

Series:
Comunicaciones Técnicas
ISSN 1667-4014

COMUNICACIÓN TÉCNICA N°145
Área Recursos Naturales
Pastizales Naturales

**Dinámica y Prospectiva forrajera en el
Establecimiento Piloto 1, Paso Aguerre,
Neuquén.**

Informe I

Octubre 2021

Easdale, M.; Bruzzone, O.; Umaña, F.; Marciani, S.N..

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 forrajera en el Establecimiento Piloto 1, Paso Aguerre, Neuquén

Informe I - OCTUBRE 2021

Easdale M.H., Bruzzone O., Umaña F., Marciani S.

Cofecyt-2017, Neuquén “Sistema de Prospectiva Forrajera para el manejo ganadero adaptativo frente a cambios ambientales en sistemas ganaderos extensivos de Neuquén”

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 primer informe de caracterización de la dinámica y prospectiva de la productividad de los pastizales del Establecimiento Piloto 1 (EP1) del sr. Ovidio, ubicado en Paso Aguerre, provincia de Neuquén, actualizado a septiembre de 2021. Técnico asesor: Santiago Trova.

Síntesis del estado de situación de la productividad de los pastizales en el área de estudio

- En términos generales, el nivel de la productividad de los pastizales confirma valores 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.
- La productividad de los pastizales muestra una Tendencia Cíclica de recuperación avanzada, tornando a una recaída incipiente en algunas zonas del establecimiento (color turquesa, área centro-noroeste; Fig. 1).
- El Ritmo de Cambio de la productividad se encuentra dominado por un declive acelerado, con zonas en parches con declive lento, todos por encima del promedio histórico (amarillo y turquesa, respectivamente; Fig. 2).
- El escenario dominante respecto al funcionamiento de los pastizales es el siguiente:

Escenario general: *Figura en W, fase positiva/transición negativa de largo plazo (W+), con repunte positivo de corto-mediano plazo.*

Fase de largo plazo positiva, pero en transición negativa desde valores máximos alcanzados entre 2018 y 2020, dependiendo del área, todavía en niveles cercanos o por sobre el umbral de cambio de fase (ejemplo Figs. 3.3, 4.3, 5.3, 6.3, 7.3).

En el mediano plazo, se verifica un comportamiento bianual, con registro de fases con picos positivos en 2015, 2017 y 2019, y fases negativas en 2018 y 2020. El pulso positivo de 2021 corrobora el comportamiento bianual y refleja un repunte sostenido, alcanzando hasta el momento valores similares a 2019, por sobre el umbral del promedio móvil de cuatro años (Figs. 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2). Este patrón se verifica en los cinco puntos de chequeo de la vegetación definidos.

Conclusión: La situación para el ciclo primavera-estival de 2021 se presenta favorable en términos de los niveles de productividad. El escenario de largo plazo muestra signos de precaución, dado que se registra una transición negativa, que podría cruzar un umbral en el ciclo 2022-2023. La dinámica bianual sugiere una probable merma de la productividad para el año próximo en comparación con el ciclo actual, que podría incidir en el ingreso a una fase negativa de largo plazo. De todas maneras, si bien este escenario tiene probabilidad de ocurrencia, debería ser evaluado en virtud del comportamiento durante los meses futuros, dado que podría ser revertido por situaciones climáticas favorables.

