

Series:
Comunicaciones Técnicas
ISSN 1667-4014

COMUNICACIÓN TÉCNICA N°144
Área Recursos Naturales
Pastizales Naturales

**Dinámica y Prospectiva de la productividad de
de los pastizales en los departamentos Añelo y
Confluencia, Neuquén.**

Informe III

Octubre 2021

*Easdale, M.; Bruzzone, O.; Umaña, F.; Castillo, D.; Aramayo,
V.; Fariña, C.; Sello, E.; Marciani, S.N.; Raffo, F.*

2021

■ **Ediciones**

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





Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

SIMPAT

**Sistema de Monitoreo de Pastizales y Alerta Temprana:
Dinámica y Prospectiva de la productividad de los pastizales en los
departamentos Añelo y Confluencia, Neuquén**

Informe III - OCTUBRE 2021

**Easdale M.H., Bruzzone O., Umaña F., Castillo D.,
Aramayo V., Fariña C., Sello E., Marciani S., Raffo F.**

Convenio 27372-1460-INTA-HALKIS

Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (IFAB)

INTA Bariloche – CONICET

Av. Modesta Victoria 4450 (8400),

San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina



El presente, es el tercer informe de caracterización de la dinámica y prospectiva de la productividad de los pastizales del área de estudio de los departamentos Añelo y Confluencia, provincia de Neuquén, actualizado a septiembre de 2021.

Síntesis del estado de situación en los departamentos Añelo y Confluencia, Neuquén

- En términos generales, el nivel de la productividad confirma estar en niveles mayores a los registrados en el ciclo pasado (2020), con repuntes positivos y acelerados en la primavera actual, que ubican la actividad de la vegetación por encima de los valores promedio históricos, aunque con heterogeneidad entre zonas.
- La productividad de pastizales muestra una Tendencia Cíclica de recaída avanzada tornando a recuperación incipiente (color amarillo-anaranjado; Fig. 1) en el sureste del departamento Añelo (al Norte de la localidad de Añelo) y centro-este de Confluencia (al sur de San Patricio del Chañar). En estas zonas se corrobora un ritmo de cambio dominado por un crecimiento lento por encima del promedio histórico (azul; Fig. 2).
- En el noroeste de Añelo y la ladera occidental de la meseta de Chihuidos, se observan zonas con una Tendencia Cíclica en recuperación avanzada reciente (color verde; Fig. 1), con un ritmo de cambio en declive acelerado, por encima del promedio histórico (color amarillo; Fig. 2).
- Los tres escenarios de funcionamiento temporal de los pastizales son los siguientes:
- **Escenario 1:** *Figura en W, fase larga Positiva (W [+,+]), confirma repunte positivo de corto-mediano plazo.* Asociados al arquetipo 2. Fase de largo plazo positiva, en transición negativa, cercano o sobre el umbral de cambio de fase (Fig. 18.3). Recuperación confirmada de mediano plazo (2020-2021), por sobre el umbral del promedio móvil de 4 años (Fig. 18.2). En el pasado reciente se registran fases positivas en 2015-2017 y 2019, y fases negativas en 2018 y 2020. El pulso positivo de 2021 refleja un repunte muy acelerado y alcanzando valores altos. Este patrón se verifica en las estaciones APO-17 (Fig. 3), APO-19 (Fig. 5).
- **Escenario 2:** *Hombro-Cabeza-Hombro (H-C-H), confirma repunte positivo de corto-mediano plazo.* Asociados al arquetipo 3. Fase de largo plazo positiva, en transición positiva reciente. Cruzó el umbral de cambio de fase dos veces: uno en sentido negativo (2019) y otro recuperando en sentido positivo (2021), confirmando el movimiento ascendente (Fig. 19.3; H-C-H invertido). El movimiento de mediano plazo registra también una figura de H-C-H, con mínimos en 2017 y en 2020 (hombros) y positivo en 2018-2019 (cabeza), con recuperación acelerada en el 2021 (Fig. 19.2). Este patrón se verifica en las estaciones BJA-06 (Fig.7), BJA-07 (Fig.8), SCH-15 (Fig.13) y SCH-16 (Fig.14).
- **Escenario 3:** *Figura en U o W, en fase larga Negativa (UW [-,+]), repunte positivo de corto-mediano plazo.* Asociados al arquetipo 4. Fase de largo plazo negativa, pero en transición positiva reciente. Cruzó el umbral de cambio de fase en 2018 (Fig. 20.3). El movimiento de mediano plazo registra una figura en U incompleta o W parcial. Un pico máximo se ubica en 2015, luego un mínimo en 2017 (en caso de figura W, dos mínimos en 2016-2017 y 2018-2019 o 2020; máximo intermedio en 2017-2018 o 2019, según el sitio) y luego un proceso de recuperación reciente, confirmando la aceleración positiva en 2021. En la mayoría de los casos cruza el umbral de 4 años, aunque se ubica en niveles intermedios entre el máximo y mínimo anteriores, aunque superando los niveles de 2015 y 2017-2018 (Fig. 20.2). Este patrón se verifica en las estaciones APO-18 (Fig. 4, único aún en transición negativa), BJA-05 (Fig. 6), CDL-02 (Fig. 9), CDL-03 (Fig. 10), CM-04 (Fig. 11), SB-01 (Fig. 12), YLA-25 (Fig. 15), YLA-26 (Fig. 16), YLA-27 (Fig. 17).

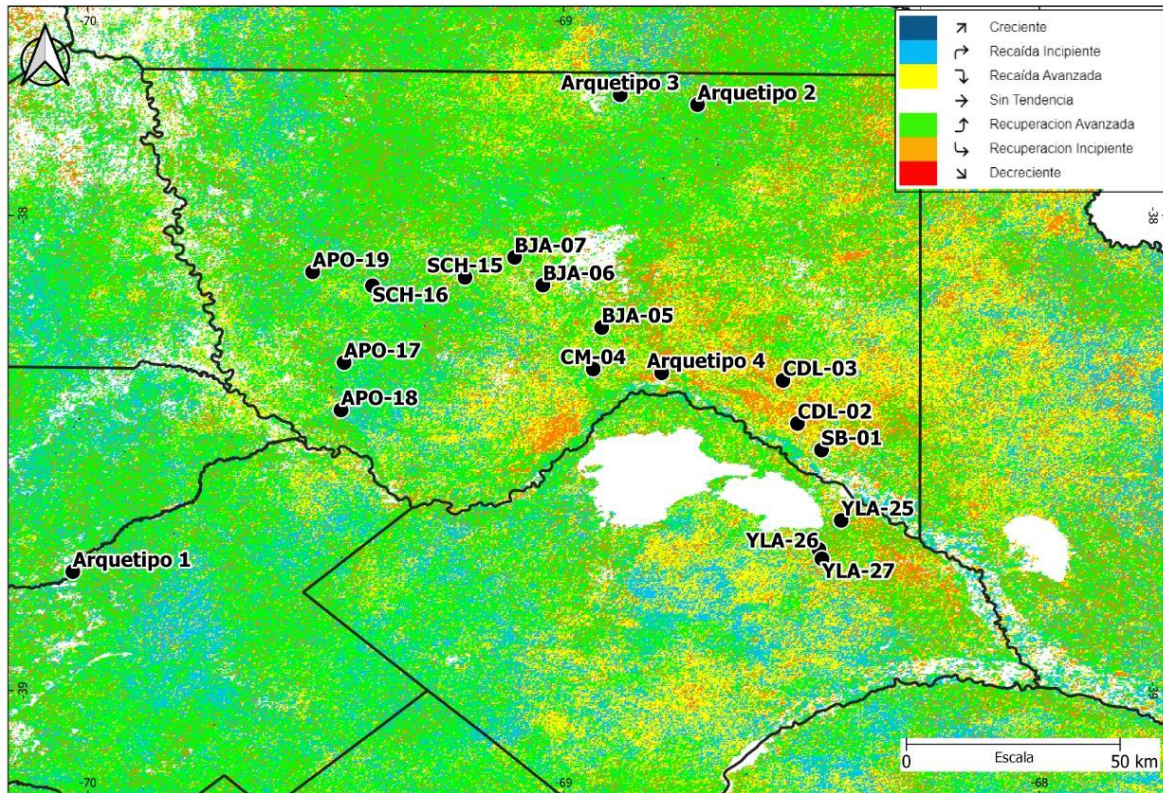


Figura 1. Tendencia Cíclica en el área de estudio (Fecha: 21 de septiembre de 2021). Las líneas negras identifican límites de departamentos. Referencia de colores de Ciclos de Tendencia: Creciente (azul ■), Recaída Incipiente (turquesa ■), Recaída Avanzada (amarillo ■), Decreciente (rojo ■), Recuperación Incipiente (naranja ■), Recuperación Avanzada (verde ■), Sin Ciclo de Tendencia (blanco).

