

Series:
Comunicaciones Técnicas
ISSN 1667-4006

COMUNICACIÓN TÉCNICA N°261

Área Desarrollo Rural

**Emergencia Agropecuaria: Escenario de sequía en la
provincia de Neuquén**

Agosto 2021

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

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

Emergencia Agropecuaria: Escenario de sequía en la provincia de Neuquén

AGOSTO 2021

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

Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (IFAB)

INTA Bariloche – CONICET

Av. Modesta Victoria 4450 (8400),

San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina



El presente informe analiza el escenario de sequía en la provincia de Neuquén para el ciclo 2021-2022, a solicitud del Ministerio de Producción e Industria de Neuquén, como soporte para la declaración de emergencia agropecuaria. Se utilizó como base de información la dinámica de la productividad de los pastizales, estimada a partir de series de Índices de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI, siglas en inglés) para el período 2000-2021, e información hidrometeorológica (AIC, 2021).

1. Síntesis del estado de situación en la provincia de Neuquén a Agosto 2021

En el territorio de la provincia de Neuquén predomina un escenario en una transición negativa hacia una fase de menor productividad. Las circunstancias de recuperación están modificándose hacia escenarios de recaída, y en algunas zonas la recaída es avanzada, denotando una situación de alerta. Esto significa que el pulso positivo que tuvo la productividad de los pastizales en los últimos años a escala regional (especialmente en la zona del monte; período 2014-2018) se está agotado, dominando actualmente una transición hacia una fase negativa, la cual se ha profundizado en 2019-2021 en general. El eje longitudinal cordillerano (con foco en el centro-norte provincial) registra valores bajos de productividad de la vegetación, denotando una situación general desfavorable, la cual se fue agravando a partir del año 2016. Esta situación se evidencia en la clasificación hidrológica de los derrames de los ríos de las principales cuencas de la provincia, registrando en todos los casos un escenario de sequía, respecto de valores históricos (ver Anexo).

En el período abril-julio 2021, que define el principal aporte de agua para el ciclo productivo en zona cordillerana y áreas de influencia, se registró una reducción de precipitaciones en las principales cuencas de la provincia de Neuquén, siguiendo un gradiente norte-sur (Tabla 1). El déficit acumulado de precipitaciones alcanzó un 60% en la cuenca del río Neuquén (zona norte, 163 mm de déficit), un 45% en la cuenca del río Collón Curá (zona centro, 243 mm de déficit) y un 38% en la cuenca del río Limay (zona sur, 246 mm de déficit) (Tabla 2). A su vez, la acumulación de nieve en alta montaña también registró el mismo gradiente norte-sur, con un déficit acumulado del 90% en Pampa de Chacaico (utilizado como referencia de la cuenca del río Neuquén, zona norte), un 51% en el cerro El Mocho (cuenca Collón Curá, zona centro), y 73% en el cerro Mirador (cuenca río Limay, zona sur) (Tabla 3). Esto significa que se registran muy escasas reservas de agua en forma de nieve en alta montaña, condicionando la disponibilidad de agua para el verano y otoño próximos.

Debido al déficit acumulado de precipitaciones invernales durante 2021, **el escenario general se presenta muy adverso para el próximo período estival 2021-2022. Debido a que las precipitaciones se concentran en la época invernal, el escenario desfavorable no podrá ser revertido durante los meses estivales y se extenderá hasta el otoño-invierno 2022.** Los momentos más críticos productivamente se prevén para dicho período del año próximo. Por ello, se sugiere que las decisiones de política pública y de manejo productivo ante la emergencia agropecuaria deben tomarse con una perspectiva de corto plazo (primavera-verano 2021) y de mediano plazo (otoño-invierno 2022).

La Tendencia Cíclica y el Ritmo de Cambio de la productividad de la vegetación, permitió diferenciar las siguientes zonas:

Situación de Alerta crítica (A1, Zona norte; Fig. 1). Zonas de invernada, que registran una recaída avanzada, con niveles de productividad muy bajos. Las mismas se ubican en el norte, con situaciones comparativamente más desfavorables, en invernadas de la cuenca del río Curi Leuvú, Chos Malal y Curaco-El Lechugal, invernadas de la cuenca del río Neuquén en departamento Minas, una franja entre El Huecú y Loncopué, y una franja Barrancas-Buta Ranquil-Rincón de los Sauces. En la zona centro, una franja que bordea el Cordón del Chachill desde Las Coloradas, Laguna Blanca hasta Pino Hachado. Una



situación análoga se registra en la región centro-este, en el departamento Confluencia y sureste de Añelo. A su vez, las zonas de veranadas registran una recuperación más lenta en el centro-norte provincial, asociadas al Cordillera de los Andes y del Viento, y principalmente el eje Domuyo-Tromen (Fig. 1). En dichas zonas, el déficit de precipitaciones intensificará la merma en la productividad de pastizales y afectará la disponibilidad de agua para bebida de manera persistente.

Situación de Alerta (A2, zona sur; Fig. 1). Zonas de invernada que registran una recaída avanzada en el nivel de productividad. Las mismas se ubican en áreas de sierras y mesetas en la región sur, en especial entre Junín de los Andes, Rinconada-valle del río Collón Curá y Las Coloradas (Fig. 1). En la zona sur también se comienza a evidenciar una recaída avanzada en zonas de la Cordillera de los Andes que, en vistas de la significativa reducción de precipitaciones, es esperable que la merma en la productividad se intensifique hacia el verano, aumentando el riesgo de incendios en zonas de bosques.

Situación en fase positiva, pero con evidencias de transición negativa o recaída acelerada (Zona B, zona centro Monte, color amarillo; Fig. 2). Zonas que se encuentran en los departamentos centro-este de Picunches, Zapala, sureste de Loncopué, Pehuenches, y centro-noroeste de Añelo (Fig. 2). Estas zonas se encuentran en situación de precaución y su evolución dependerá de las lluvias que puedan ocurrir durante la primavera (especialmente entre septiembre y noviembre). Si las precipitaciones son escasas, es probable que estas zonas confirmen un escenario también desfavorable productivamente.

Situaciones en fase positiva, aunque en transición negativa lenta, con algunas zonas de mayor aceleración en la caída o iniciando el cruce de un umbral (promedio histórico), hacia una fase negativa (Zona C, color turquesa; Fig. 2). Estas zonas se ubican en los departamentos del centro-sur provincial. En particular Picún Leufú, noreste de Collón Curá y centro-este de Catan Lil.