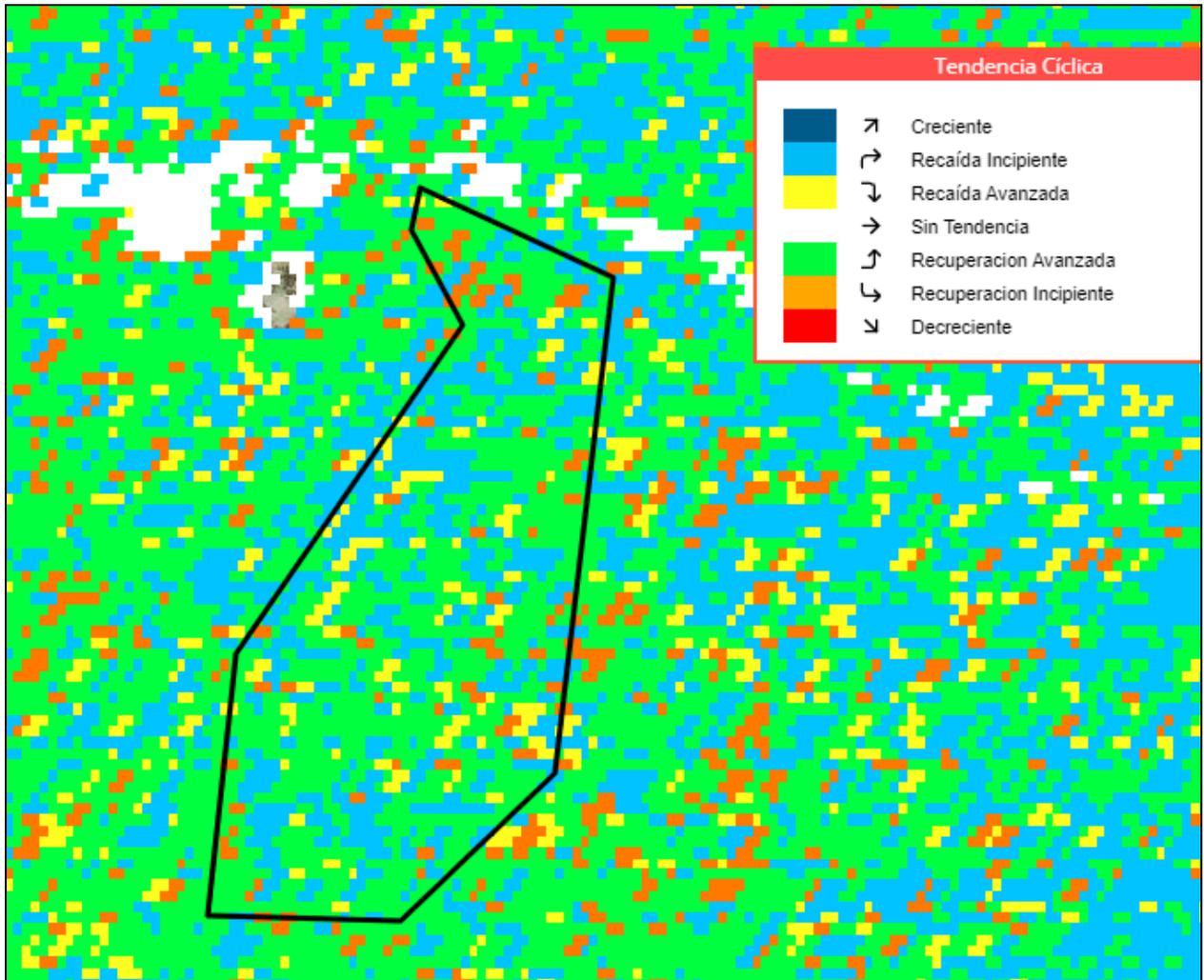


Figura 1. Tendencia Cíclica en el área de estudio (Fecha: 21 de septiembre de 2021). Las líneas negras identifican límites del establecimiento. Referencia de colores de Ciclos de Tendencia: Creciente (azul ■), Recaída Incipiente (turquesa ■), Recaída Avanzada (amarillo ■), Decreciente (rojo ■), Recuperación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