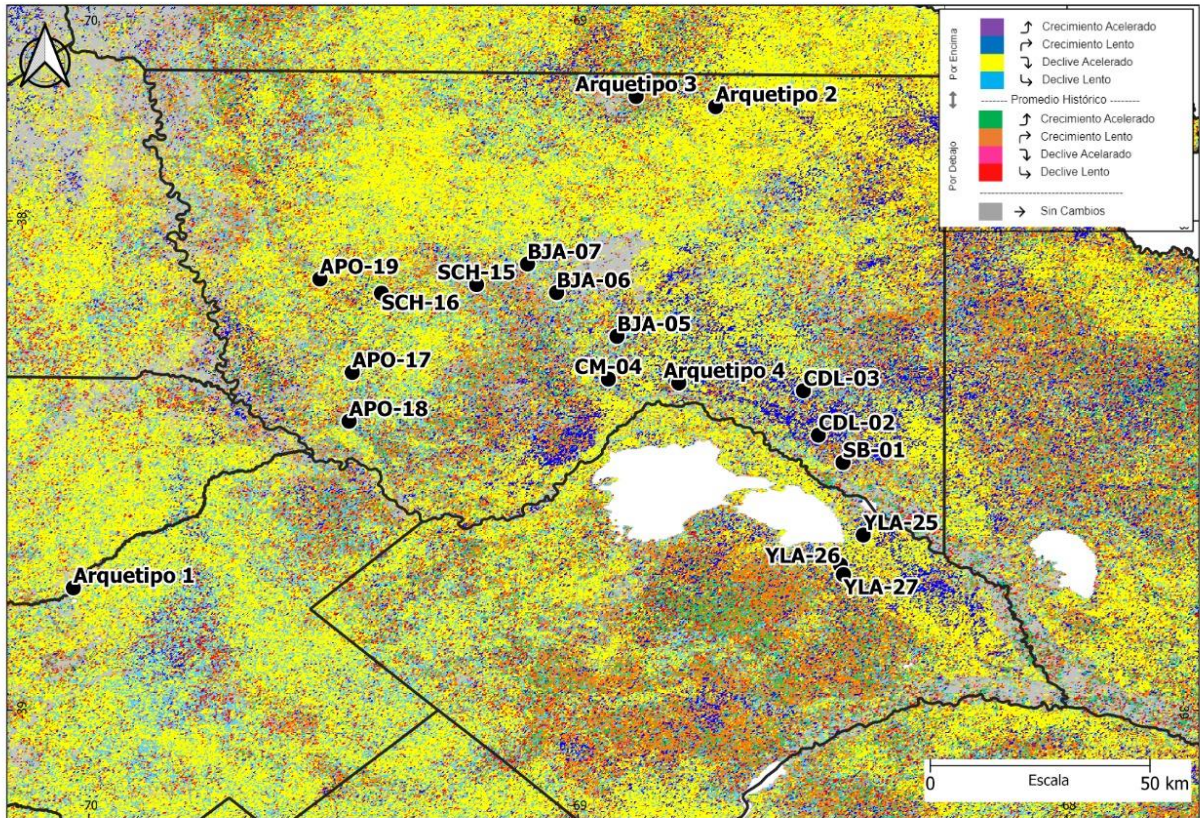


Figura 2. Ritmo de Cambio de la Tendencia Cíclica en el área de estudio (fecha: 21 de septiembre de 2021). Referencias: 1. *Valores por encima del promedio*: Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, violeta ■), Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, azul ■), Declive 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, rojo ■), Declive acelerado (sentido negativo y con tasa negativa, magenta ■); Sin cambios (sentido neutro y tasa de cambio neutro, gris ■). Los puntos negros identifican las estaciones de evaluación de pastizales (Halkis), con su respectiva identificación.

Escenarios de la dinámica temporal de pastizales en las estaciones de evaluación

APO-17

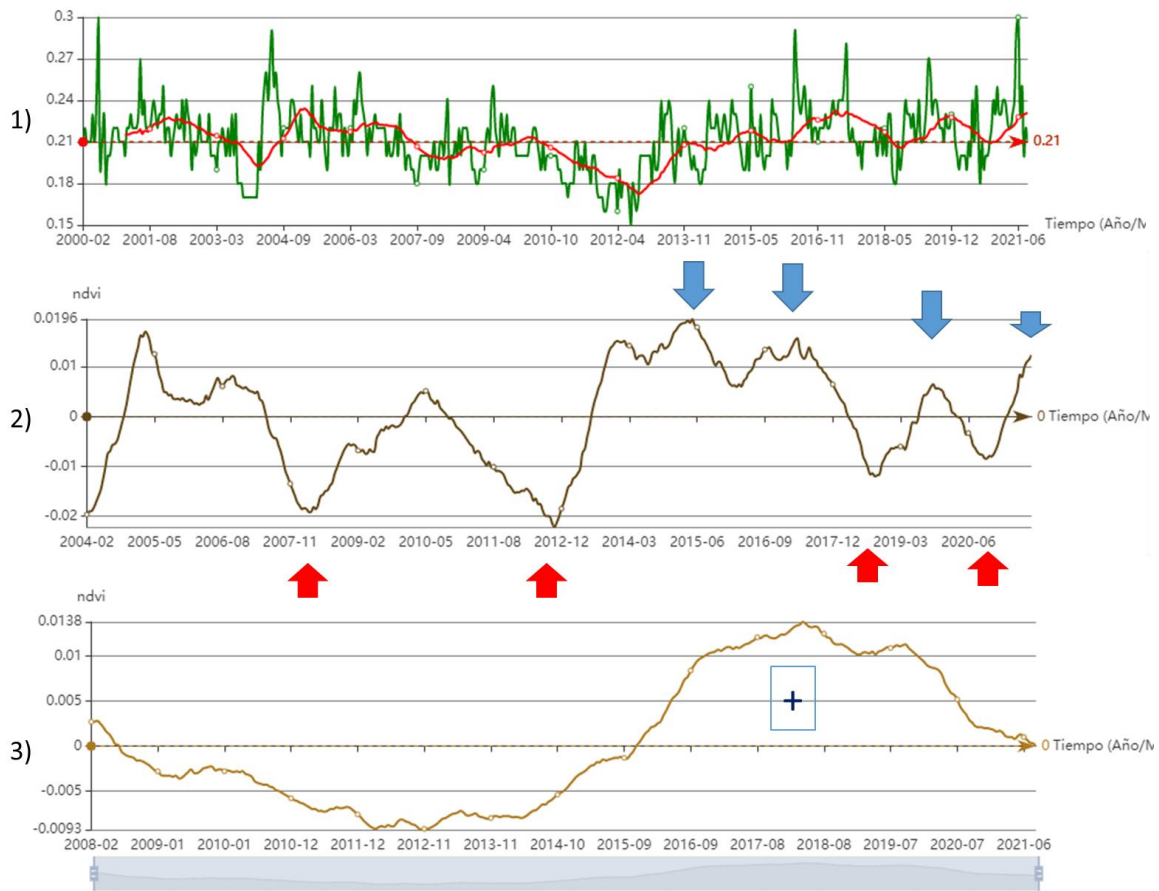


Figura 3. Estación de evaluación del pastizal APO-17 (Escenario W+). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo.

APO-18

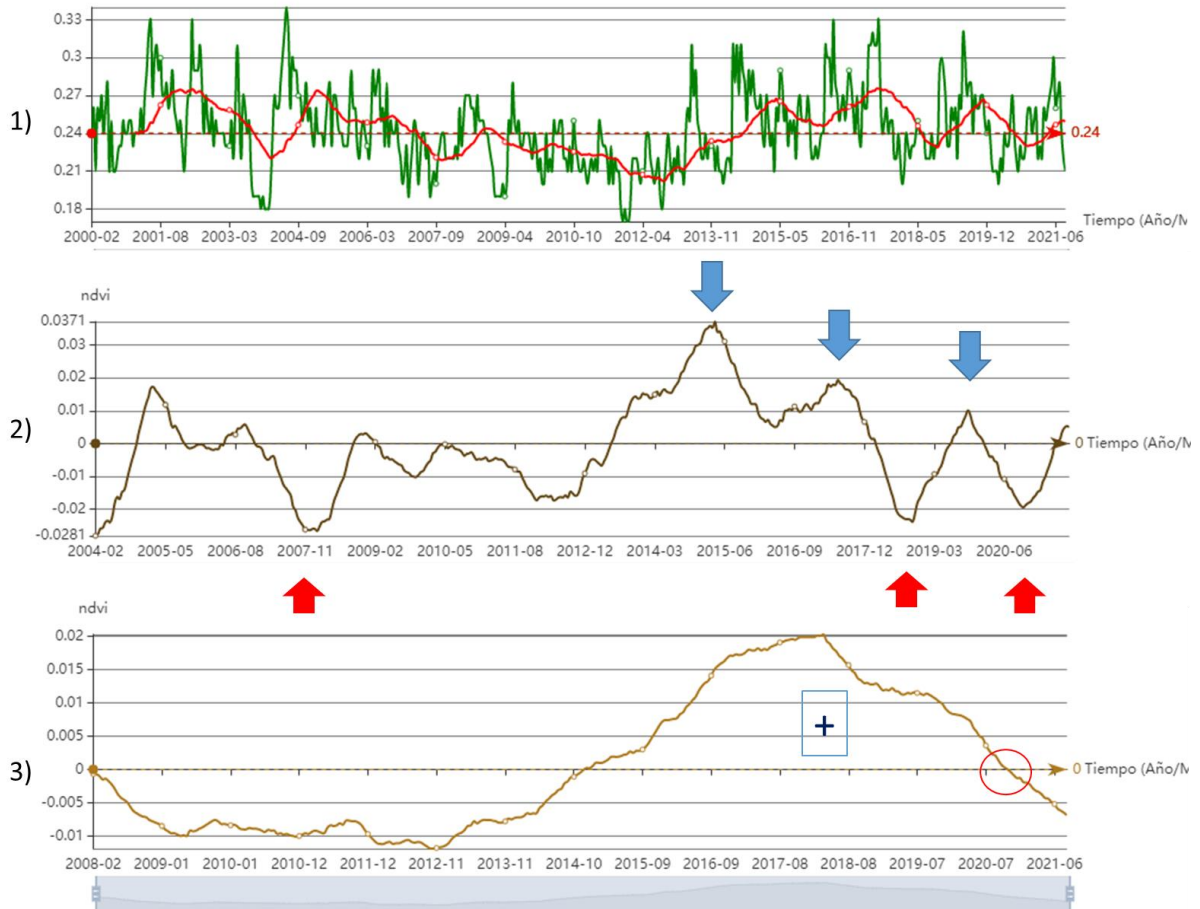


Figura 4. Estación de evaluación del pastizal APO-18 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

APO-19

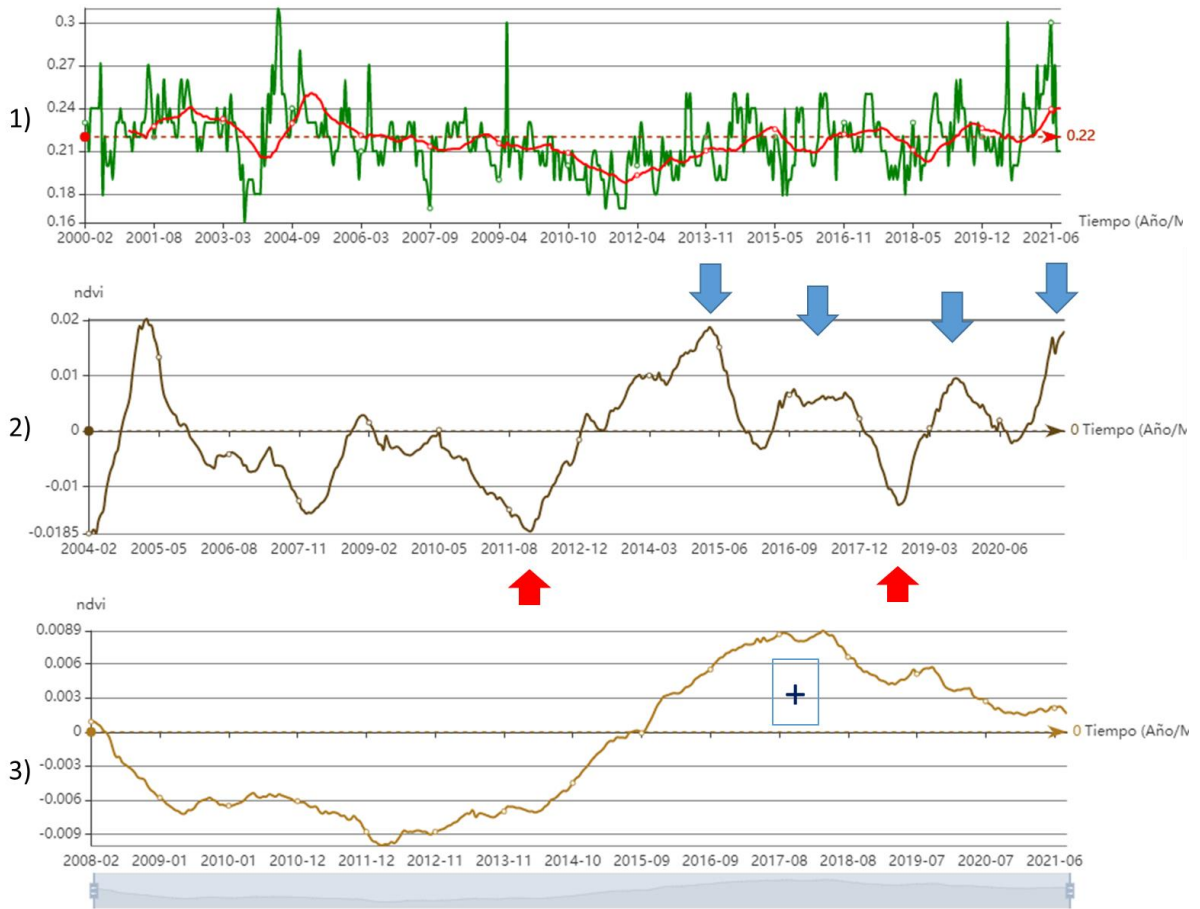


Figura 5. Estación de evaluación del pastizal APO-19 (Escenario W+). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo.