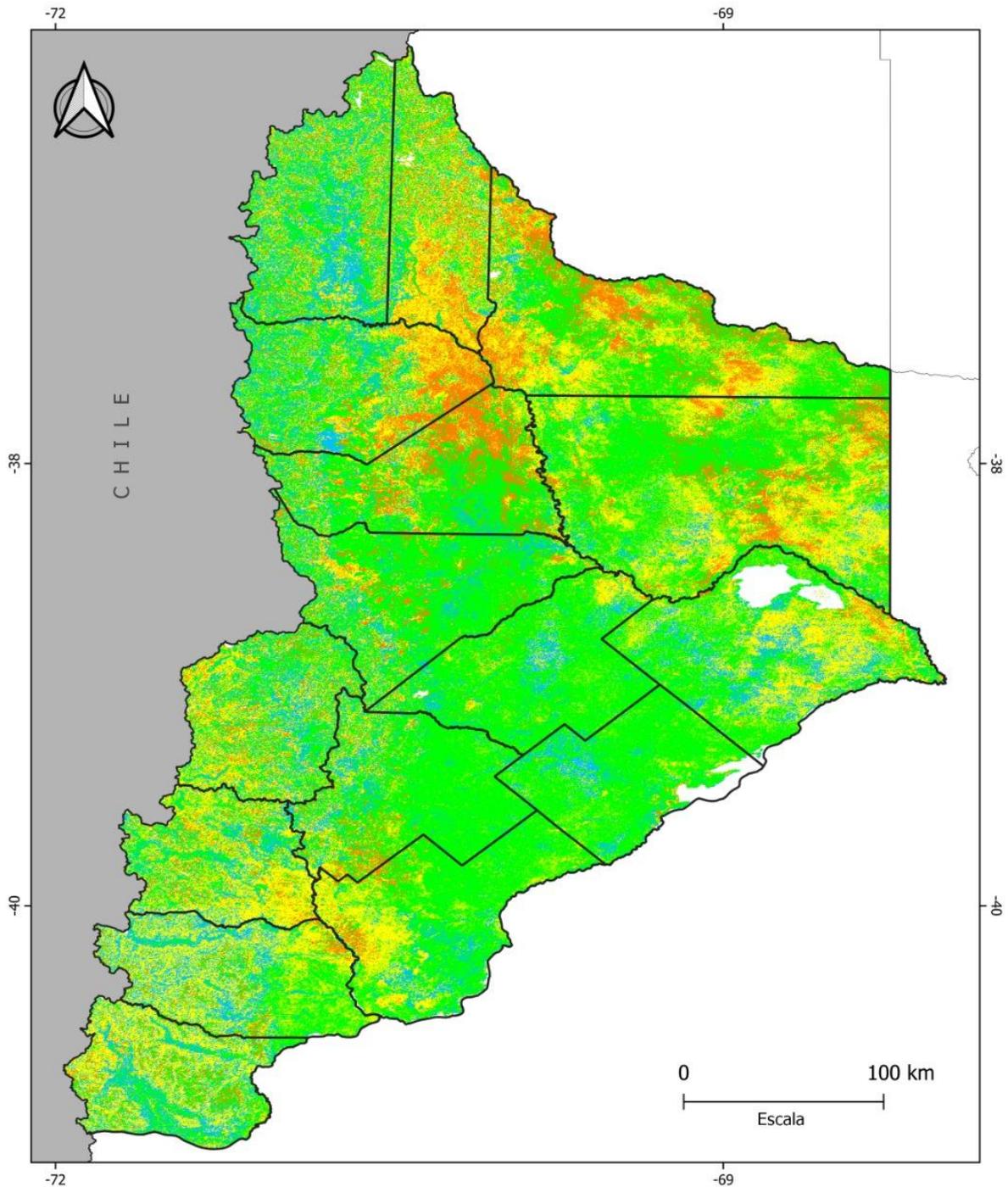


Fig. 1. Tendencia cíclica en la provincia de Neuquén. Las líneas negras identifican límites de departamentos. Referencia de colores de Ciclos de Tendencia: Creciente (azul ■), Recaída Incipiente (turquesa ■), Recaída Avanzada (amarillo ■), Decreciente (rojo ■), Recuperación Incipiente (naranja ■), Recuperación Avanzada (verde ■), Sin Ciclo de Tendencia (blanco) (ver metodología). El color blanco indica cuerpos de agua.