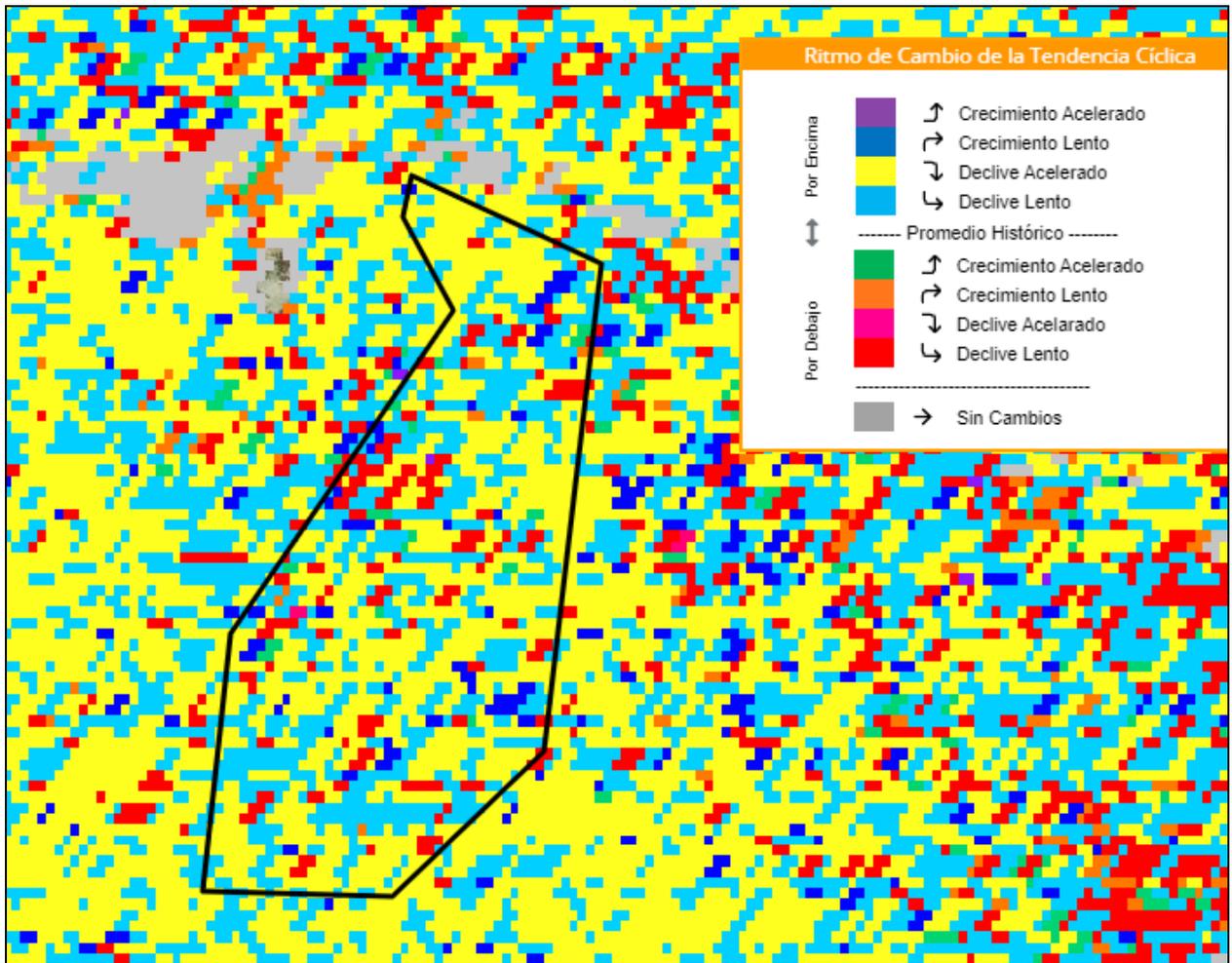


Figura 2. Ritmo de Cambio de la Tendencia Cíclica en el área de estudio (fecha: 21 de septiembre de 2021). Referencias: 1. *Valores por encima del promedio*: Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, violeta ■), Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, azul ■), Declive 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 ■). La línea negra identifica los límites del establecimiento.

Escenarios de la dinámica temporal de pastizales en los puntos de chequeo de la vegetación