BJA-05

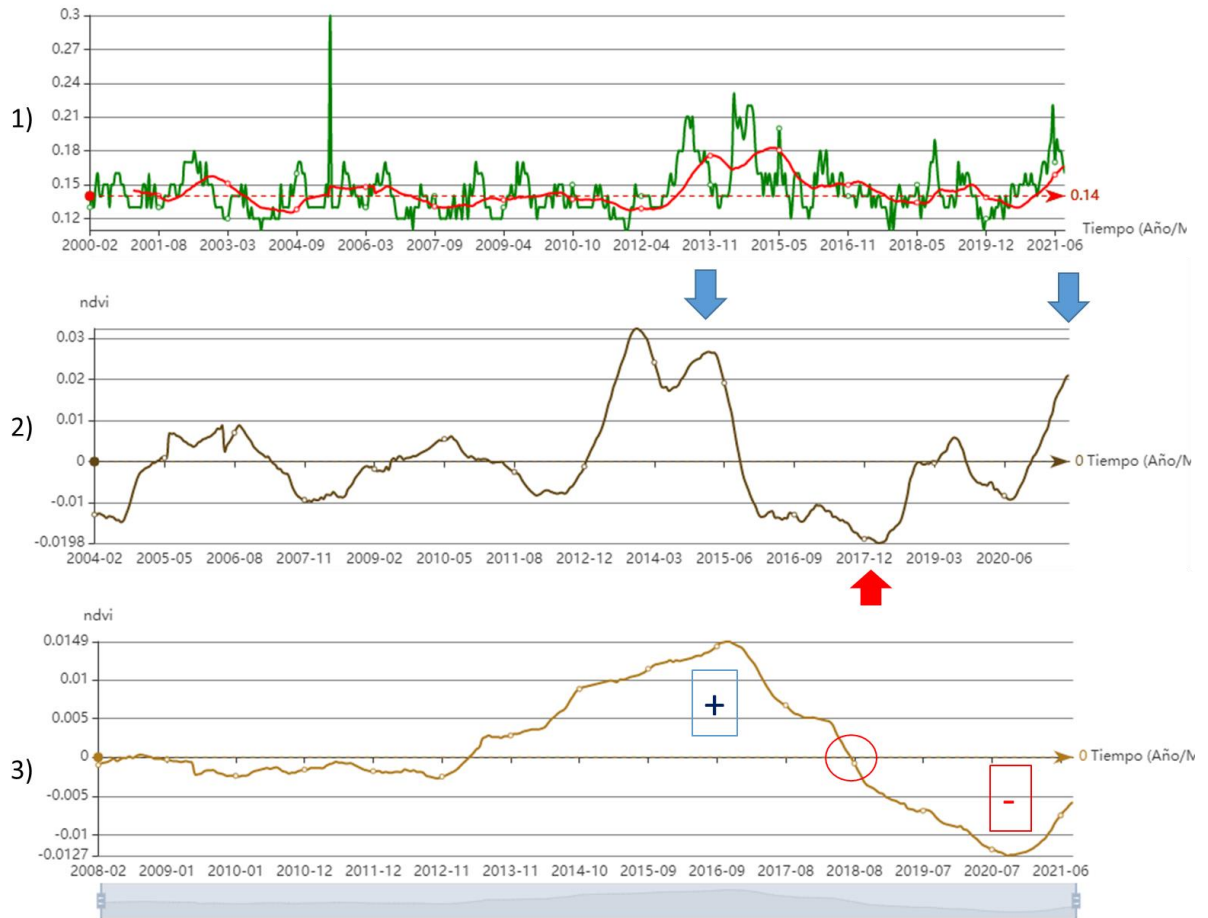


Figura 6. Estación de evaluación del pastizal BJA-05 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. Los recuadros con signos positivo y negativo, hacen referencia a la fase positiva y negativa de largo plazo, respectivamente. El círculo rojo identifica el cruce del umbral en proceso de transición negativa.

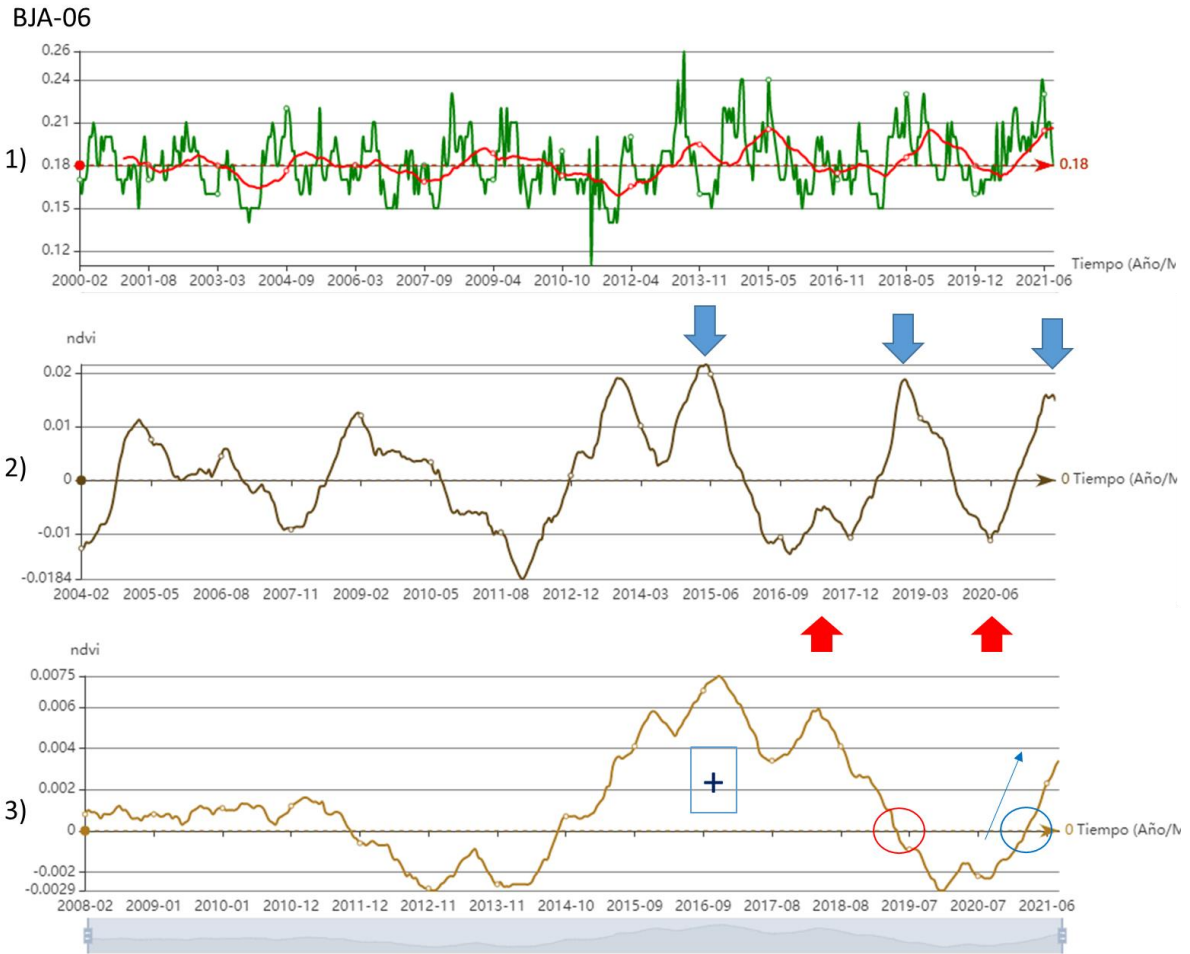


Figura 7. Estación de evaluación del pastizal BJA-06 (Escenario H-C-H). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. Los recuadros con signos positivo y negativo, hacen referencia a la fase positiva y negativa de largo plazo, respectivamente. El círculo rojo identifica el cruce del umbral en proceso de transición negativa y el círculo azul el cruce del umbral en transición positiva.