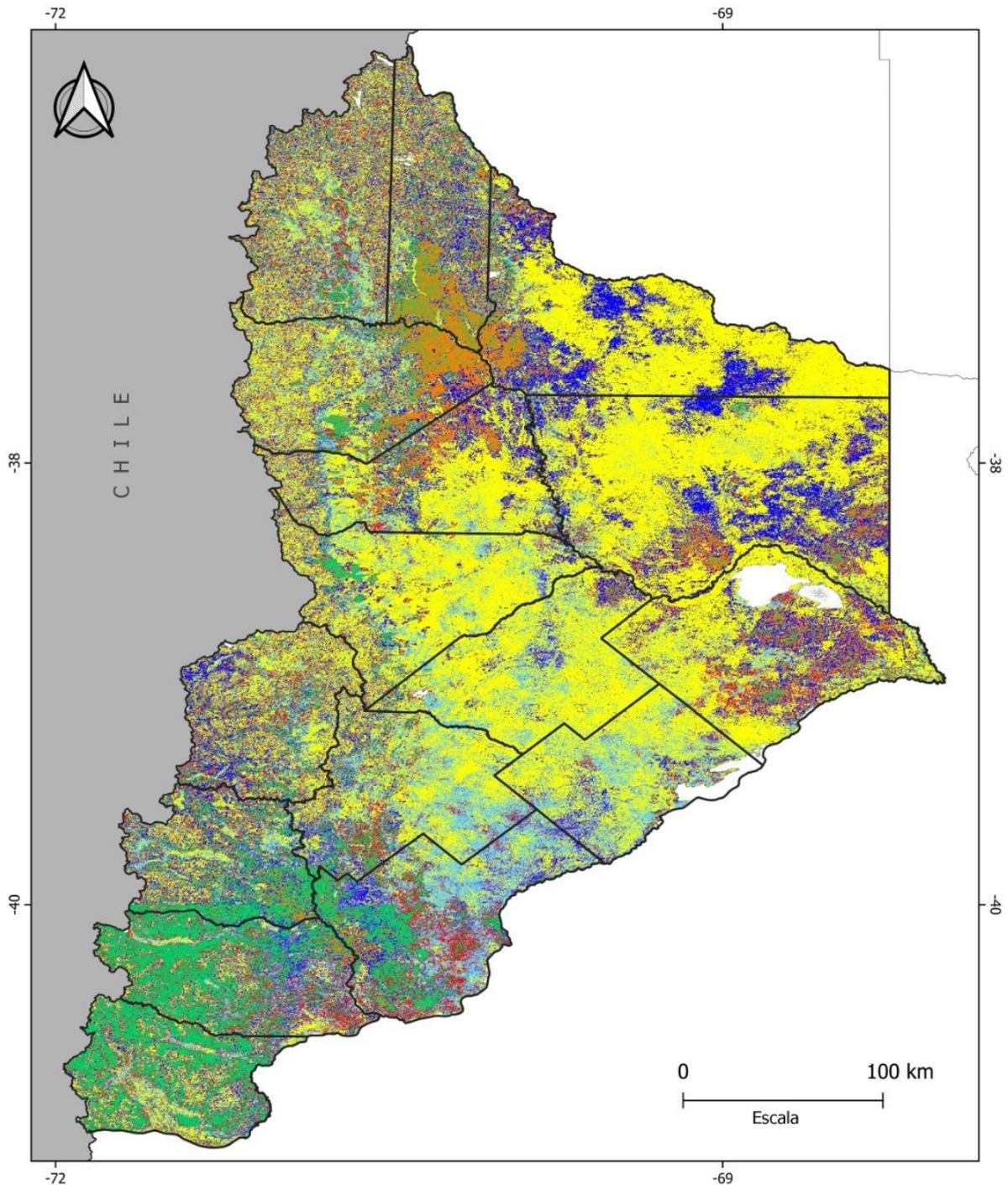


Fig. 2. Ritmo de cambio de la tendencia cíclica en la provincia de Neuquén. Las líneas negras identifican límites de departamentos. Referencias: 1. Valores por encima del promedio: Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, violeta ■), Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa 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 ■). El color blanco indica cuerpos de agua.

2. Información hidrometeorológica

En la región centro-oeste provincial, las precipitaciones se concentran entre abril y septiembre. En el período abril-julio 2021 se registró una merma de precipitaciones en las principales cuencas de la provincia de Neuquén, siguiendo un gradiente norte-sur. Las reducciones más importantes (en términos absolutos y relativos, en comparación con la media histórica) ocurrieron en los meses de junio y julio 2021 (Tabla 1). El déficit acumulado de precipitaciones alcanzó un 60% en la cuenca del río Neuquén (zona norte), un 45% en la cuenca del río Collón Curá (zona centro) y un 38% en la cuenca del río Limay (zona sur). A su vez, la acumulación de nieve en alta montaña también registra el mismo gradiente norte sur, con un déficit acumulado del 90% en Pampa de Chacaico (utilizado como referencia de la cuenca del río Neuquén, zona norte), un 51% en el cerro El Mocho (cuenca Collón Curá, zona centro), y 73% en el cerro Mirador (cuenca río Limay, zona sur).

Tabla 1. Precipitaciones entre abril y julio de 2021 en las cuencas de los ríos Limay, Collón Curá y Neuquén. Fuente: AIC, 2021.

	LIMAY	COLLON CURA	NEUQUEN
TOTAL ABRIL	30.6	14.8	4.8
MEDIA MENSUAL HISTÓRICA	92	71	32
% de la MEDIA	33%	21%	15%
TOTAL MAYO	141.0	116.4	59.4
MEDIA MENSUAL HISTÓRICA	156	123	71
% de la MEDIA	90%	95%	84%
TOTAL JUNIO	140.9	105.8	32.9
MEDIA MENSUAL HISTÓRICA	226	202	97
% de la MEDIA	62%	52%	34%
JULIO (*)	90.9	62.3	11.2
MEDIA MENSUAL HISTÓRICA	176	146	72
% de la MEDIA	52%	43%	16%

(*): Precipitación real hasta 14-jul, más pronóstico hasta fin de mes.

Tabla 2. Déficit acumulado de precipitaciones entre abril y julio 2021, en las cuencas de los ríos Limay, Collón Curá y Neuquén. Fuente: AIC, 2021.

	LIMAY	COLLON CURA	NEUQUEN
Acumulado ABR-JUL	403	299	108
Prom.Histórico ABR-JUL	649	542	271
déficit acumulado	-38%	-45%	-60%



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Tabla 3. Acumulación de nieve en alta montaña, expresada en Equivalente en Agua de la nieve (EAN), para el 14 de julio 2021 en: Cerro Mirador (cuenca Limay), Cerro El Mocho (cuenca Collón Cura) y Pampa del Chacaico (cuenca Neuquén). Fuente: AIC, 2021.

Cuenca	LIM	CC	NQN
Estación	Cerro Mirador	Cerro El Mocho	P. del Chacaico
EAN Hoy	133	236	63
Promedio Hist. hoy	498	485	605
Máx.Histórico	1103	1126	1228
% de la media	27%	49%	10%
déficit acumulado	-73%	-51%	-90%