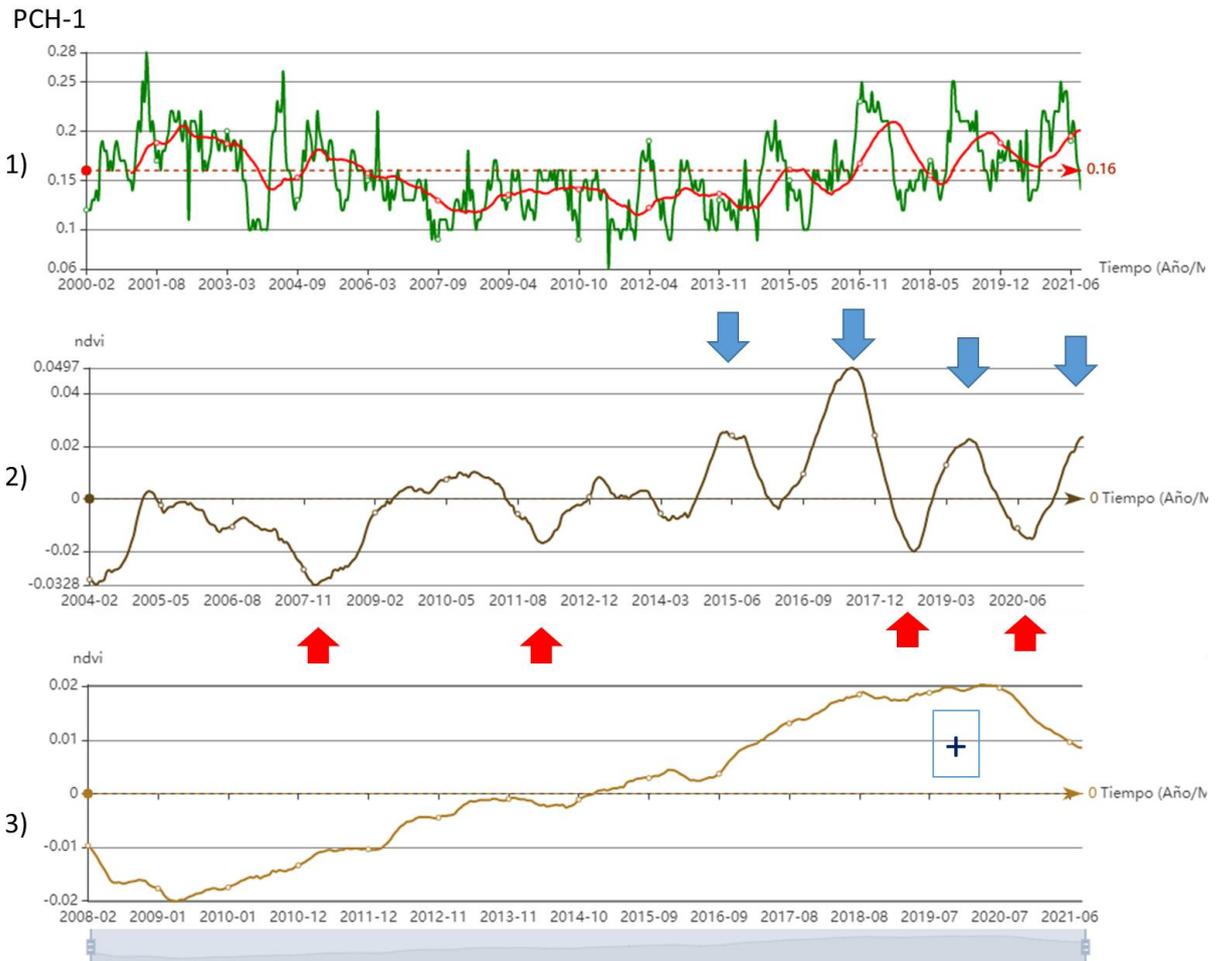


Figura 3. Estación de evaluación del pastizal PCH-1 (Coordenadas: -69.770214,-39.350061; Escenario W+). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años).



Fig. 3.2. Ubicación de PCH-1 en el establecimiento.