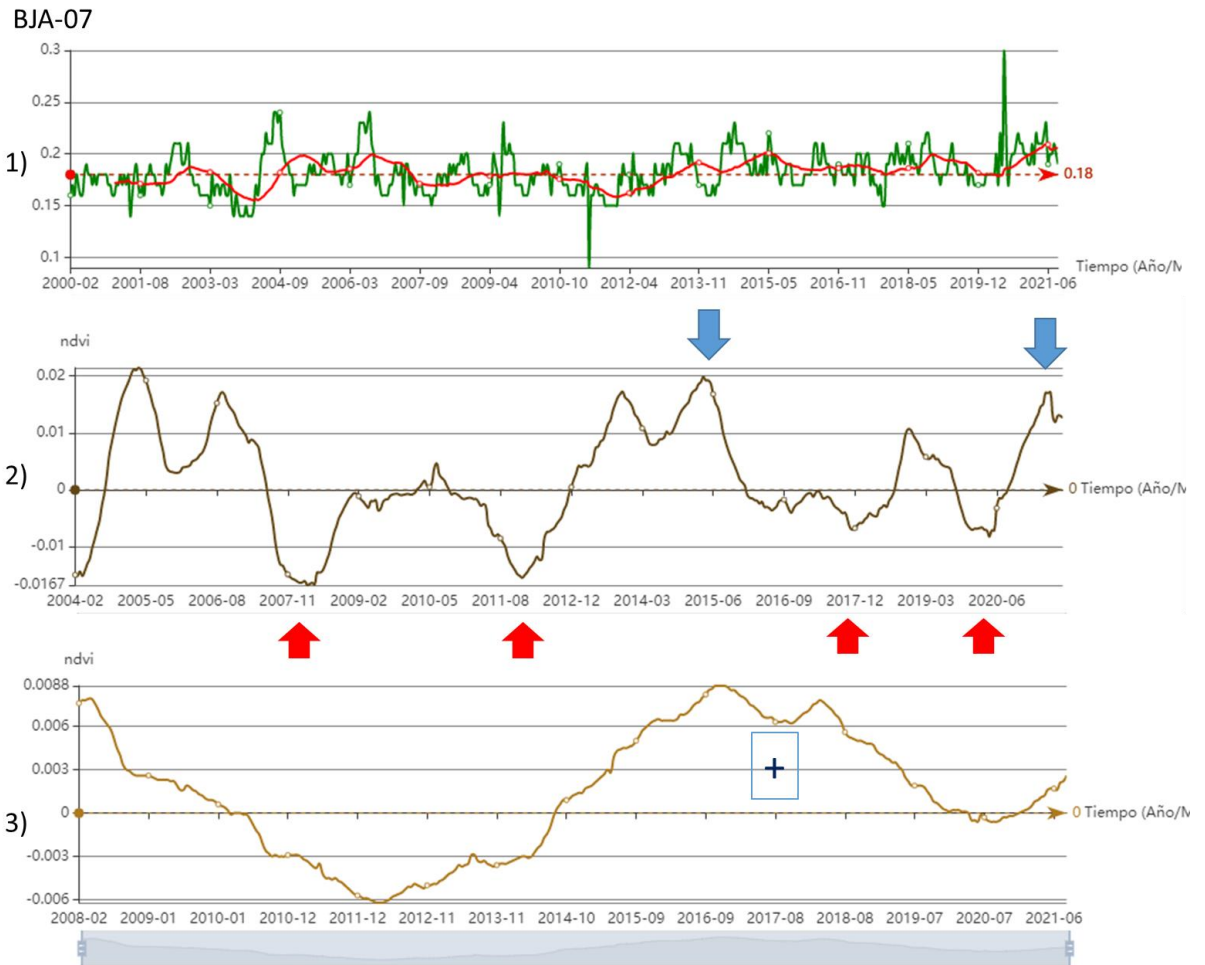


Figura 8. Estación de evaluación del pastizal BJA-07 (Escenario H-C-H). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo.

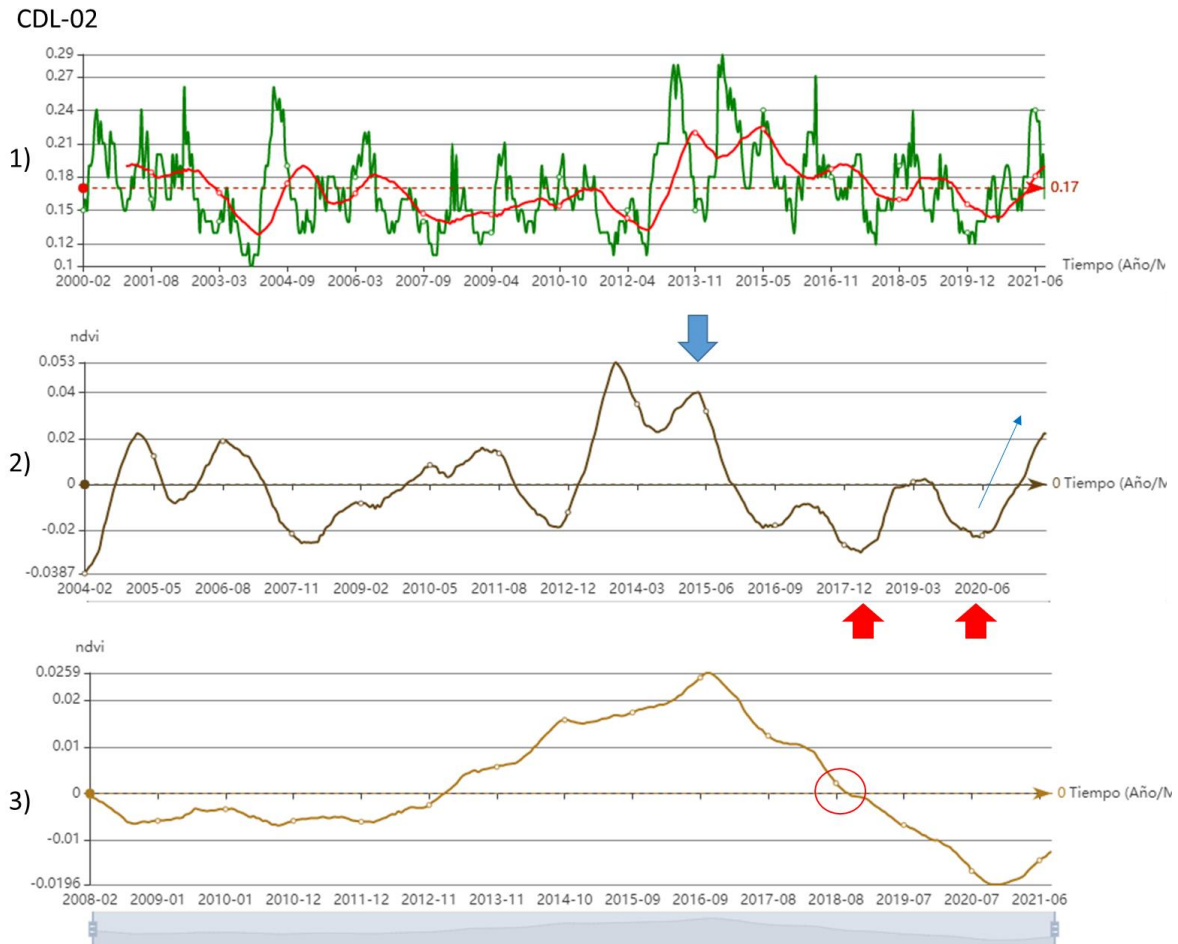


Figura 9. Estación de evaluación del pastizal CDL-02 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

CDL-03

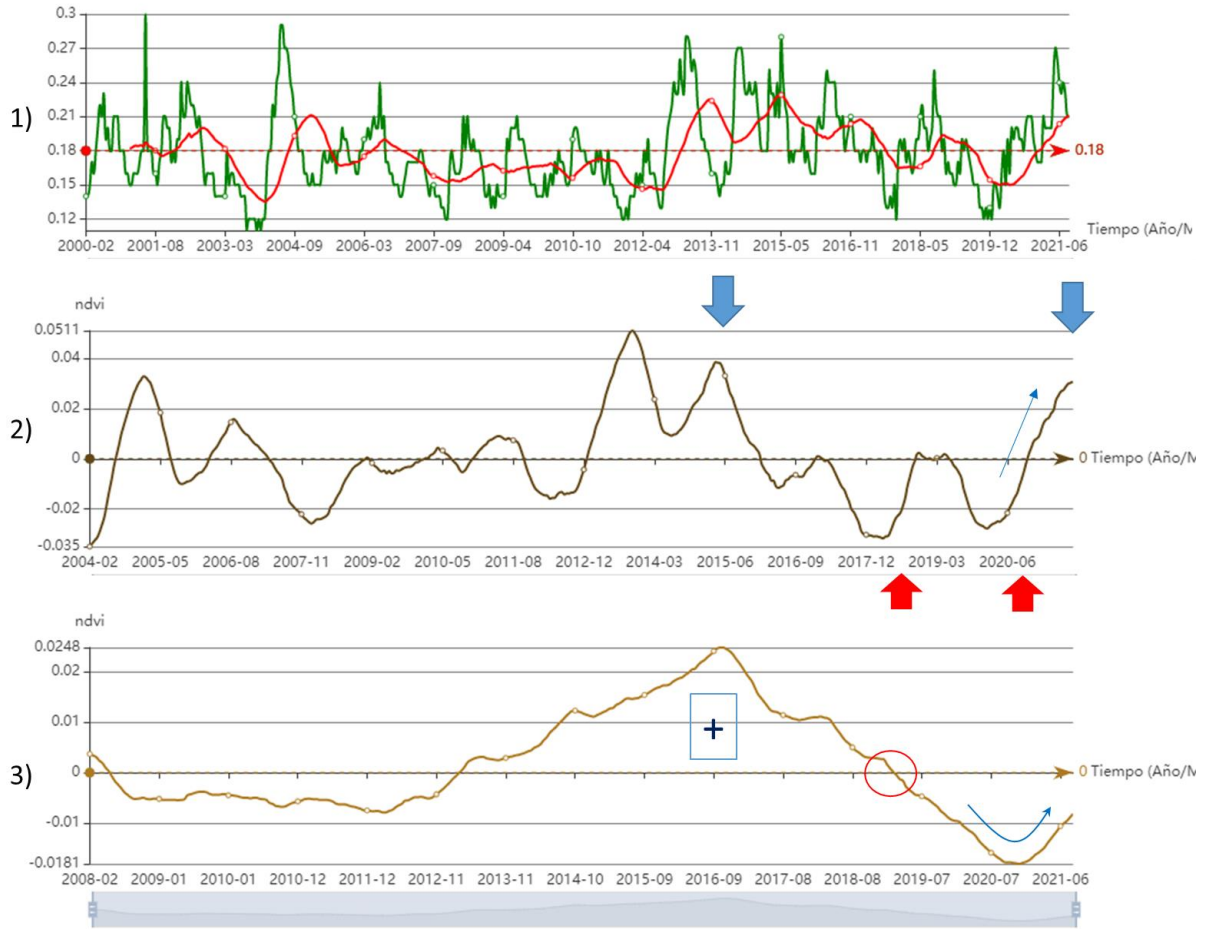


Figura 10. Estación de evaluación del pastizal CDL-03 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