3. ANEXO

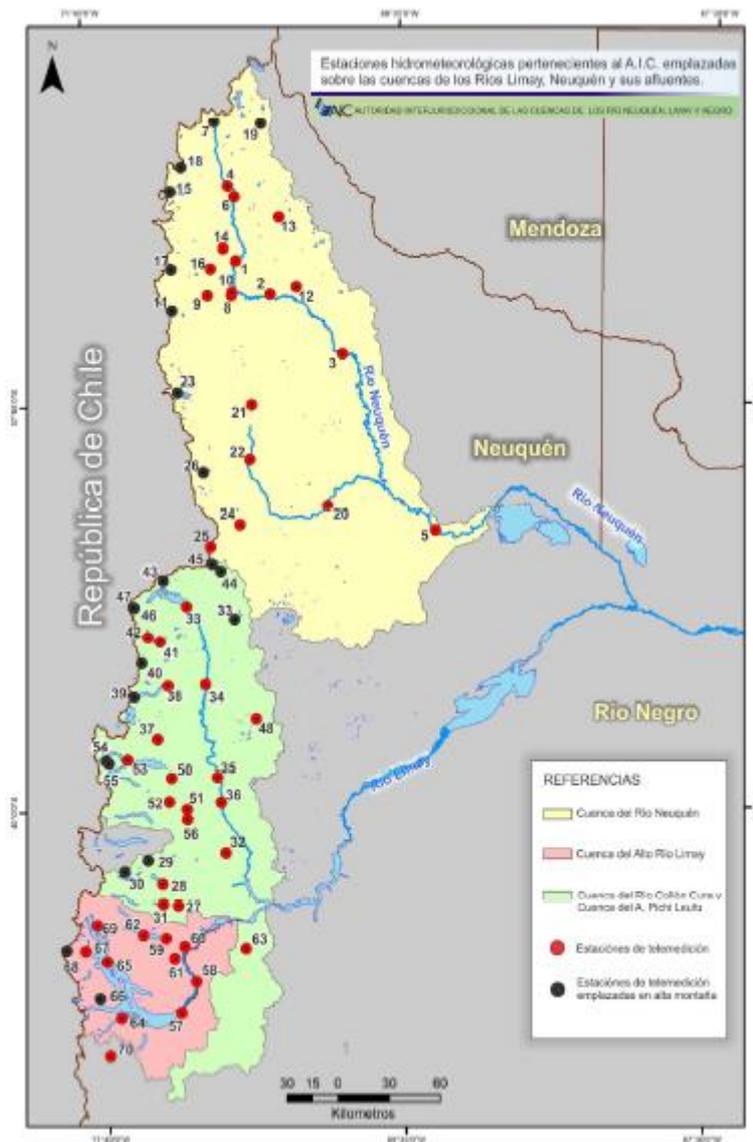


Fig. A.1. Cuencas de los ríos Limay, Collón Curá y Neuquén, con la ubicación de estaciones hidrometeorológicas. Fuente: AIC, 2021.

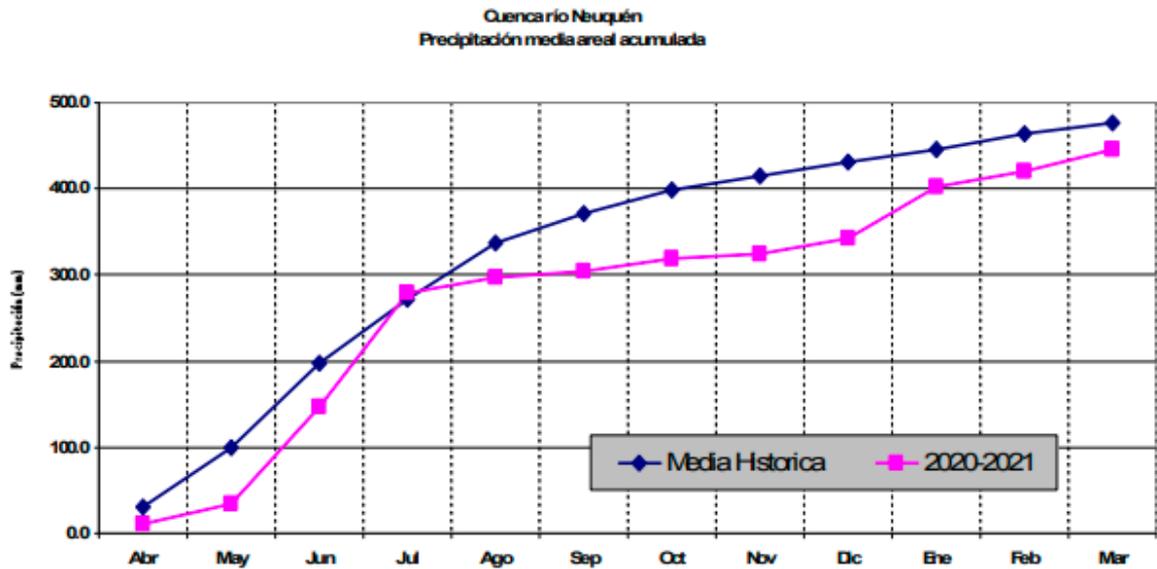


Fig. A.2. Precipitación media y acumulada en el período 2020-2021 en el área de la cuenca del río Neuquén. Fuente: AIC, 2021.

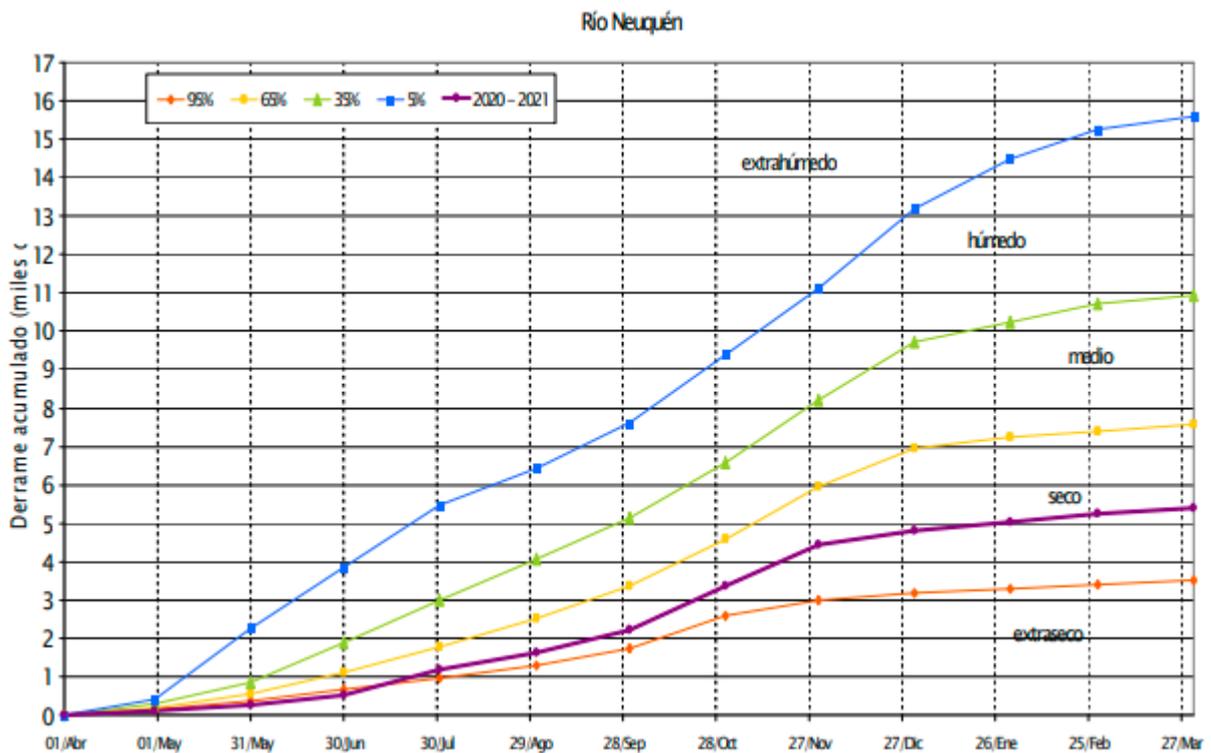


Fig. A.3. Clasificación hidrológica del derrame del río Neuquén, período Abril 2020-Marzo 2021. Fuente: AIC, 2021.