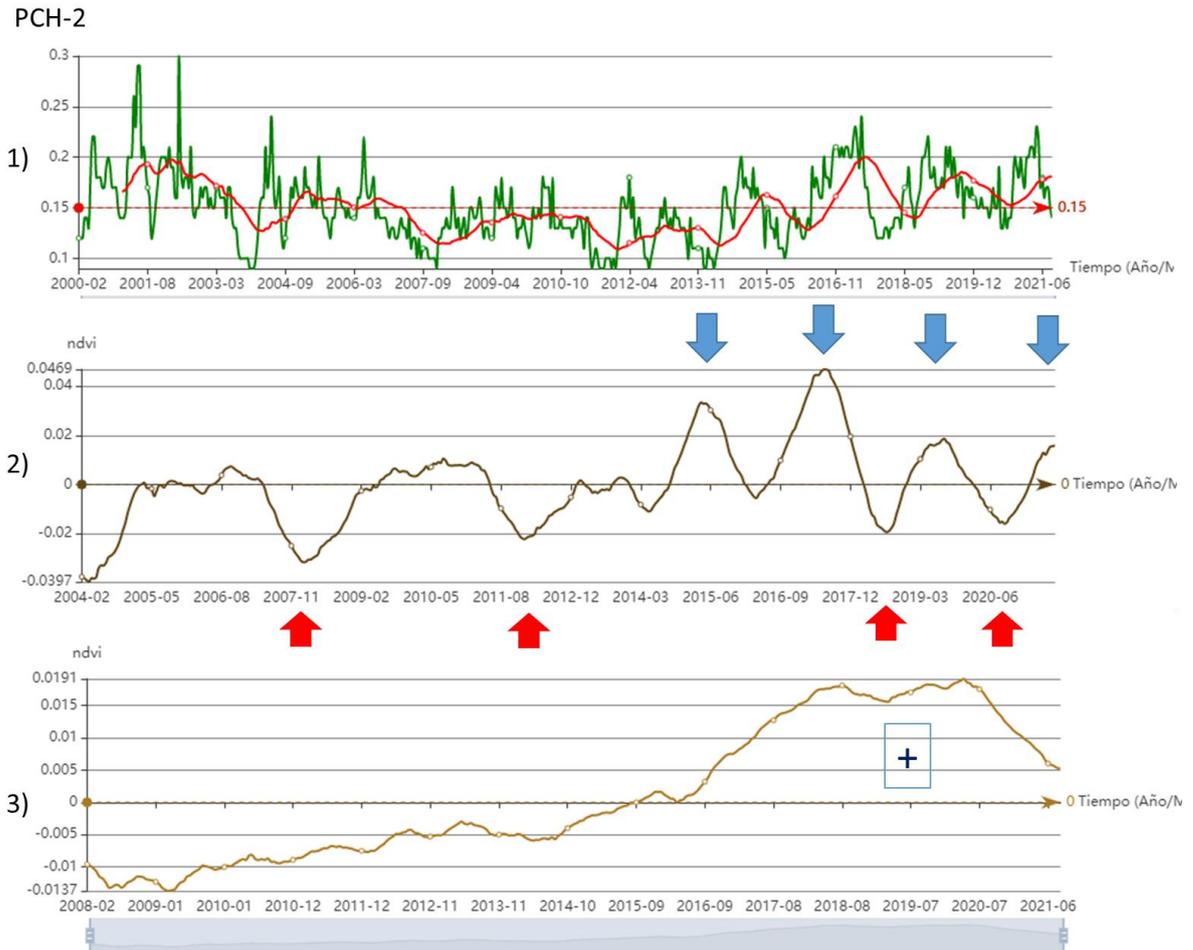


Figura 4. Estación de evaluación del pastizal PCH-2 (Coordenadas: -69.776244,-39.354317; Escenario W+). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años).



Fig. 4.2. Ubicación de PCH-2 en el establecimiento.



Figura 5. Estación de evaluación del pastizal PCH-3 (Coordenadas: -69.780814,-39.364858; 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).

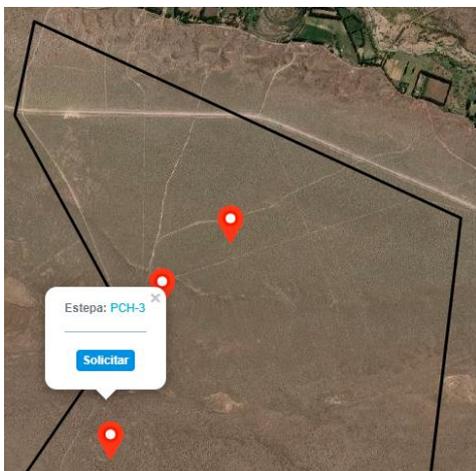


Fig. 5.2. Ubicación de PCH-3 en el establecimiento.

PCH-4



Figura 6. Estación de evaluación del pastizal PCH-4 (Coordenadas: -69.783586,-39.374086; 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).

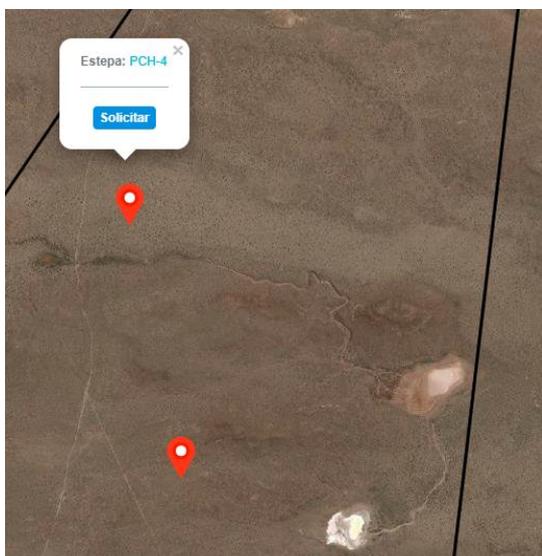


Fig. 6.2. Ubicación de PCH-4 en el establecimiento.