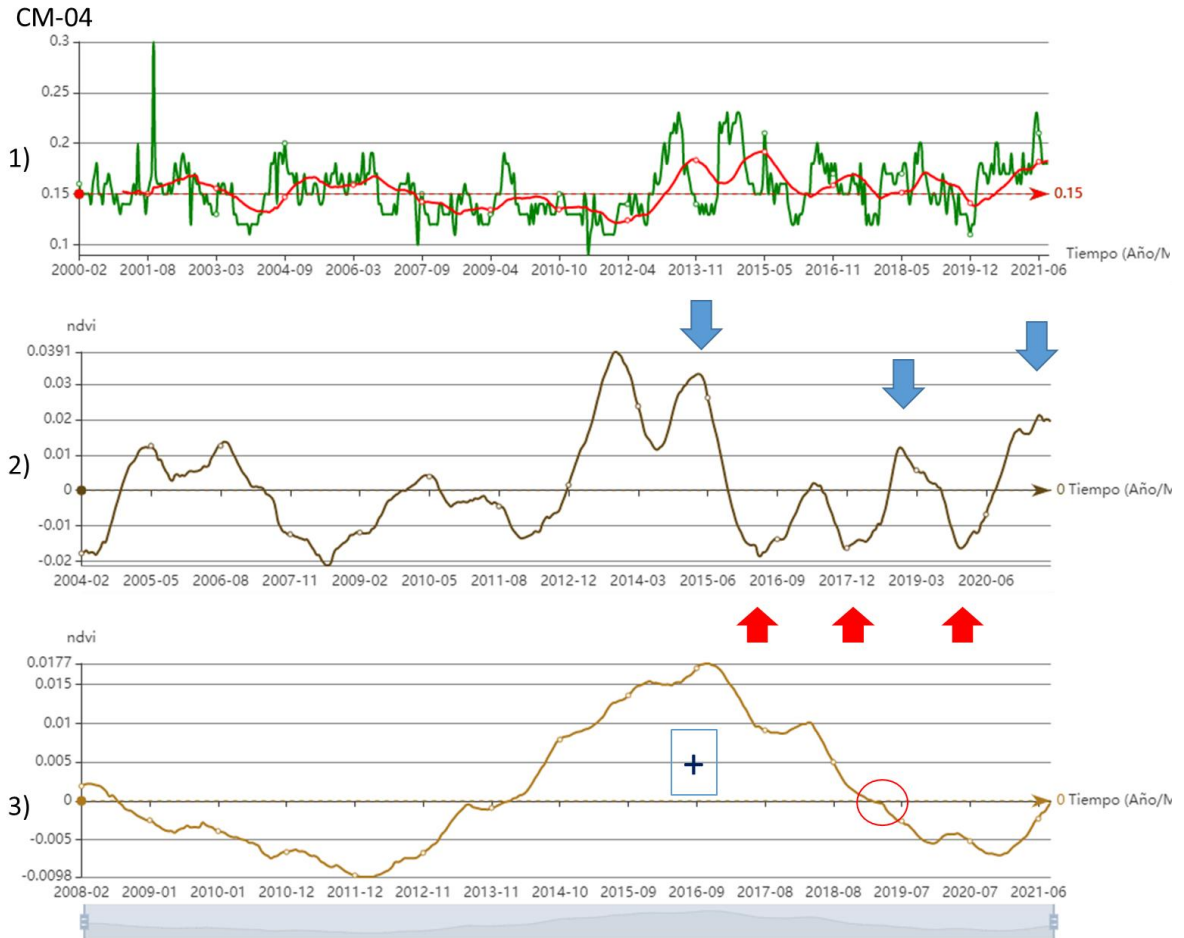


Figura 11. Estación de evaluación del pastizal CM-04 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

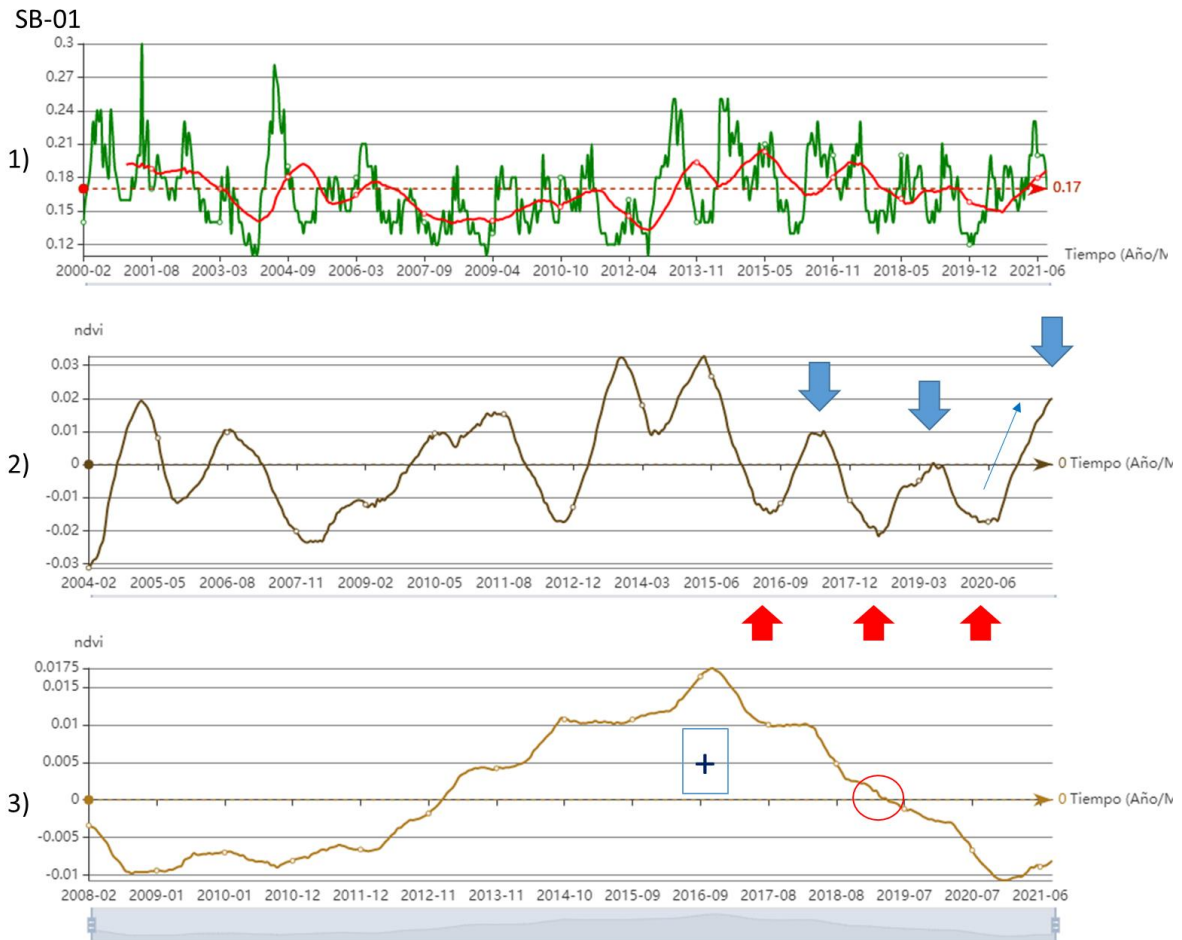


Figura 12. Estación de evaluación del pastizal SB-01 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

SCH-15

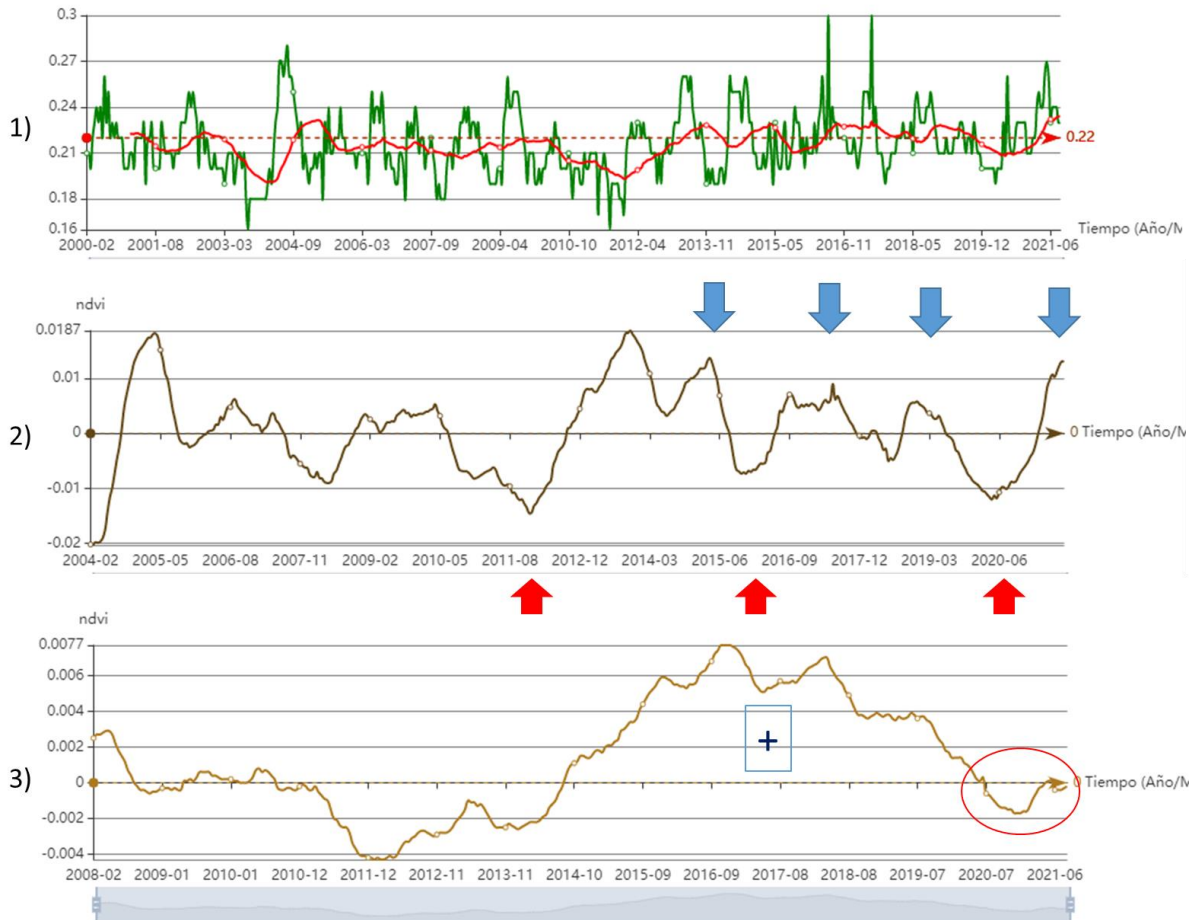


Figura 13. Estación de evaluación del pastizal SCH-15 (Escenario H-C-H). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa, con repunte reciente.

