



C4P4. HIDROLOGÍA Y EROSIÓN HÍDRICA EN ZONAS ÁRIDAS EVALUADAS PARA UN PAISAJE DE PATAGONIA NORTE

Aramayo, Valeria¹; Cremona, Victoria¹ y Nosetto, Marcelo²

1 INTA EEA Bariloche, Modesta Victoria 4450, San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina; 2 CONICET GEA- IMASL; aramayo.valeria@inta.gob.ar

RESUMEN

El agua es una de las mayores fuerzas que definen atributos estructurales y funcionales de los paisajes. La erosión hídrica consiste en el desprendimiento, transporte y depósito de material generado por el movimiento del agua, y puede ser acelerada por actividades humanas. Estudios anteriores han concluido sobre la retroalimentación positiva entre la disminución de la cobertura vegetal y el aumento del escurrimiento superficial y arrastre de sedimentos a escala de sitio. El objetivo de este trabajo es estudiar los componentes del balance hídrico y el potencial erosivo de lluvias intensas a escala de paisaje, bajo distintas condiciones del pastizal (bueno vs. degradado) generadas por diferencias en el manejo ganadero histórico. Se observó que la lámina de agua en el suelo fue mayor para una ladera de pastizal degradado que para una con buena cobertura vegetal. Además pudo observarse una tendencia a que las partes más bajas del paisaje reciban más agua en las áreas degradadas que en las de buena cobertura. Se espera aportar al conocimiento de la hidrología y erosión hídrica en los pastizales de la Patagonia árida donde el agua, aun siendo un recurso escaso, puede ser un agente de degradación importante.

Palabras claves: Patagonia árida, escurrimiento, degradación.

INTRODUCCIÓN

El agua es una de las mayores fuerzas que definen atributos estructurales y funcionales de los paisajes. La erosión hídrica consiste en el desprendimiento, transporte y depósito de material generados por el movimiento del agua, y puede ser acelerada por actividades humanas (Cisneros *et al.*, 2012; Thurow, 1991). En la Patagonia extra-andina (Godagnone y Bran, 2009), la erosión hídrica es considerada como de menor importancia respecto a la eólica. Sin embargo, para la región occidental, existen evidencias empíricas que los procesos de erosión hídrica cobran importancia cuando aumentamos el detalle en la escala temporal de análisis. En los últimos años se han incrementado las tormentas de fin de verano-otoño originando importantes flujos erosivos (Becker *et al.*, 2012).

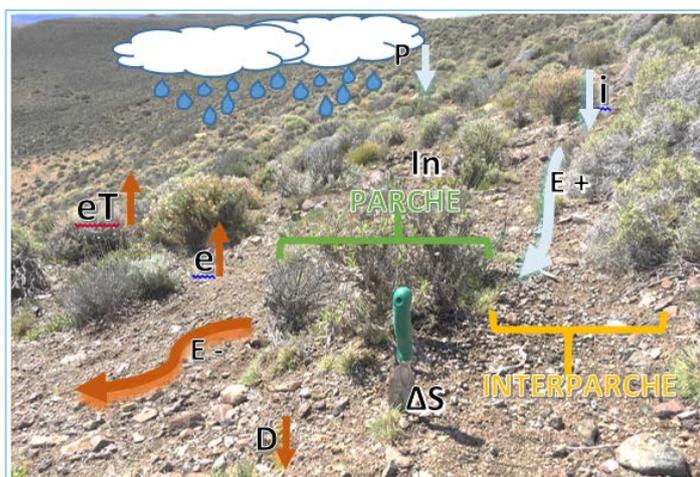
Los pastizales en la zona más alta de una cuenca, además de producir forraje con los recursos agua y suelo a nivel local, son fuente importante de recarga de agua en cauces superficiales y flujos subsuperficiales. La cantidad y calidad de agua derivada de pastizales bajo manejo ganadero, son determinantes del uso por parte de otros sectores agrícolas, industriales y urbanos ubicados aguas abajo (Thurow, 1991).