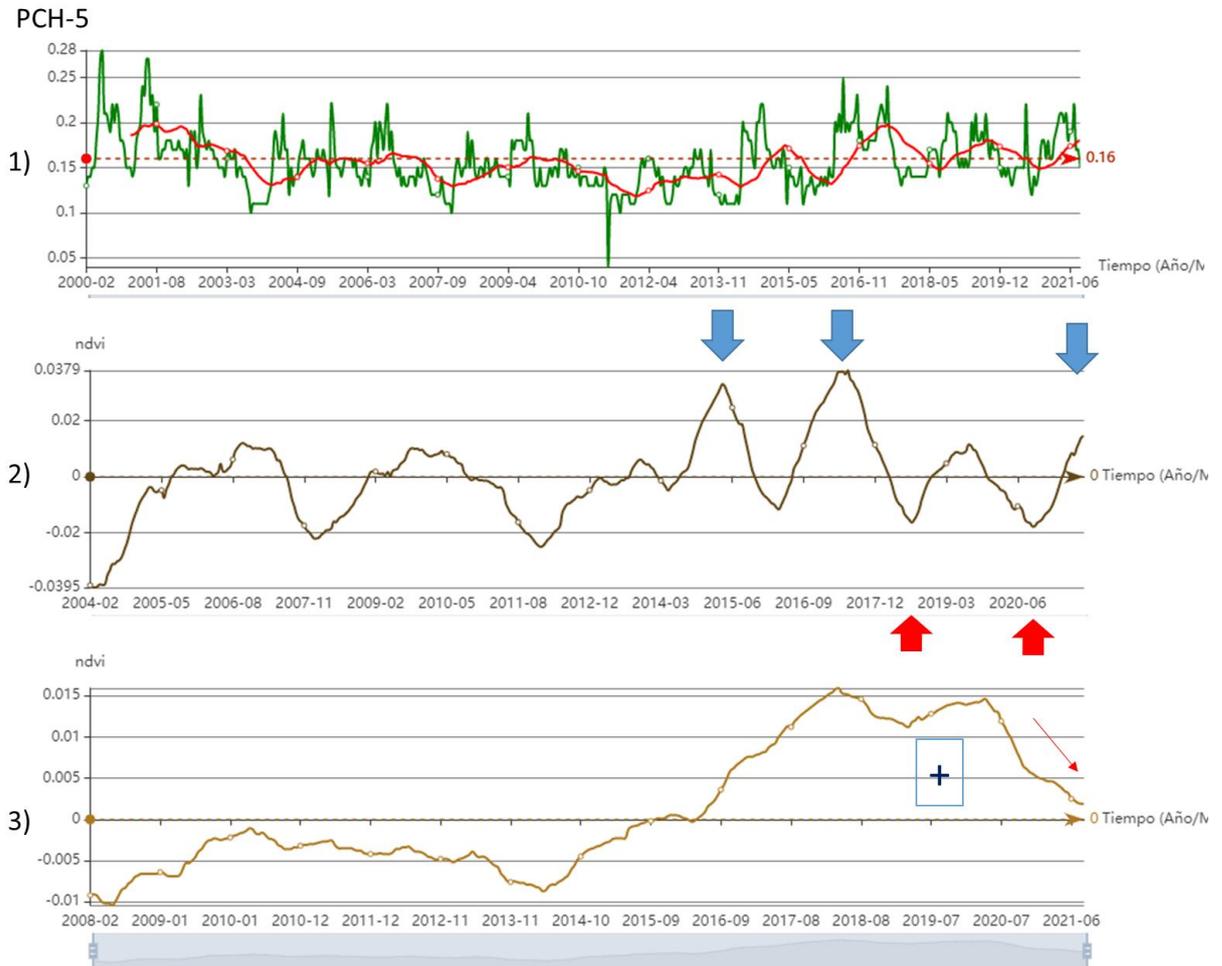


Figura 7. Estación de evaluación del pastizal PCH-5 (Coordenadas: -69.779436,-39.390194; Escenario W+). Análisis temporales: 1) Serie de tiempo original (verde) y media móvil anual (rojo), 2) Media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y media móvil de cuatro años), 3) Media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y media móvil de ocho años).