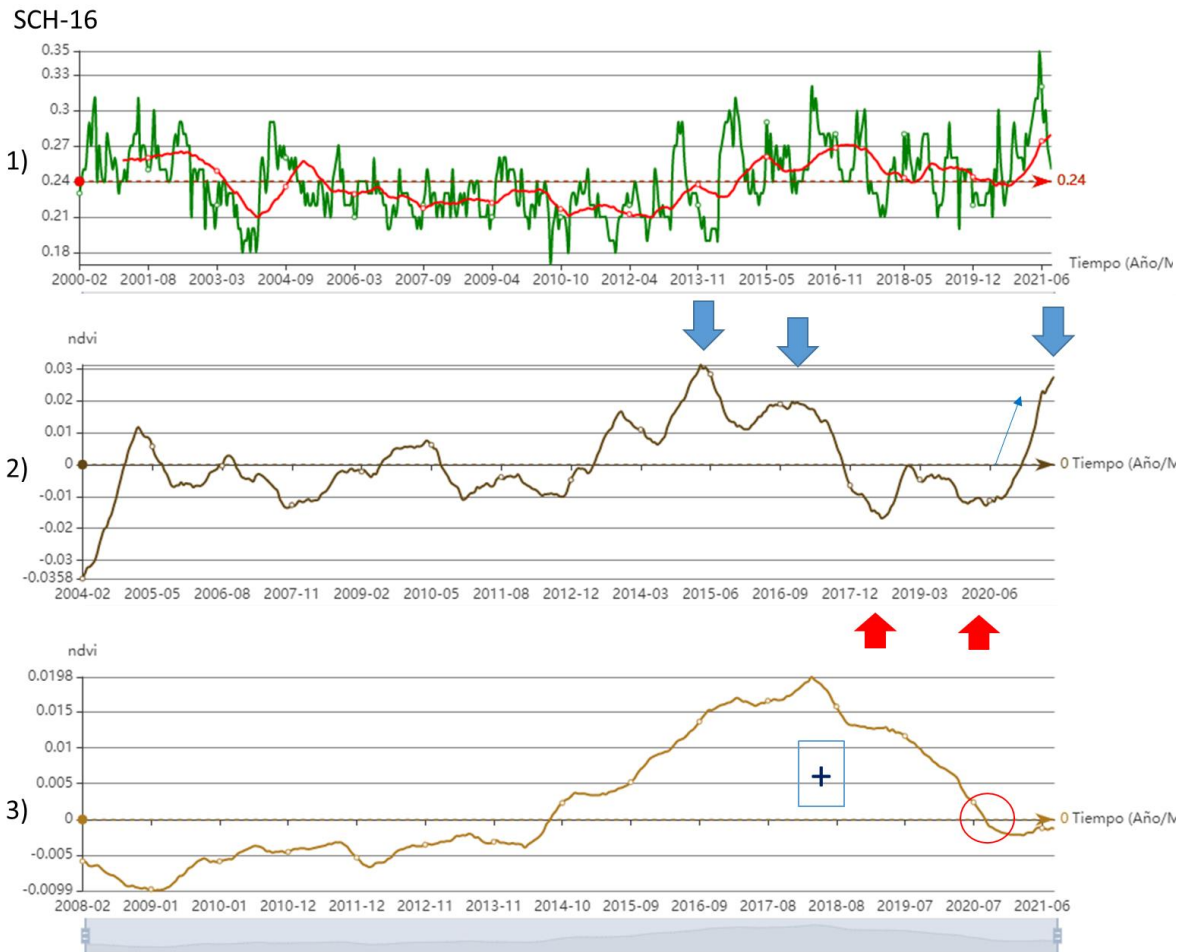


Figura 14. Estación de evaluación del pastizal SCH-16 (Escenario H-C-H). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

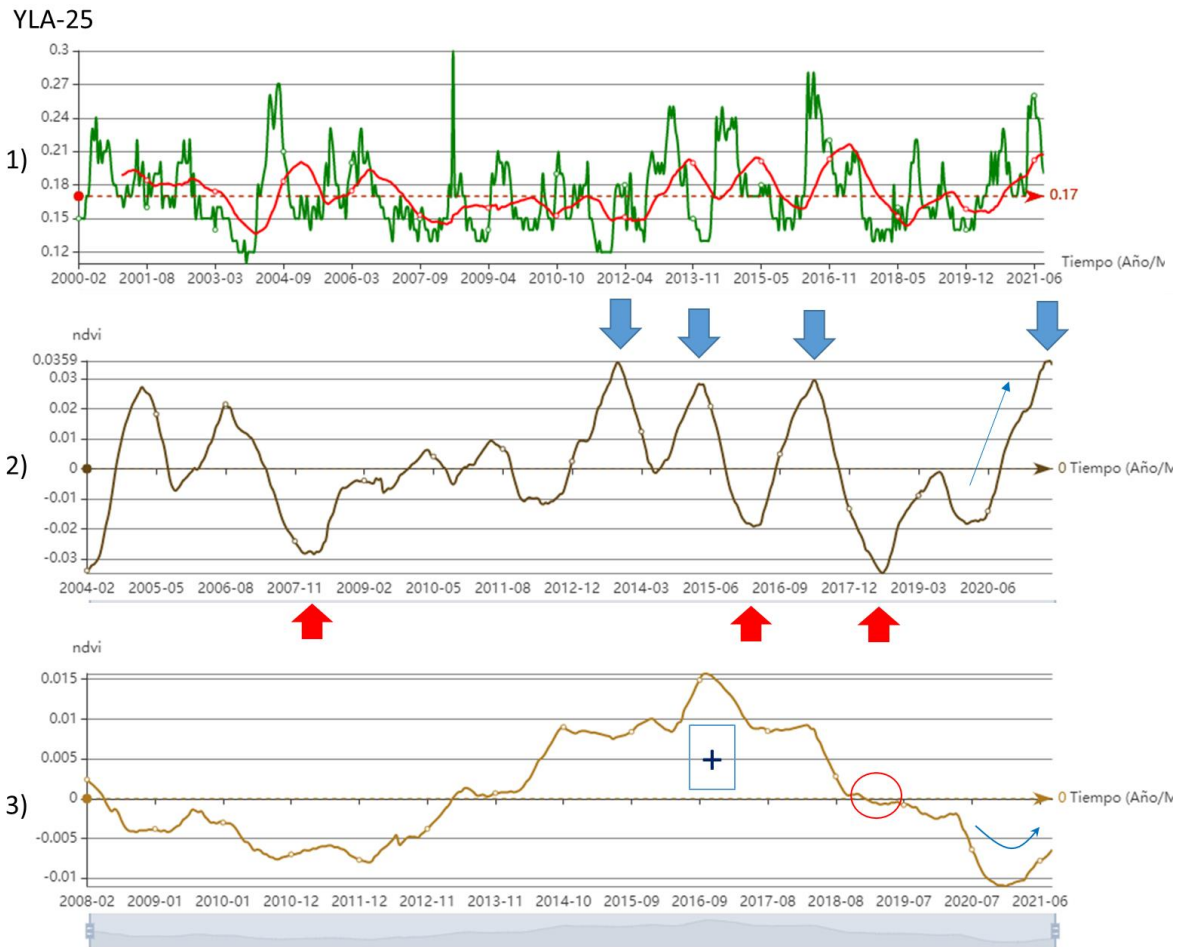


Figura 15. Estación de evaluación del pastizal YLA-25 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

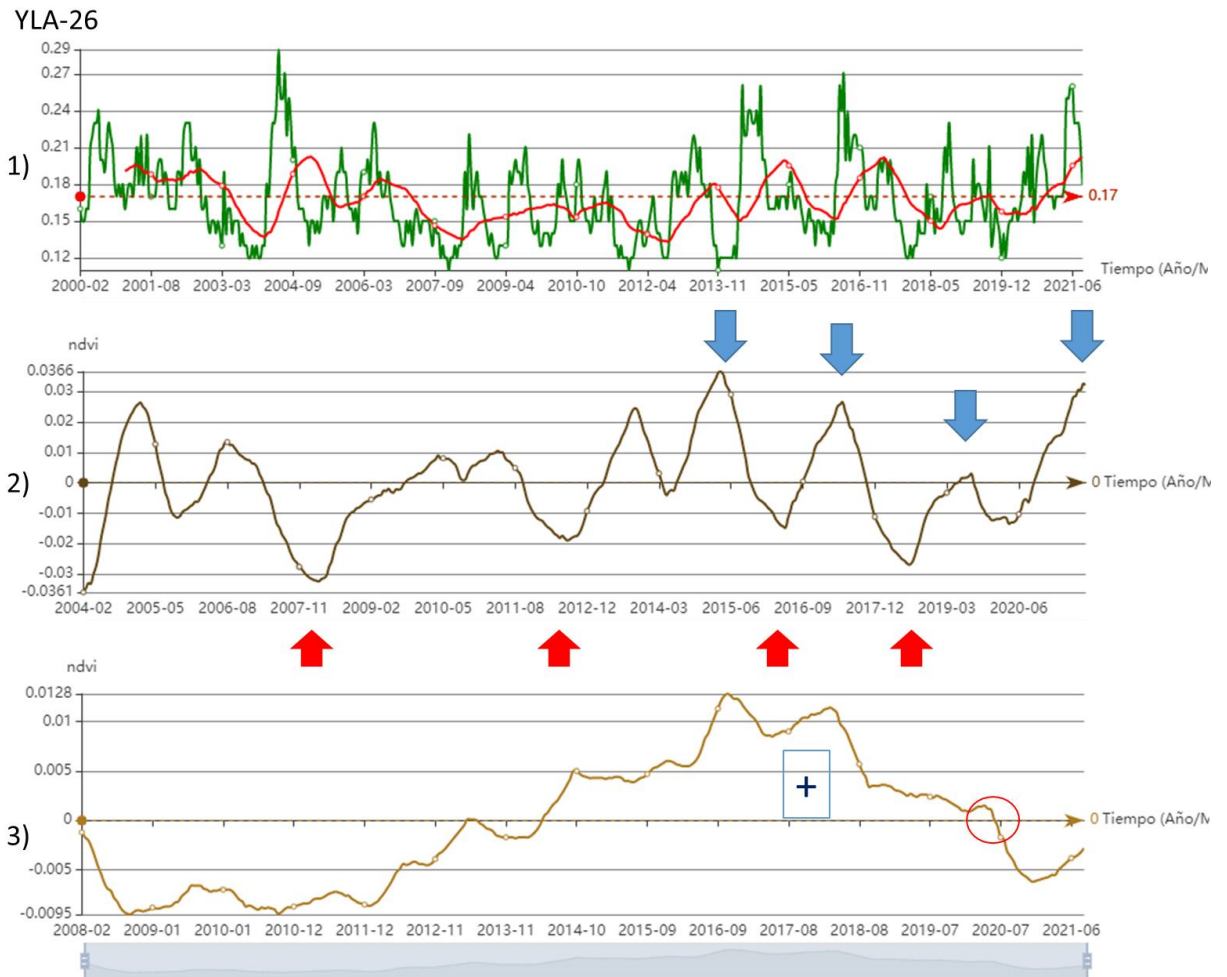


Figura 16. Estación de evaluación del pastizal YLA-26 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