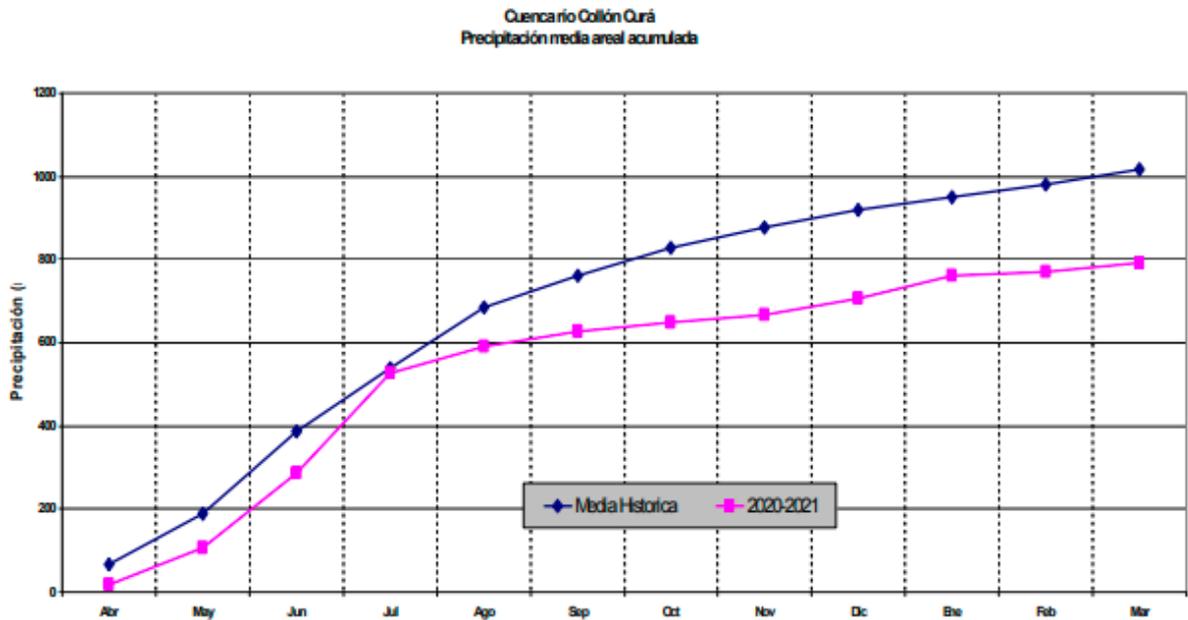


Fig. A.4. Precipitación media y acumulada en el período 2020-2021 en el área de la cuenca del río Collón Curá. Fuente: AIC, 2021.

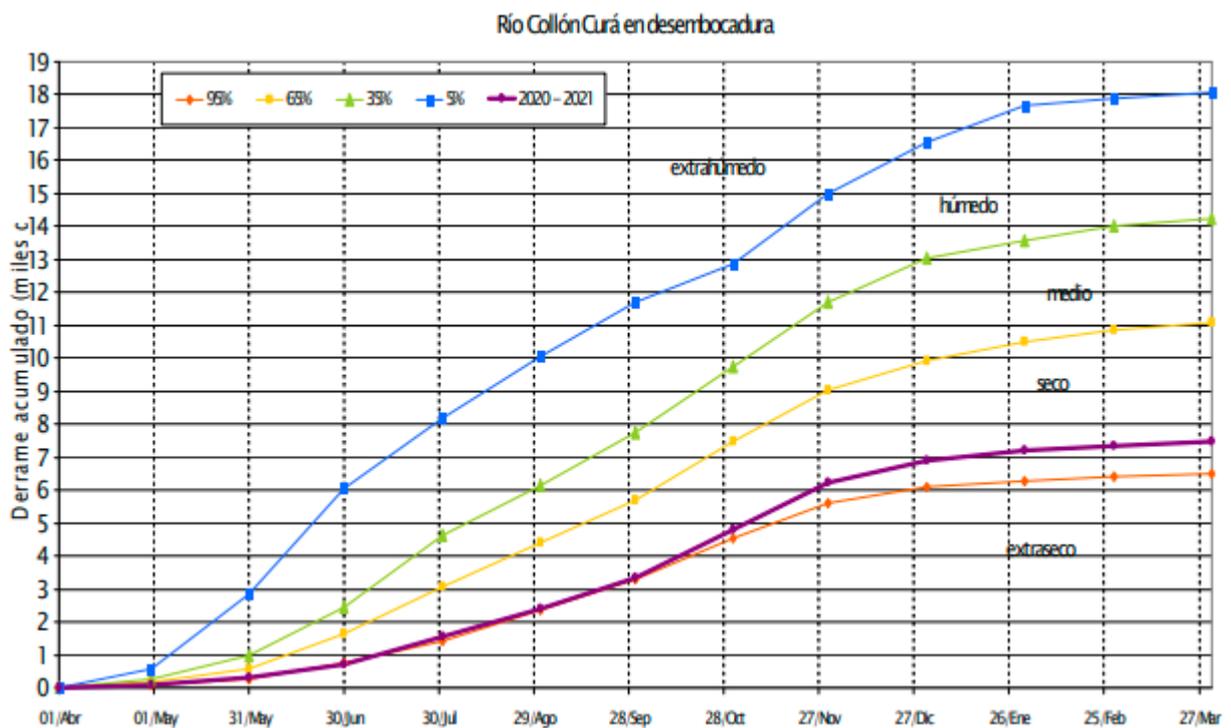


Fig. A.5. Clasificación hidrológica del derrame del río Collón Curá, período Abril 2020-Marzo 2021. Fuente: AIC, 2021.