De acuerdo a varios autores, en Patagonia, la sobreutilización de los pastizales ha llevado, entre otras consecuencias, a la reducción de la cobertura vegetal y por lo tanto a una mayor exposición del suelo a los agentes climáticos (Bran *et al.*, 2015). Chartier y Rostagno (2006) simulando lluvias intensas en el este de la Patagonia, concluyen que hay una retroalimentación positiva entre la pérdida de productividad y la aceleración del proceso erosivo cuando hay sobrepastoreo. Este aumento, aunque comienza en forma local, deriva en erosión de suelo e incisión del paisaje con un incremento en el transporte de agua y nutrientes entre sitios. El efecto de estos flujos es el aumento de la heterogeneidad de la distribución espacial de humedad y nutrientes a una escala mayor, formando islas de fertilidad en contraste con la aridez regional (Rodríguez-Iturbe, 2000). Como consecuencia una mayor proporción de recursos son exportados fuera del paisaje, con lo cual se reduce la calidad del suelo y el sistema se vuelve más susceptible a la degradación (Gaitán *et al.*, 2009).

En zonas áridas como ésta, aunque el escurrimiento superficial es una proporción menor en el balance hídrico puede generar un importante flujo de redistribución espacial (Wilcox *et al.*, 2003) (Figura 1). Es relevante entender los procesos de redistribución de agua en los pastizales donde la producción ganadera depende de una asignación eficiente de las lluvias a la transpiración por plantas forrajeras, y en algunos casos, captura y almacenamiento de escorrentía para bebida de los animales (Magliano *et al.*, 2015(a); Magliano *et al.*, 2015(b)).

Con el objetivo de estudiar los componentes del balance hídrico, en especial el escurrimiento superficial, y el potencial erosivo de lluvias intensas en un paisaje de ladera, se propuso monitorear la partición de los componentes del balance hídrico relacionado al estado de la cobertura vegetal según el grado de deterioro por pastoreo. En la posición alta de la ladera, el balance hídrico se conforma por los componentes: Precipitación = Intercepción + Δ Agua en el suelo + EscurrimientoEGRESO + ET + Dren Prof. Se espera mayor lámina de escurrimiento desde la posición alta de una ladera con menor cobertura que desde una ladera de mayor cobertura. En la posición más baja, los ingresos están definidos no sólo por precipitación sino también por el escurrimiento que proviene de aguas arriba: Precipitación + EscurrimientoINGRESO = Intercepción + Δ Agua en el suelo + EscurrimientoEGRESO + ET + Dren. Prof. De acuerdo a lo anterior, el escurrimiento se puede estudiar en forma indirecta evaluando la cantidad de agua que ingresa y se almacena aguas abajo.

Se pondrá a prueba la hipótesis que la cobertura vegetal reduce el escurrimiento superficial en laderas semejantes. Así, en la ladera de pastizal degradado, con menor cobertura vegetal, se predice mayor diferencia entre el agua almacenada en el suelo en la posición baja respecto del agua almacenada en el suelo en la posición más alta que al comparar el contenido de agua en el suelo para las dos posiciones en otra ladera con cobertura de pastizal en buen estado.



almacenada en el suelo en la posición baja respecto del agua almacenada en el suelo en la posición más alta que al comparar el contenido de agua en el suelo para las dos posiciones en otra ladera con cobertura de pastizal en buen estado.

Figura 1: diagrama simplificado ilustrando eventos hidrológicos y ecológicos ocurriendo hacia abajo en la pendiente. Eventos de precipitación (P) pueden ser interceptados por la vegetación (In) o disipar escurrimiento (E-) desde pequeños o grandes interparches, los cuales pueden ser capturados como escurrimiento (E+) por parches de vegetación y acumulados en el suelo (ΔS) a tasas que dependen de la infiltración del suelo y conductividad hidráulica. El agua del suelo se pierde por drenaje profundo (D), evaporación de la superficie (e) y evapotranspiración (eT). Adaptado de Ludwig *et al.* 2005.