YLA-27

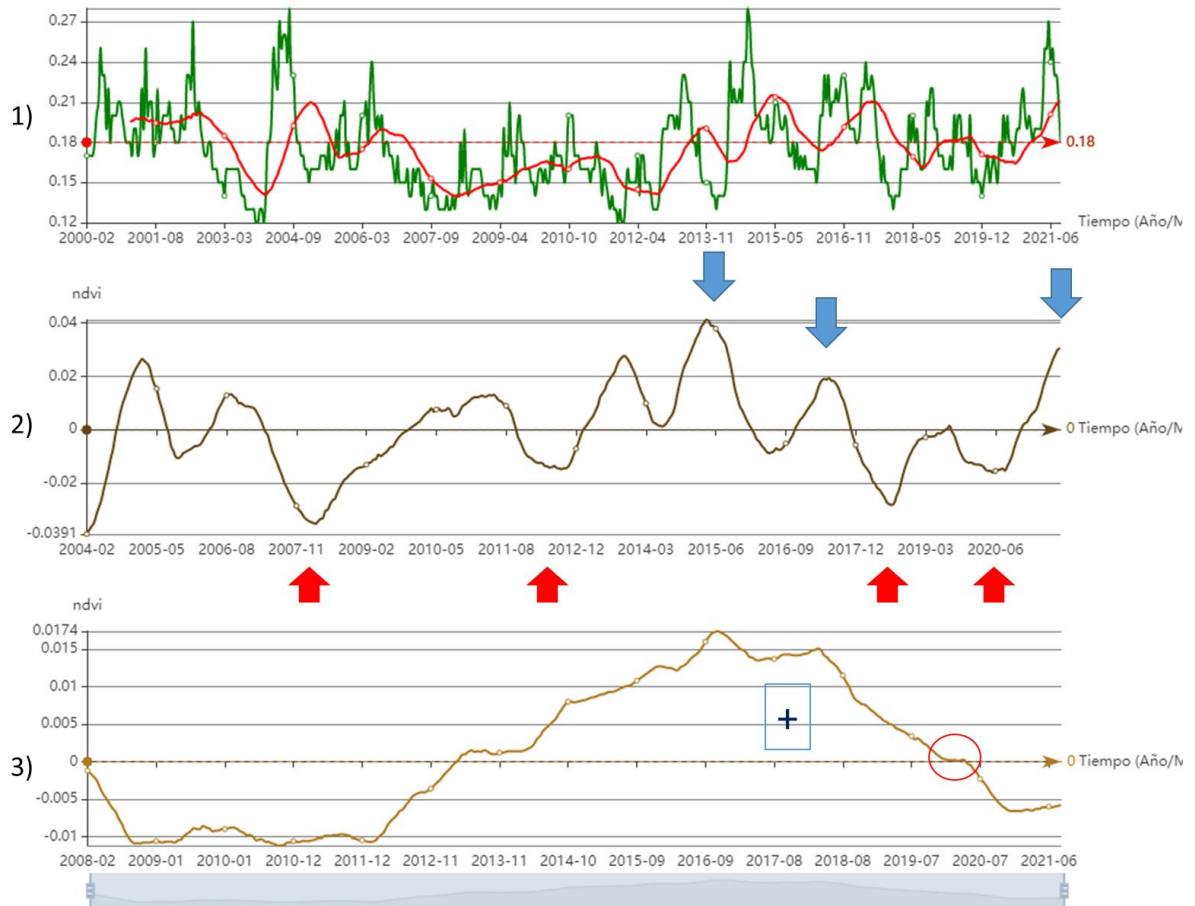


Figura 17. Estación de evaluación del pastizal YLA-27 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

Escenarios de la dinámica temporal de pastizales en los arquetipos identificados



Figura 18. Pixel más representativo del arquetipo 2 (Escenario W+). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas azules identifican momentos de valores máximos. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.

ARQ-03

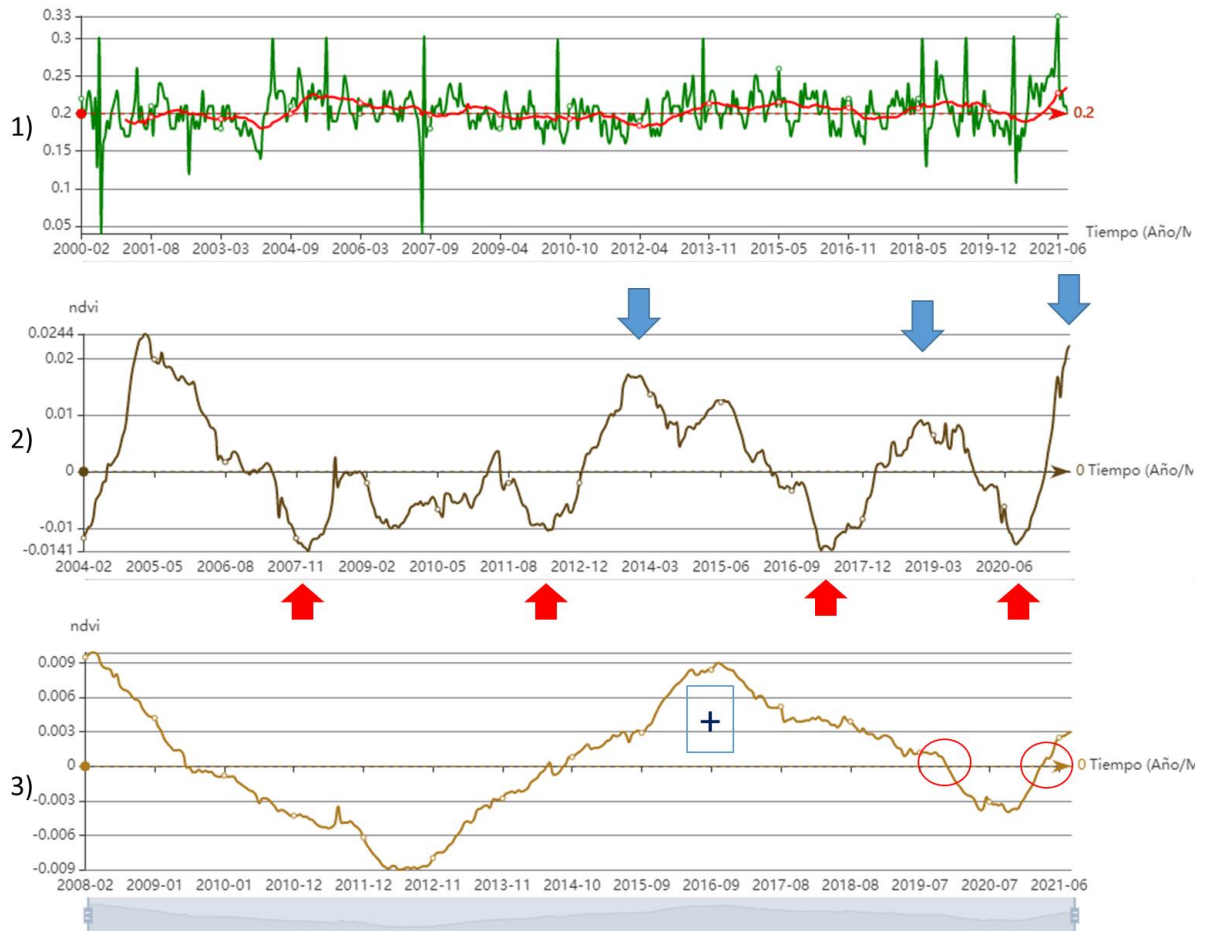


Figura 19. Pixel más representativo del arquetipo 3 (Escenario H-C-H). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa y luego positiva.

ARQ-04

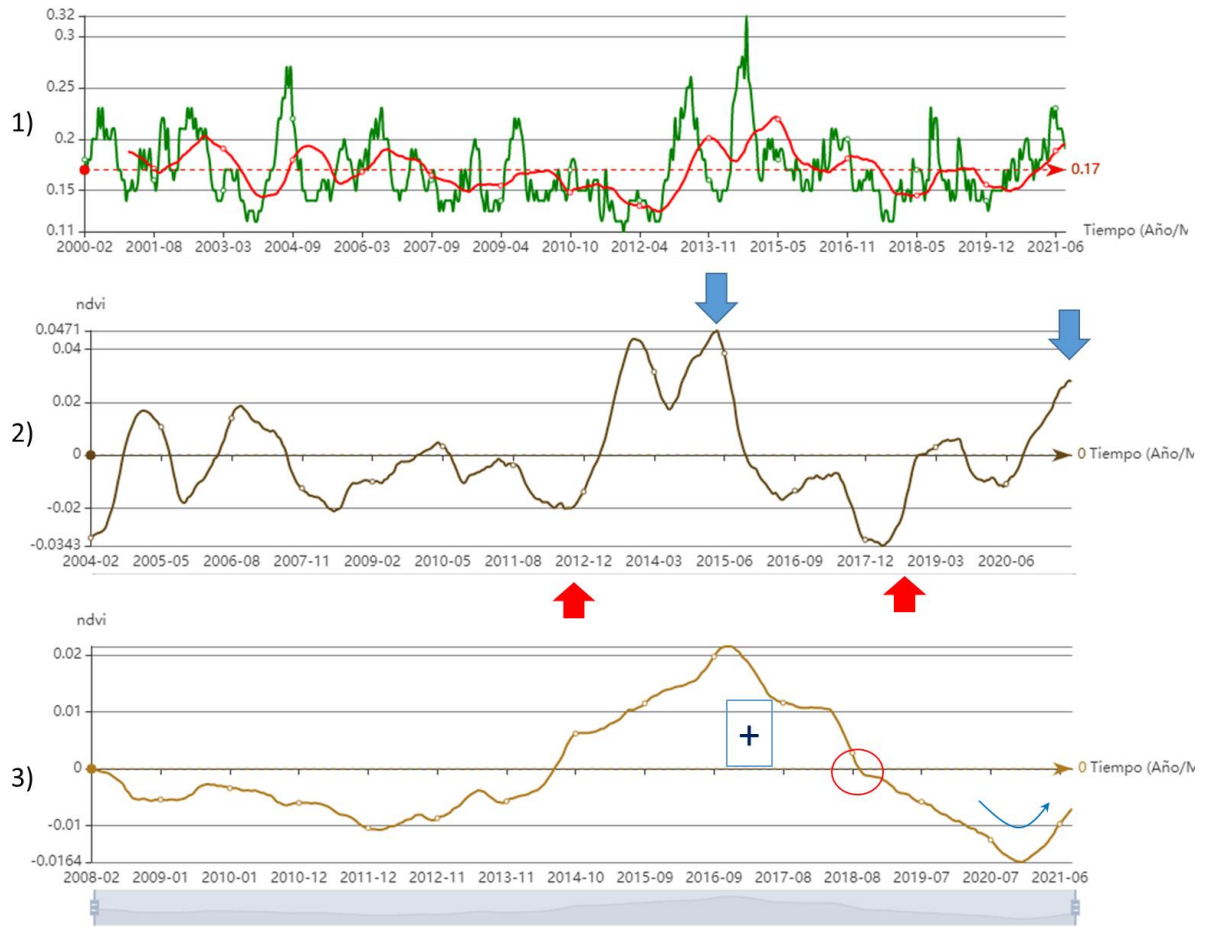


Figura 20. Pixel más representativo del arquetipo 4 (Escenario UW-). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años). Referencias: Flechas rojas y azules identifican momentos de valores mínimos y máximos, respectivamente. El recuadro con signo positivo hace referencia a la fase positiva de largo plazo, y en círculo rojo al cruce del umbral en transición negativa.



