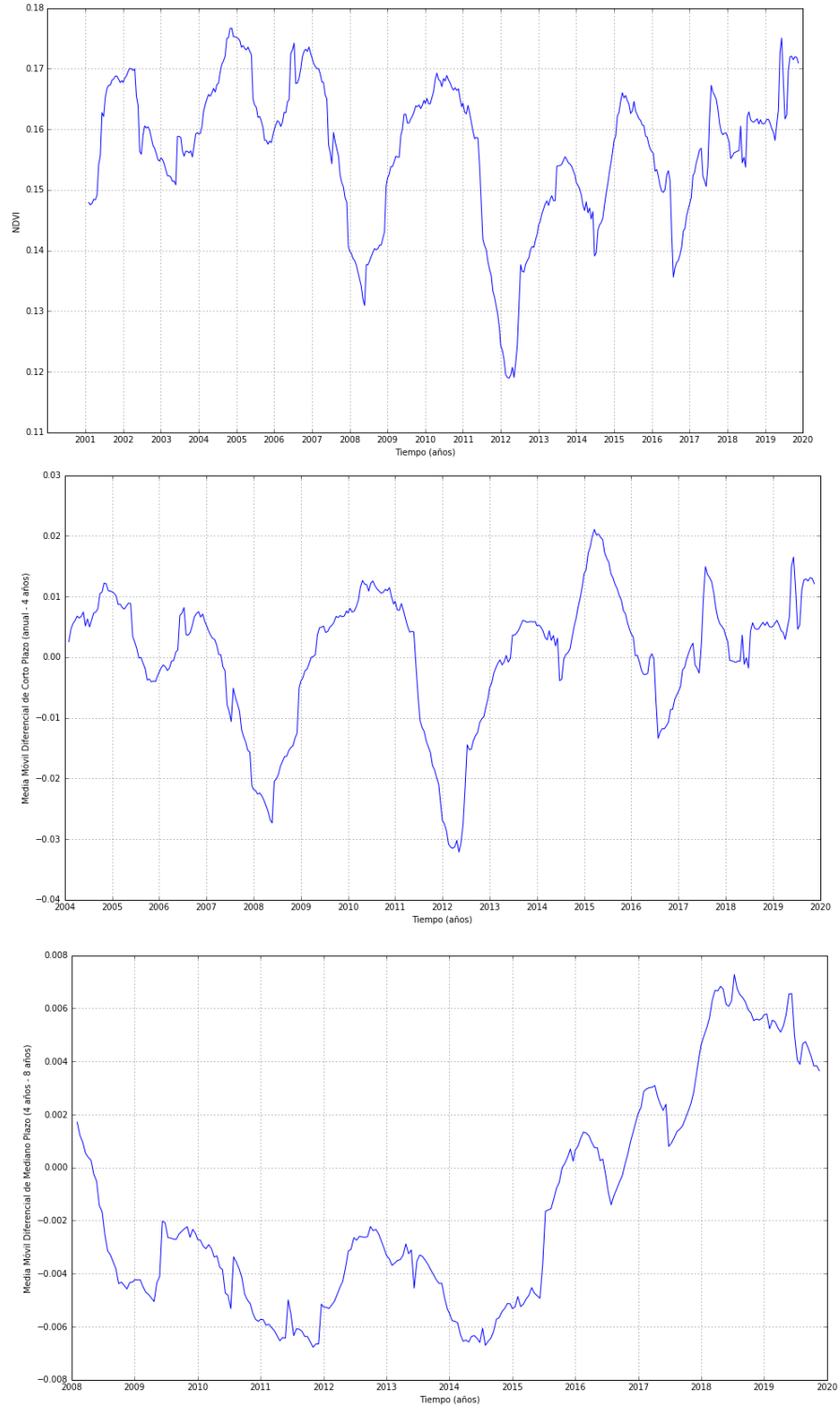


Figura 31. 6: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID 112 – arquetipo 3: a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