Con el objetivo de estudiar los componentes del balance hídrico, en especial el escurrimiento superficial, y el potencial erosivo de lluvias intensas en un paisaje de ladera, se propuso monitorear la partición de los componentes del balance hídrico relacionado al estado de la cobertura vegetal según el grado de deterioro por pastoreo. En la posición alta de la ladera, el balance hídrico se conforma por los componentes: Precipitación = Intercepción + Δ Agua en el suelo + EscurrimientoEGRESO + ET + Dren Prof. Se espera mayor lámina de escurrimiento desde la posición alta de una ladera con menor cobertura que desde una ladera de mayor cobertura. En la posición más baja, los ingresos están definidos no sólo por precipitación sino también por el escurrimiento que proviene de aguas arriba: Precipitación + EscurrimientoINGRESO = Intercepción + Δ Agua en el suelo + EscurrimientoEGRESO + ET + Dren. Prof. De acuerdo a lo anterior, el escurrimiento se puede estudiar en forma indirecta evaluando la cantidad de agua que ingresa y se almacena aguas abajo.

Se pondrá a prueba la hipótesis que la cobertura vegetal reduce el escurrimiento superficial en laderas semejantes. Así, en la ladera de pastizal degradado, con menor cobertura vegetal, se predice mayor diferencia entre el agua almacenada en el suelo en la posición baja respecto del agua almacenada en el suelo en la posición más alta que al comparar el contenido de agua en el suelo para las dos posiciones en otra ladera con cobertura de pastizal en buen estado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un establecimiento agropecuario cercano a la localidad de Comallo (Prov. Río Negro, 41.25 S, 70.33 O) dedicado a la ganadería extensiva principalmente ovina. La precipitación media anual es de 200-250mm y presenta una cobertura vegetal de estepa correspondiente al Distrito Occidental descrito por León *et al.* (1998)

Para analizar el movimiento de agua en el paisaje ante eventos de precipitación de distinta intensidad, los muestreos a campo se realizaron en lluvias que se esperaba fueran de gran intensidad. Ante la expectativa de eventos de magnitud superior a 10 mm, se muestreó la humedad antecedente del suelo y en horas posteriores al evento la lámina infiltrada. Los datos de precipitación se registraron en una estación meteorológica automática, para registrar la intensidad de la precipitación en ese paisaje y se verificaron en un pluviómetro de lectura directa.