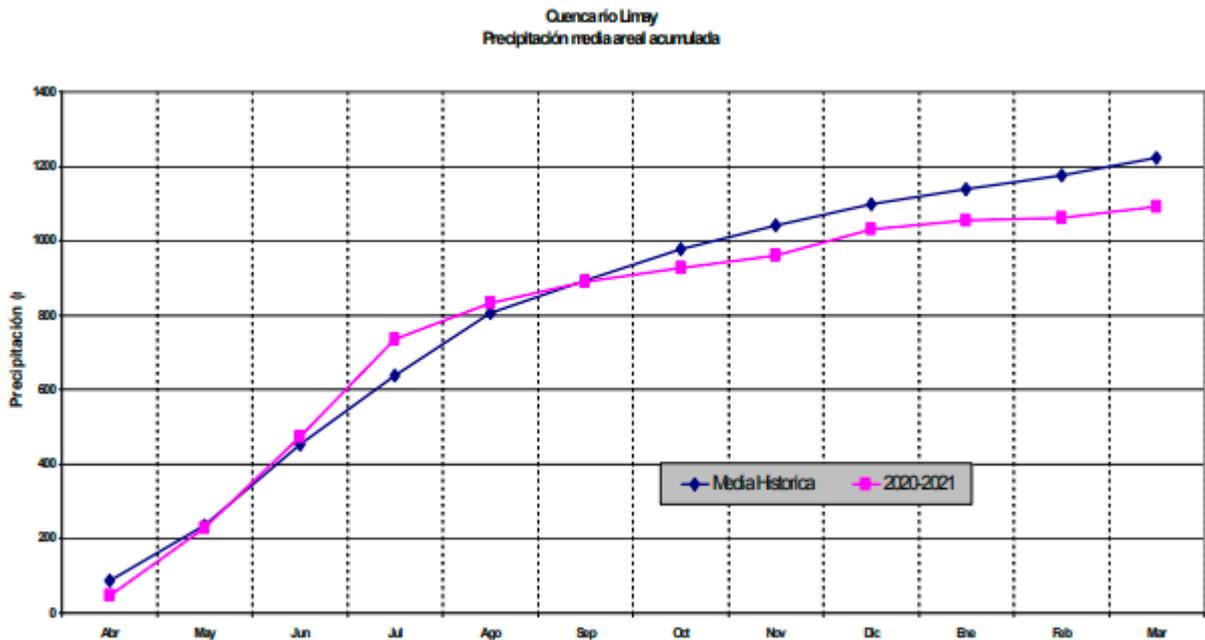


Fig. A.6. Precipitación media y acumulada en el período 2020-2021 en el área de la cuenca del río Limay. Fuente: AIC, 2021.

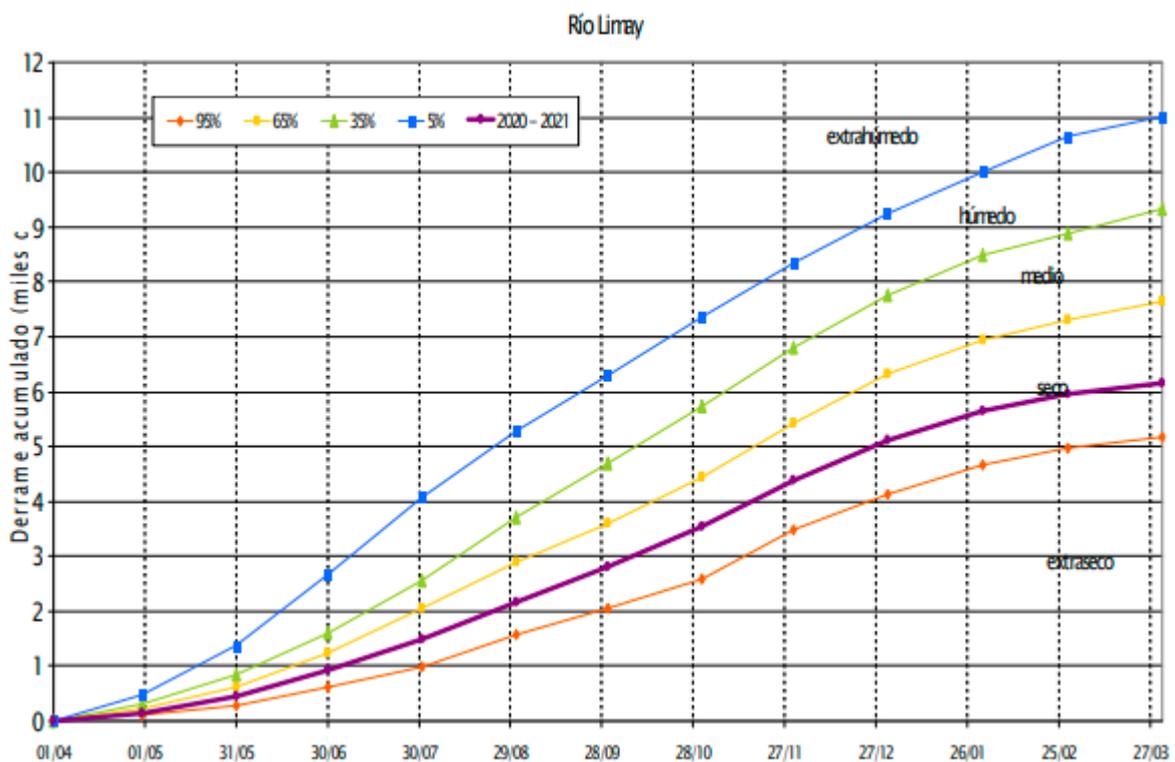


Fig. A.7. Clasificación hidrológica del derrame del río Limay, período Abril 2020-Marzo 2021. Fuente: AIC, 2021.



5. Metodología

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 (Easdale et al. 2019). 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, Nelson 2010), provocados por sequías o disturbios ambientales como la caída de cenizas volcánicas, o fases de mayor humedad por incremento de precipitaciones.

El objetivo de esta sección del trabajo fue analizar la dinámica del NDVI en Neuquén para el período 2000-2020, como elemento diagnóstico de la dinámica de la productividad de la vegetación en las últimas dos décadas. Dicho análisis incluye los siguientes indicadores: i) media móvil anual (promedio de ventanas de tiempo que aglomeran 23 imágenes satelitales), ii) media móvil diferencial de mediano plazo (diferencia entre la media móvil anual y la media móvil de los cuatro años previos), y iii) media móvil diferencial de largo plazo (diferencia entre la media móvil de cuatro años y la media móvil de los ocho años previos).