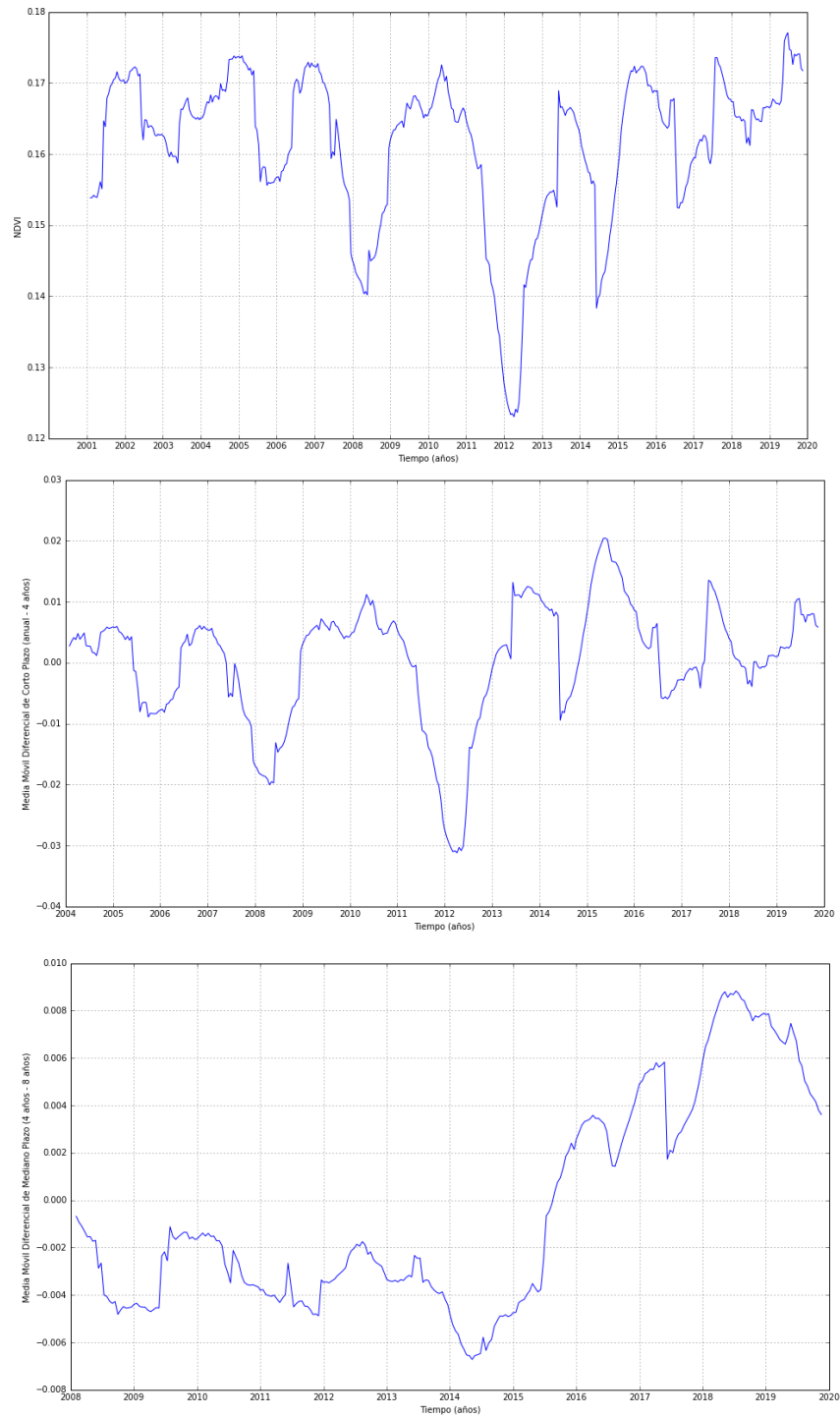


Figura 31. 7: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID 125 – arquetipo 3: a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).