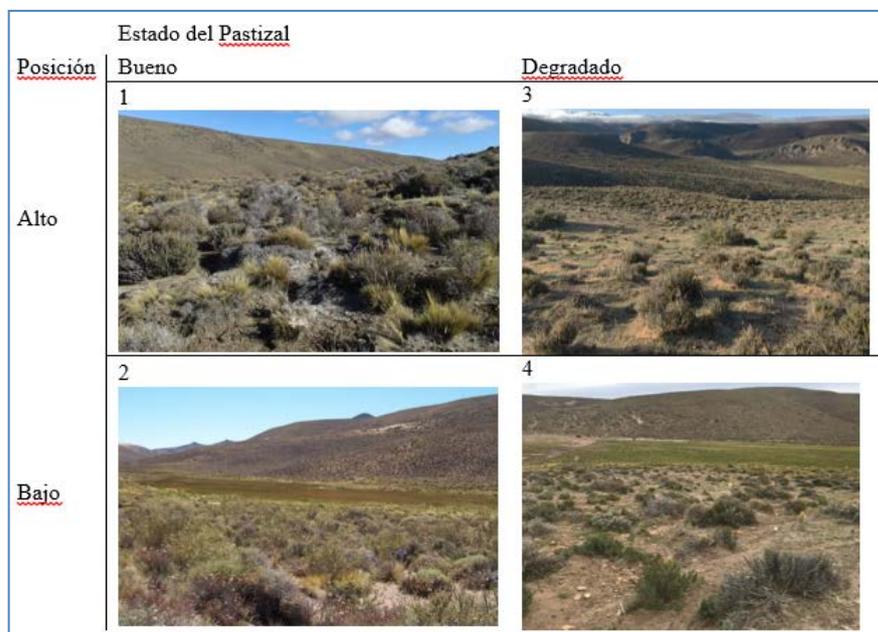
Sitios de muestreo

Se seleccionaron dos sitios de muestreo en una misma unidad geomorfológica: ladera con exposición suroeste y pendiente promedio 16%. El primer sitio es una estepa arbustivo-graminosa dentro de cuadros con al menos un período de pastoreo en cada ciclo productivo desde hace 3 años, en los que se observaron características de vegetación y suelo propias de un pastizal en buena condición, en adelante Pastizal Bueno. El segundo, en adelante Pastizal Degradado, es una estepa arbustiva con baja cobertura de gramíneas, que ha sido parte de un potrero cercano al casco, con sobreuso histórico (Tabla 1: Características de sitios de muestreo, Ilustraciones 1,2,3 y 4).

Tabla 1: Características de sitios de muestreo:

LADERA	Pastizal BUENO	Pastizal DEGRADADO
CLASE DE COBERTURA		
SUELO DESNUDO	16%	23%
MANTILLO	10%	34%
TOTAL VEGETACIÓN	75%	42%
PASTOS	24%	6%
ARBUSTOS	51%	36%

Ilustración 1: Pastizal bueno, ladera alta en “Cuadro 1”. **Ilustración 2:** Pastizal bueno, ladera baja en “Cuadro 1”. **Ilustración 3:** Pastizal degradado, ladera alta en “Potrero grande”. **Ilustración 4:** Pastizal degradado, ladera baja en “Potrero grande”. Comallo, 2017.



Muestreo de humedad de suelo

En cada uno de los sitios, de pastizal Bueno y Degradado, se identificaron las divisorias de agua en el paisaje de ladera y dentro de los límites de esas cuencas se ubicaron al azar transectas fijas: 4 en una posición alta de la ladera (sector “Alto”) y 4 aguas abajo de las primeras, en la ladera baja (sector “Bajo”), en total 16 transectas. En ellas se tomaron muestras de los primeros 10 cm de suelo, de volumen similar, en el interparche. Cuando fue posible, se registró la profundidad del frente de mojado y se verificó que fue menor a 10cm. La recolección se hizo en abril, septiembre, octubre y noviembre de 2017, previo a los eventos de precipitación e inmediatamente después de los mismos. En estos meses, en los que el contenido de humedad en el suelo es bajo, se esperaba discriminar con mayor precisión la partición del agua de cada lluvia en los diferentes componentes del balance.

Para cada muestra se determinó el contenido de humedad por el método gravimétrico y luego se obtuvo el valor de lámina de agua en suelo considerando su densidad aparente (Dap). Las muestras de Dap se recolectaron con el método del cilindro y se secaron en estufa a 105°C por 48 hs. El valor de Dap se calculó como el cociente entre el peso seco de la muestra y el volumen del cilindro.

Para el análisis se calculó el valor de ΔS (variación de agua almacenada en suelo) de la forma: lámina de agua en suelo posterior al evento – lámina de agua antecedente.

Análisis estadístico

Los efectos de la posición en el paisaje (Alto / Bajo) y del estado de degradación del pastizal (Bueno /Degradado) sobre la lámina de agua post-lluvias y el ΔS , se analizaron en un modelo factorial de estructura cruzada 2*2. Las pruebas estadísticas se realizaron con nivel de significación del 5%, en InfoStat (Di Rienzo, et. al. 2015).

RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

Se registraron 4 eventos de lluvia, fuera de la estación de húmeda (abril-agosto), mayores a 9 mm e intensidad <3 mm/h. Dos de ellos, de láminas de 17 mm y 11 mm, ocurrieron luego de períodos secos. Las lluvias de 9,5 mm y 11,3 mm sucedieron luego de precipitaciones menores los días previos (Gráfico 1).

Según los datos recopilados luego de estas lluvias, se observó que el promedio de lámina de agua en el suelo de la ladera degradada, tanto en la parte baja como alta, fue mayor que en el pastizal con buena cobertura ($p \leq 0.0522$).