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 función de Tendencia Cíclica, denominado Ritmo de Cambio (Fig. 30). 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 actual respecto del promedio histórico de toda la serie analizada. Por ejemplo, una función que crece puede estar haciéndolo con sentido positivo y tasa positiva (lo cual implica que dicho crecimiento se mantendrá en el futuro, azul en el mapa si los valores están por encima del promedio), o puede estar haciéndolo con sentido positivo, pero tasa negativa (lo cual implica que dicho crecimiento se estaría compensando y estabilizando). Si el sentido es negativo y la tasa también es negativa (rojo o amarillo en el mapa, si los valores están por debajo o por encima del promedio, respectivamente), significa que una caída en los valores de NDVI dominaría la dinámica futura.

La información fue analizada para todo el territorio provincial y se presentan mapas con la Tendencia Cíclica y el Ritmo de Cambio. Por otro lado, se seleccionaron píxeles representativos de diferentes estaciones de muestreo realizadas a campo, y ubicados en mallines y en estepas donde se encuentran instalados monitores de MARAS. 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, versión 6) para el período temporal 2000-2020 (frecuencia de datos cada 16 días y píxel de resolución espacial de 6,25ha), para todo el territorio de la provincia de Neuquén. Se calculó el IVN (o NDVI, en inglés) 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 series de NDVI

Se definieron siete clases de Tendencia Cíclica, estadísticamente significativas, en función de la posición del punto final de la función matemática, respecto de los máximos y/o mínimos recientes de la serie filtrada (Fig. 28). Los umbrales de cambio de una clase a la otra (por ejemplo, de recuperación inicial a recuperación avanzada, o de recaída incipiente a recaída avanzada) fueron definidos por ¼ de la amplitud total entre el valor máximo y mínimo absolutos de toda la serie analizada.

La secuencia temporal de los ciclos de tendencia conforma 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. 29).

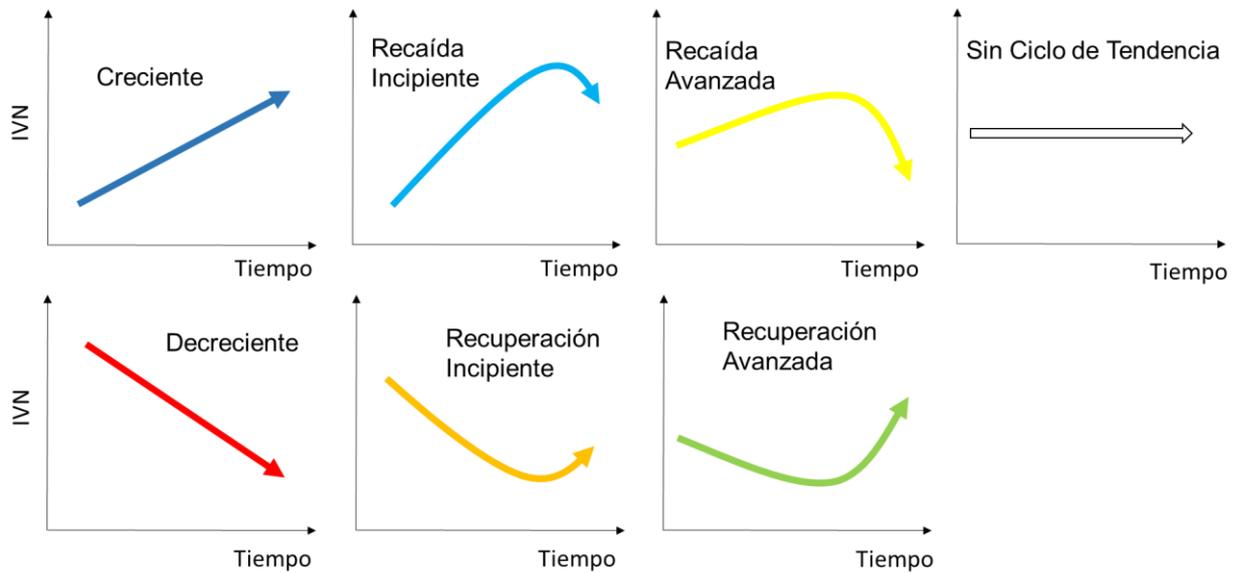


Fig. 28. Clases de Ciclo de Tendencia de NDVI. El color de la flecha identifica el color usado para cada clase en el mapa provincial (Easdale et al. 2019).

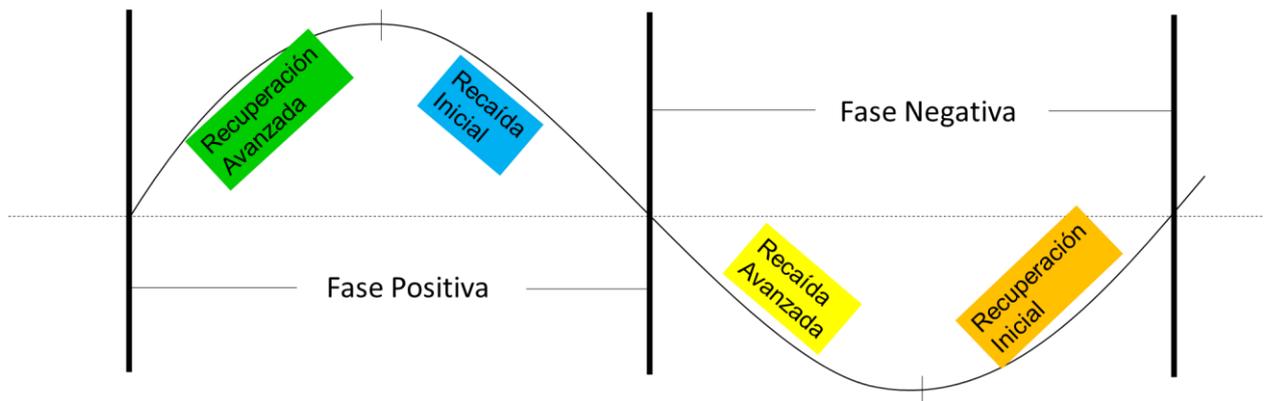


Fig. 29. Fases de Ciclo de Tendencia: Positiva, conformada por Recuperación Avanzada y Recaída Inicial; Negativa, conformada por Recaída avanzada y Recuperación inicial (Easdale et al. 2019).