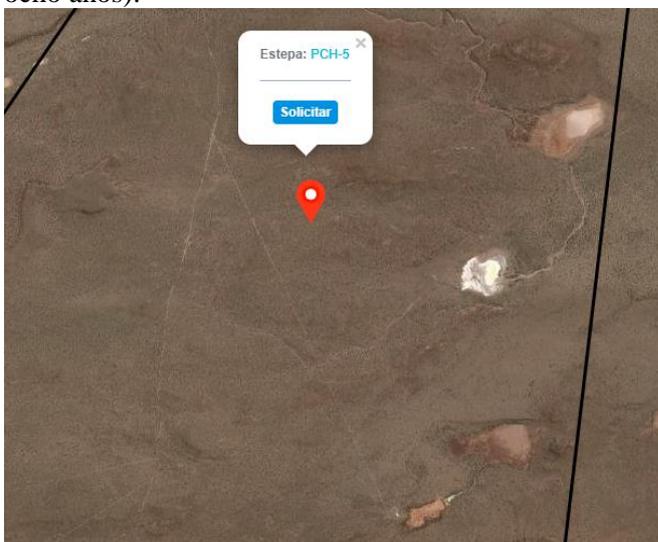


Fig. 7.2. Ubicación de PCH-5 en el establecimiento.



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 (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 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.

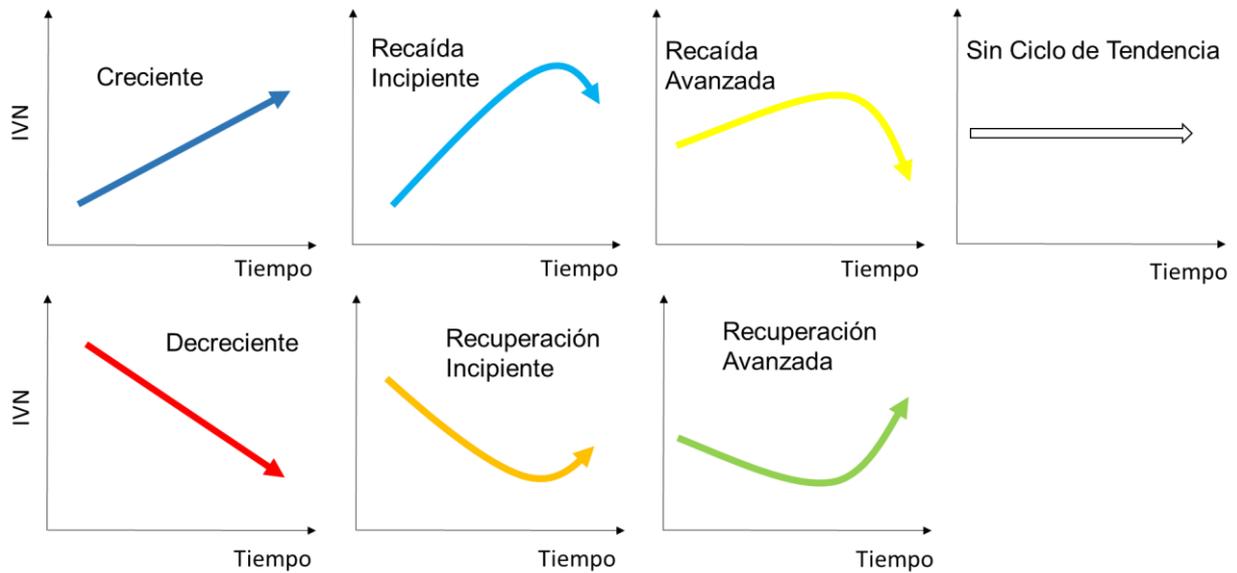


Figura A-1. Clases de Tendencias Cíclicas de NDVI. El color de la flecha identifica el color usado para cada clase en el mapa correspondiente.