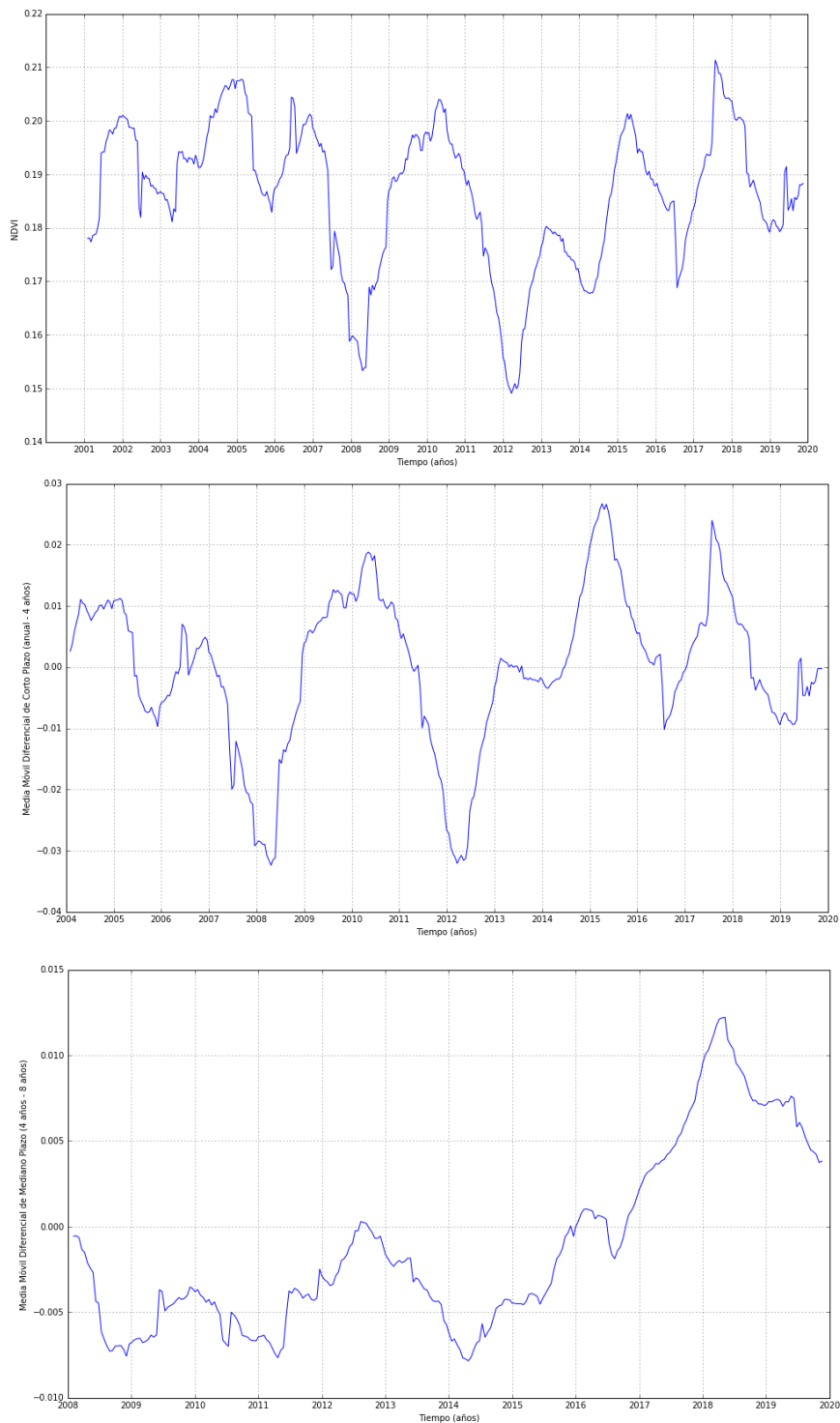


Figura 31. 8: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID-Área Clave de Monitoreo 1 (Estepa): a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