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 (Bruzzzone y Easdale, 2021). La derivada primera refleja la dirección que toma la función (positiva, neutra o negativa), mientras que la derivada segunda refleja la velocidad del cambio (positiva, neutra o negativa). Combinando ambas fuentes de información, se construyeron cinco clases generales: 1. Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva), 2. Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa), 3. Sin cambios (sentido neutro y tasa de cambio neutro), 4. Declive lento (sentido negativo y con tasa positiva), 5. Declive acelerado (sentido negativo y con tasa negativa). Dichas clases fueron referenciadas con la posición respecto al promedio histórico de la serie analizada (Fig. 30).

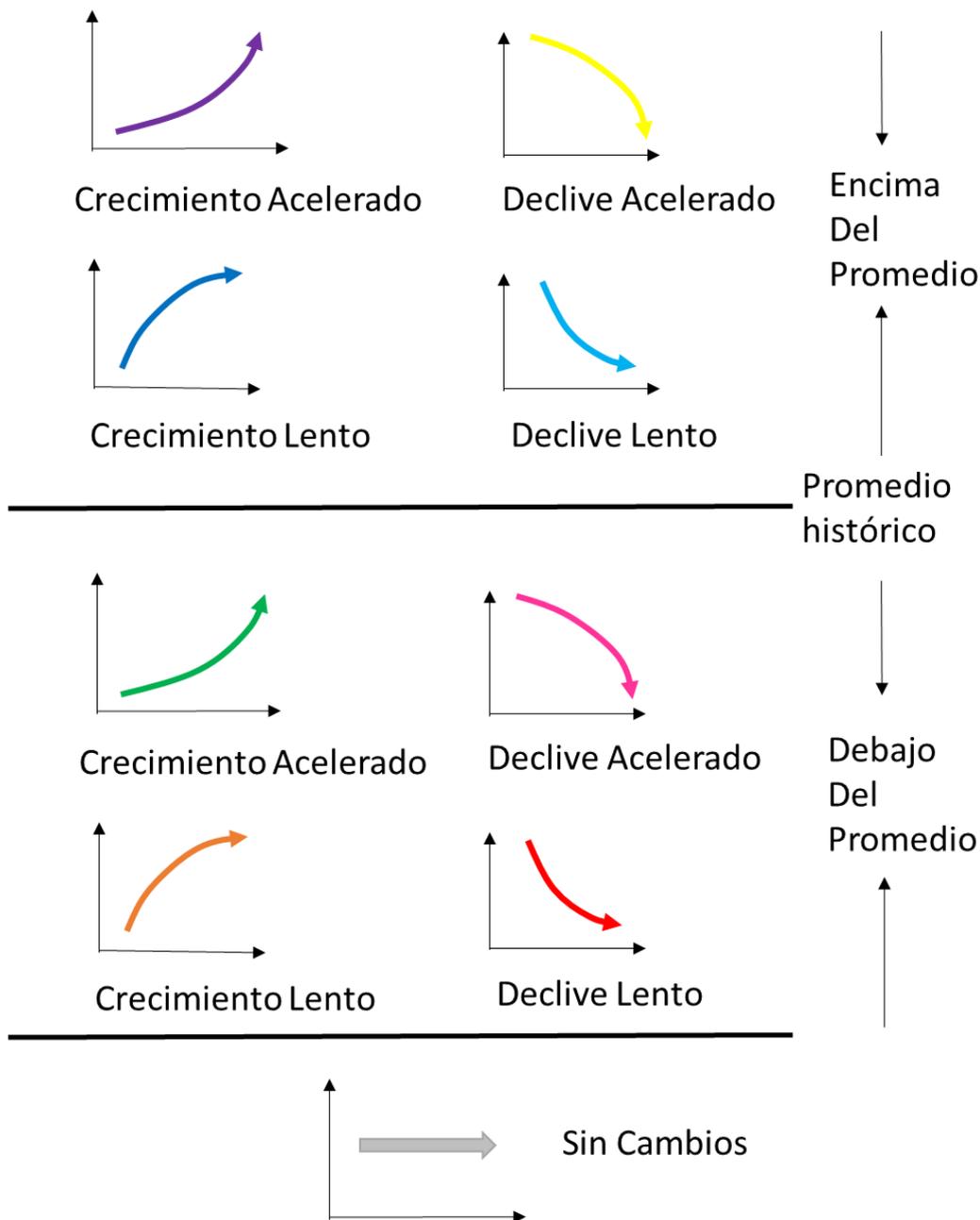


Fig. 30. Clases de Ritmo de Cambio de la Tendencia Cíclica. Referencias: 1. Valores por encima del promedio: Crecimiento acelerado (sentido positivo y con tasa positiva, violeta ■), Crecimiento lento (sentido positivo y con tasa negativa, azul ■), Declive lento (sentido negativo y con tasa positiva, 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 ■) (Bruzzzone y Easdale, 2021).



4. Bibliografía

- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC) de los ríos Limay, Neuquén y Negro. 2021. Informe Hidrometeorológico Marzo 2021, 36 pp.
- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC) de los ríos Limay, Neuquén y Negro. 2021. Informe de la situación hidrometeorológica – Año 2021/22, cuencas de los ríos Limay, Collón Curá y Neuquén, 4 pp.
- Bai ZG, Dent DL, Olsson L, Schaepman ME. 2008. Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management* 24(3): 223–234.
- Bran, D, Ayesa, J y López, C 2002. Áreas Ecológicas de Neuquén. Comunicación Técnica, Área de Recursos Naturales. INTA, EEA Bariloche, 8pp.
- Bruzzone O, Easdale MH. 2018. Gpu_pursuit, version 0.2, Zenodo. DOI: 10.5281/zenodo.1283338.
- Bruzzone, O., Easdale, M.H. 2021. 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.
- Chen SS, Donoho DL, Saunders MA. 2001. Atomic decomposition by basis pursuit. *SIAM review*, 43(1), 129-159.
- Easdale MH, Bruzzone O, Mapfumo P, Tittone 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, Tittone P, Bruzzone O. 2019. Trend-cycles of vegetation dynamics as a tool for land degradation assessment and monitoring. *Ecological Indicators* 107, 105545. DOI:1016/j.ecolind.2019.105545
- 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.