ANEXO

Metodología

La información fue analizada para toda el área de trabajo y se presenta en un mapa que representa la Tendencia Cíclica y el Ritmo de Cambio de la Tendencia Cíclica, la cual denota la dirección y velocidad del movimiento reciente, pero considerando el mediano plazo (Figs. 1 y 2, respectivamente).

Fuente de datos

Se utilizaron datos de imágenes MODIS (producto MODIS13Q1, versión 6) para el período temporal febrero 2000 - junio 2021 (frecuencia de datos cada 16 días y píxel de resolución espacial de 6,25ha). Se calculó el NDVI mediante la siguiente ecuación:

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

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 (Bruzzzone 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 locales de la serie filtrada (Fig. A-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. A-2; Easdale et al. 2019). Los resultados de la tendencia cíclica para el área de trabajo se presentan en la Figura 1.

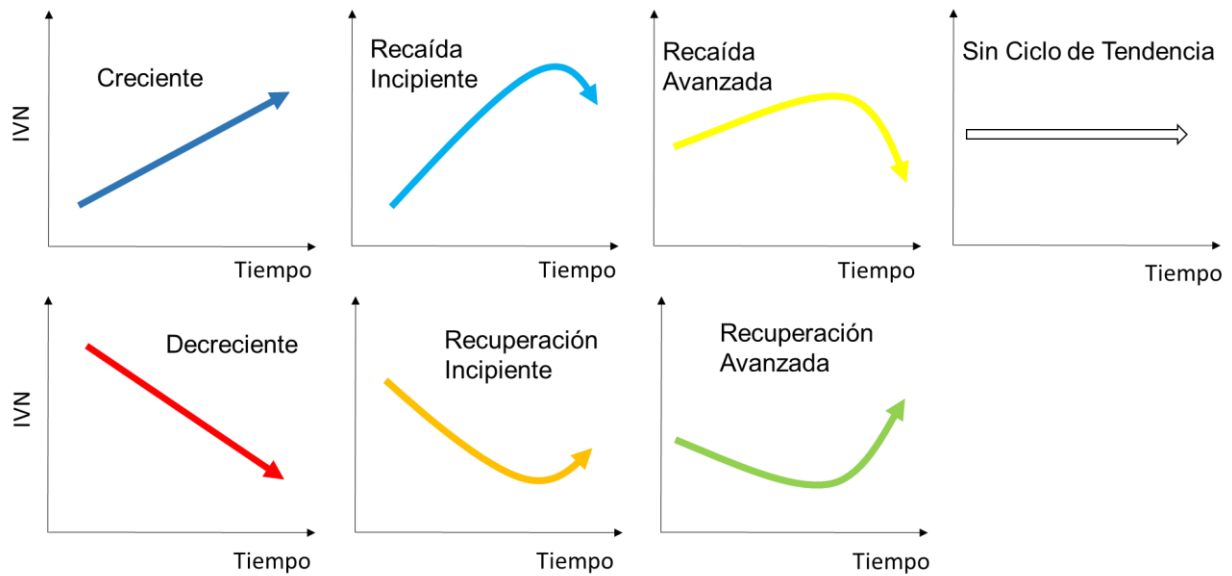


Figura A-1. Clases de Tendencias Cíclicas de NDVI. El color de la flecha identifica el color usado para cada clase en el mapa correspondiente.

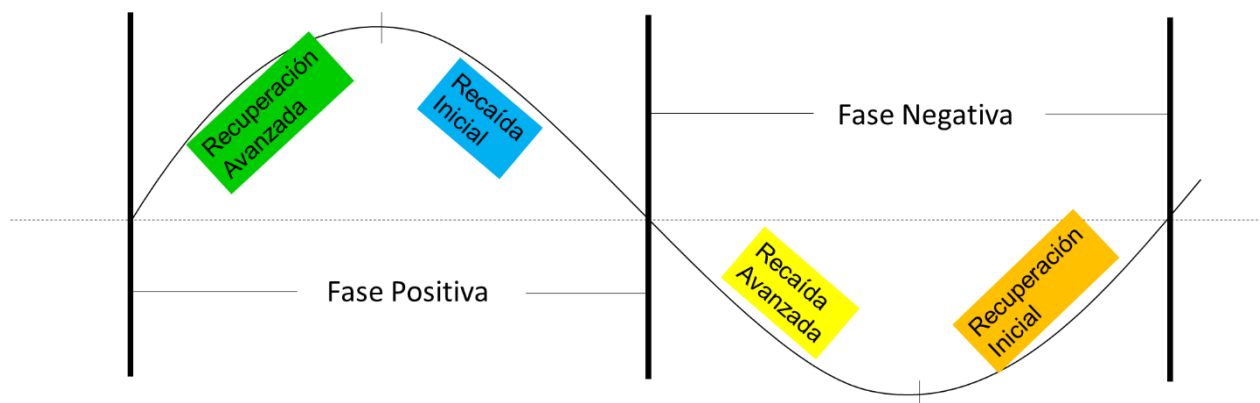


Figura A-2. Fases de Tendencias cíclicas: Positiva, conformada por Recuperación Avanzada y Recaída Inicial; Negativa, conformada por Recaída avanzada y Recuperación inicial.

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 la Tendencia Cíclica (Bruzzone y Easdale, 2021a). 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. A-3).

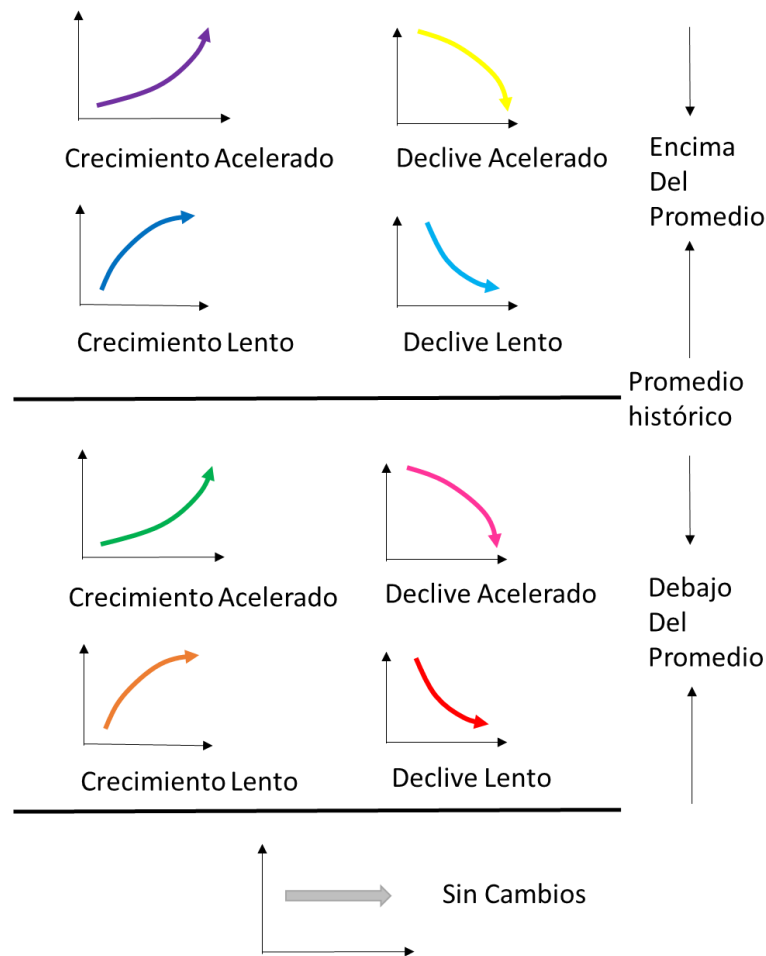


Figura A-3. Clases de Ritmo de Cambio de la Tendencia Cíclica, utilizada en el mapa de la figura correspondiente.

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 área de estudio (Bruzzone y Easdale, 2021b). 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 utilizaron los parámetros obtenidos con 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 cuatro 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, para los cuales se estimaron medias móviles para evaluar el comportamiento de la dinámica a corto, mediano y largo plazo.



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 el promedio durante ese lapso de tiempo. Es una 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 la predicción. Permite suavizar los cambios de corto plazo y resaltar las tendencias y cambios a mediano y largo plazo.

Media móvil anual (MMA)

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 mediano plazo (Diferencia entre MManual y MM4 años)

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, fueron o son mejores que los registrados en los cuatro años previos. A la inversa, valores negativos indican que la situación, para esos momentos, fueron o son peores que los registrados en los cuatro años previos.

Media móvil diferencial de largo plazo (Diferencia entre MM4 años y MM8 años)

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, permitiendo identificar en qué fase de largo plazo se encuentran los valores corrientes (similar a la Fig. 2). 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.



Bibliografía

- Bruzzone O, Easdale MH. 2018. Gpu_pursuit, version 0.2, Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.1283338.
- Chen SS, Donoho DL, Saunders MA. 2001. Atomic decomposition by basis pursuit. *SIAM review*, 43(1), 129-159.
- Easdale, M.H., Bruzzone, O., Mapfumo, P., Tittonell, P. (2018). Phases or regimes? Revisiting NDVI trends as proxies for land degradation. *Land Degradation & Development* 29, 433-445. DOI:10.1002/ldr.2871
- Easdale MH, Fariña C, Hara S, Pérez León N, Umaña F, Tittonell P, Bruzzone O. (2019). Trend-cycles of vegetation dynamics as a tool for land degradation assessment and monitoring. *Ecological Indicators* 107, 105545. DOI:10.1016/j.ecolind.2019.105545
- Bruzzone, O., Easdale, M.H. (2021a). Rythm of change of trend-cycle of vegetation dynamics as an early warning indicator for land management. *Ecological Indicators* 126, 107663. DOI:10.1016/j.ecolind.2021.107663.
- Bruzzone, O., Easdale, M.H. (2021b). Archetypal temporal dynamics of arid and semi-arid rangelands. *Remote Sensing of Environments* 254, 112279. DOI:10.1016/j.rse.2020.112279.