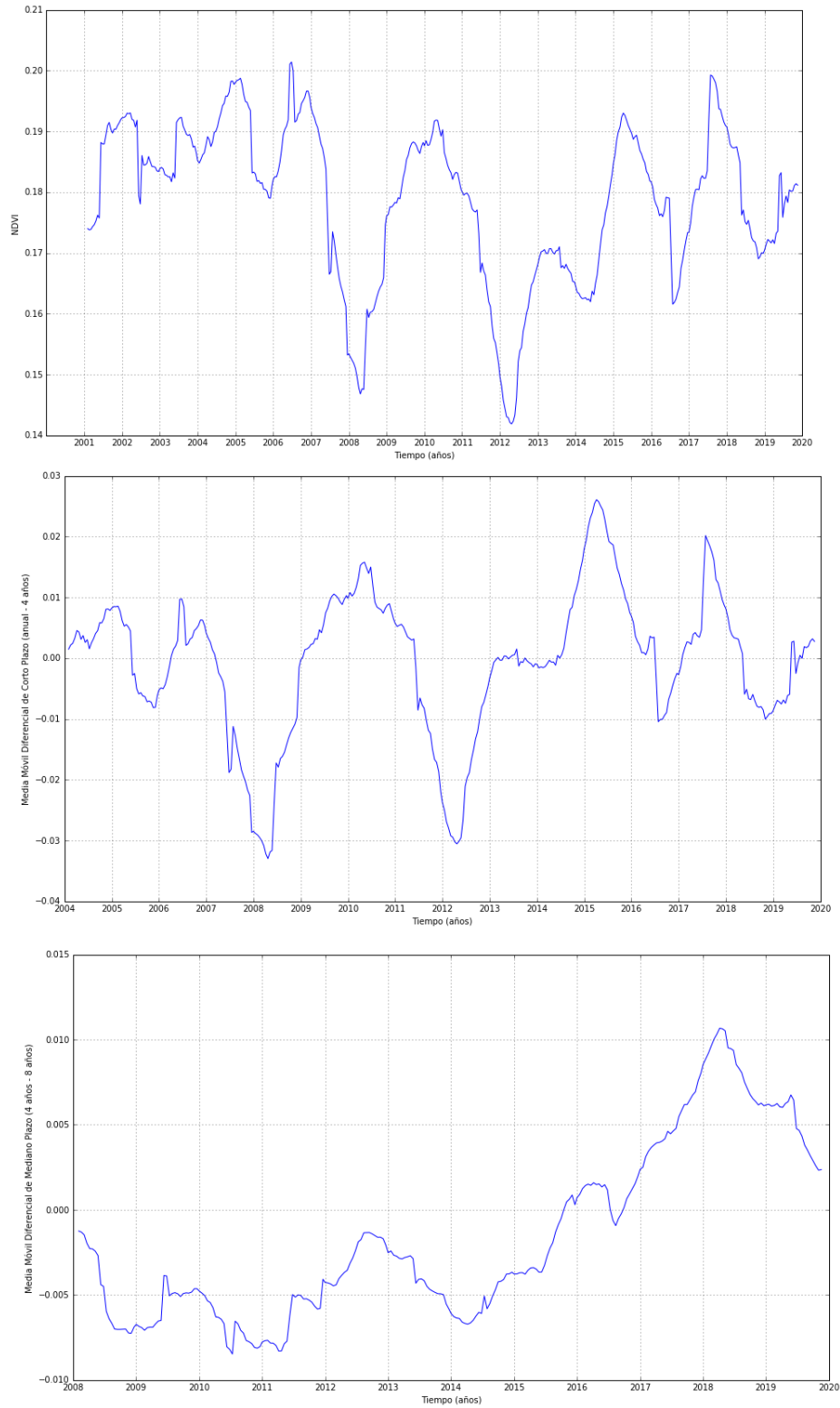


Figura 31. 9: Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID-Área Clave de Monitoreo 2 (Estepa): a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