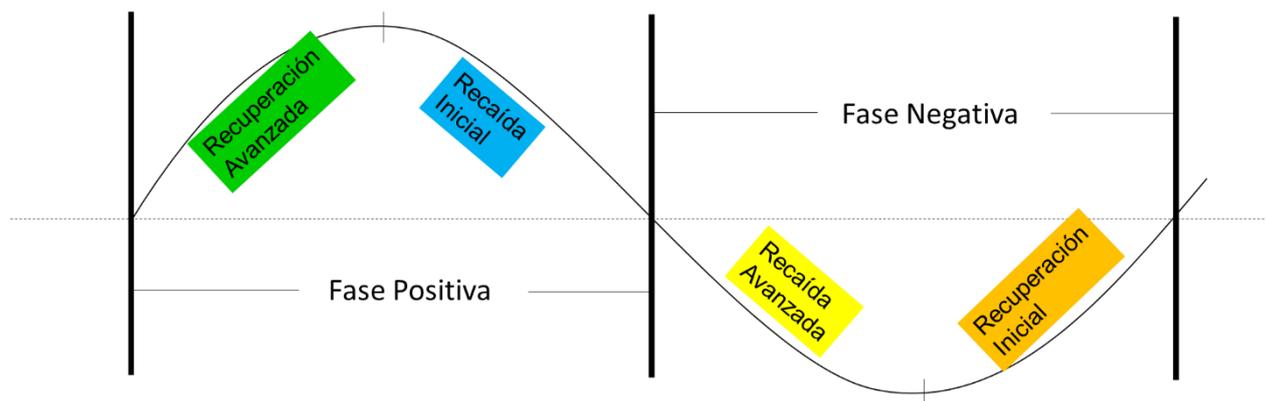


Figura A-2. Fases de Tendencias cíclicas: Positiva, conformada por Recuperación Avanzada y Recaída Inicial; Negativa, conformada por Recaída avanzada y Recuperación inicial.

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).

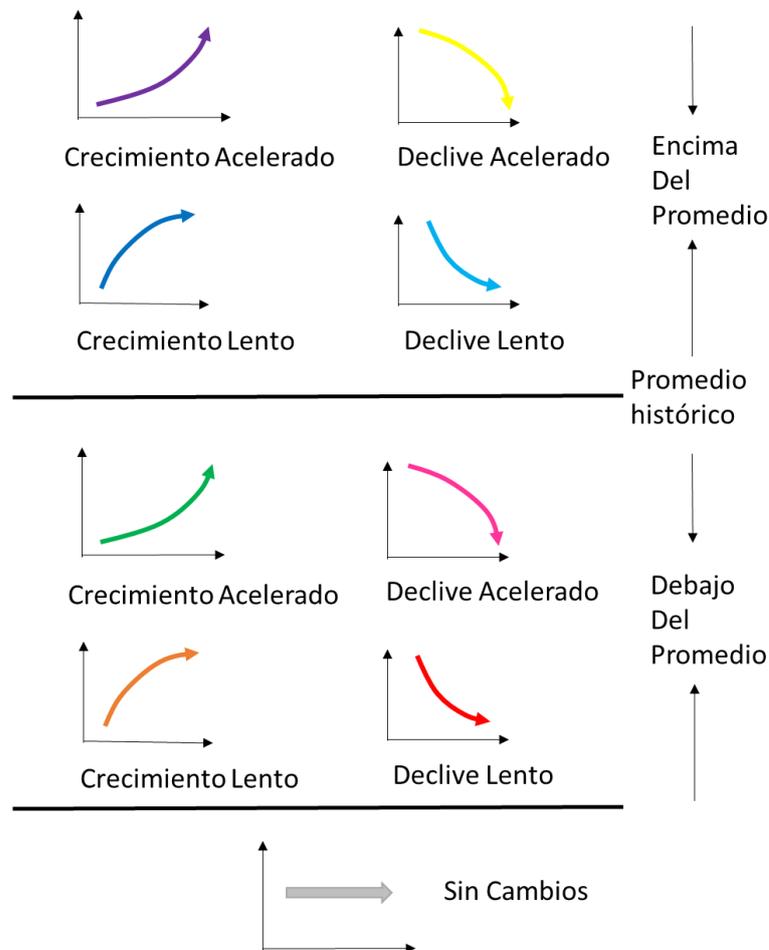


Figura A-3. Clases de Ritmo de Cambio de la Tendencia Cíclica, utilizada en el mapa de la figura correspondiente.

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 establecimiento (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 MMA 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., Tiftonell, 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, Tiftonell 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.