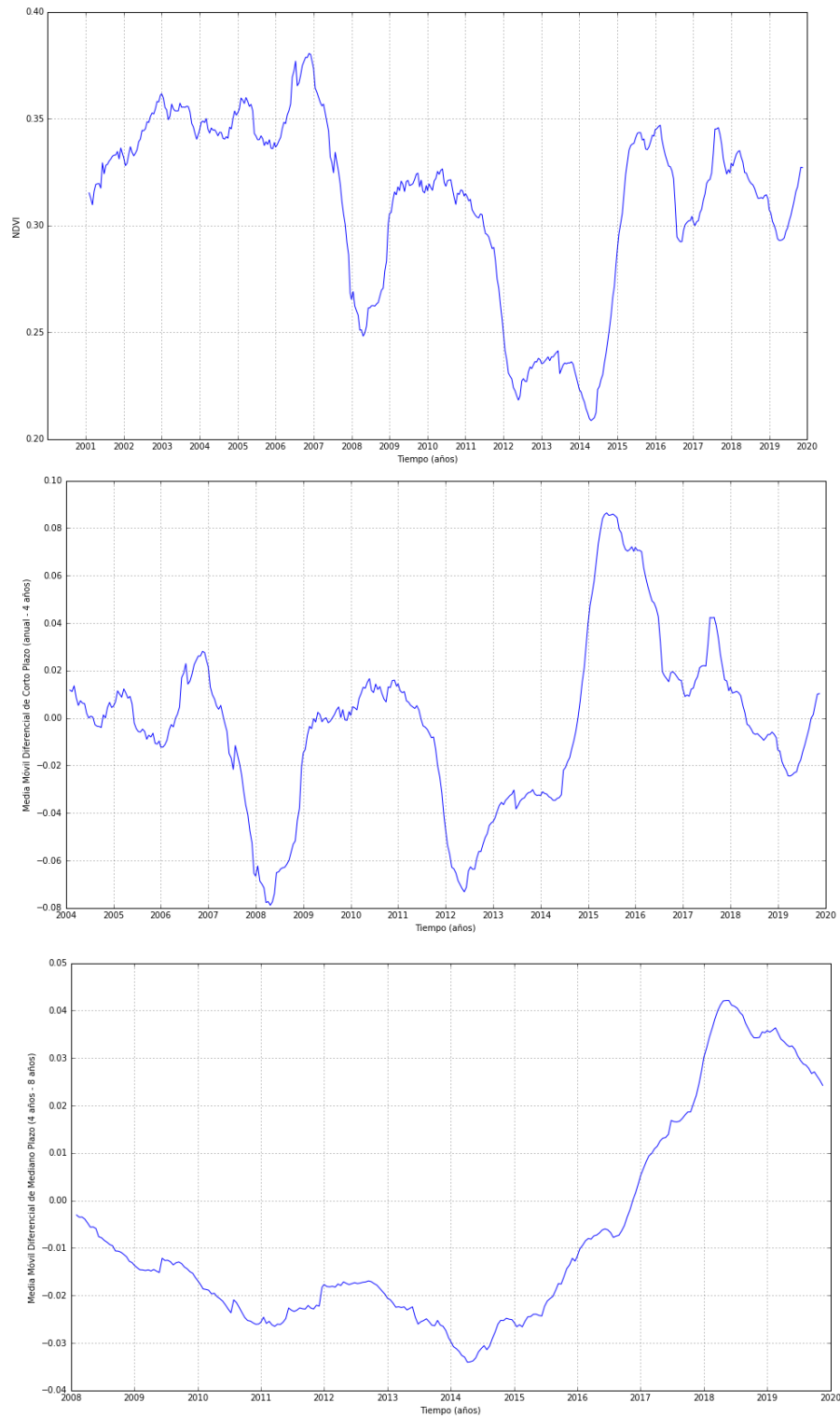


Figura 31. 10: . Medias móviles de la serie de NDVI del pixel ID-Área Clave de Monitoreo 3 (Mallín): a) media móvil anual, b) media móvil diferencial de corto plazo (anual – 4 años), y c) media móvil diferencial de mediano plazo (4 años – 8 años).

## Referencias

- Bai ZG, Dent DL, Olsson L, Schaepman ME. 2008. Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management* 24(3): 223–234.
- Bruzzone O, Easdale MH. 2018. *Gpu\_pursuit*, version 0.2, Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.1283338.
- Bonvissuto y Somlo. 1998. Guías de condición para los campos naturales de Precordillera y sierras y mesetas de Patagonia. INTA Bariloche. 39 p..
- Chen SS, Donoho DL, Saunders MA. 2001. Atomic decomposition by basis pursuit. *SIAM review*, 43(1), 129-159.
- Easdale MH, Bruzzone O, Mapfumo P, Tiftonell 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, Tiftonell P, Bruzzone O. (2019). Trend-cycles of vegetation dynamics as a tool for land degradation assessment and monitoring. *Ecological Indicators* 107, 105545.
- Girardin L, Jockers E, Villar L, Giraudo C. 2013. Requerimientos y equivalencias entre especies. Anexo 4 de la Guía para la Evaluación de Pastizales Para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte. P 64.
- Godagnone R, Bran D. Inventario integrado de los Recursos Naturales de la provincia de Río Negro: geología, hidrogeología, geomorfología, suelos, clima, vegetación y fauna. ISBN nº 978-987-521-330-2. Buenos Aires. 392 p.
- Golluscio, R. 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. *Ecología austral*, 19(3), 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 G, Boggio F, Giorgetti H, Ayesa J, Kröpfl A, Alvarez J. 2013. Guía para la Evaluación de Pastizales Para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte. 69 p.
- <http://rian.inta.gov.ar/atlasmalezas/atlasmalezasportal>
- <https://sib.gob.ar/especies>