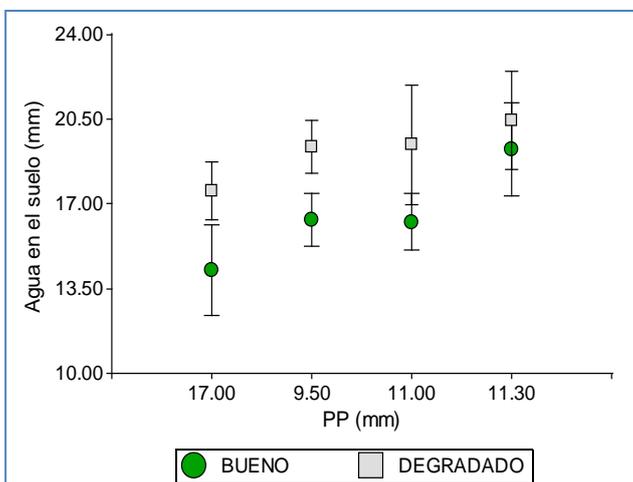


Gráfico 1: lámina de agua promedio de bajo y alto en los primeros 10cm de suelo luego de 4 eventos de lluvia en otoño y primavera de 2017 para los pastizales observados: bueno y degradado.

Esta relación del agua en suelo con el estado de degradación, podría explicarse por mayor intercepción de la vegetación de estas lluvias de baja intensidad en el pastizal en buen estado, aun cuando las mediciones se realizaron en interparches (Gráfico 1).

Como resultado de la comparación de los ΔS promedio entre estados de cobertura y posiciones en la ladera, en estos 4 eventos poco intensos, no se observaron diferencias estadísticamente significativas. A pesar de ello, se vio una tendencia de mayores promedios de ΔS en el sector Bajo del pastizal Degradado para valores bajos de humedad antecedente, de acuerdo a lo esperado (Gráfico 2).

En el paisaje degradado los suelos mostraron mayor lámina de agua, lo que hace suponer que colmatarían más rápidamente su capacidad de retención en precipitaciones más rápidas o durante las lluvias invernales. De esta manera, se puede esperar que la época de lluvias genere más agua en superficie capaz de producir escurrimiento y transporte de material en la ladera de menor cobertura vegetal.

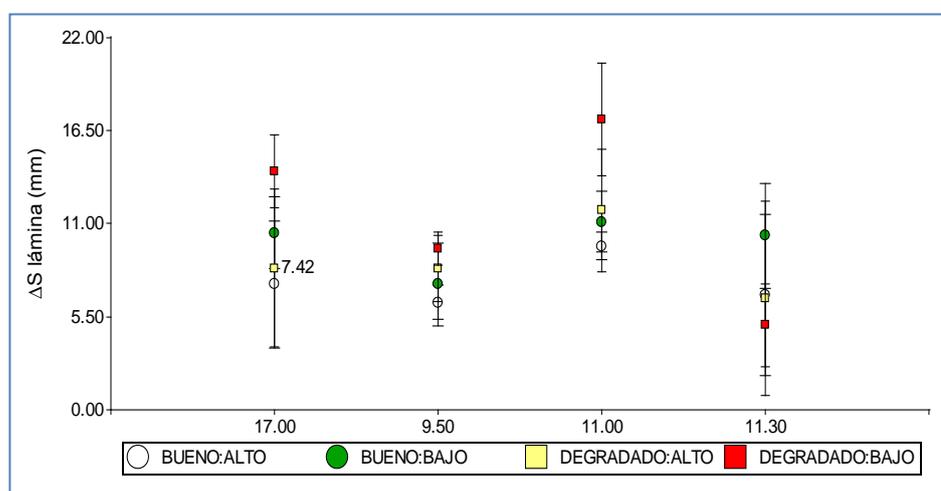


Gráfico 2: promedio de la variación de almacenamiento de agua en el suelo (lámina post-evento – lámina antecedente) luego de 4 eventos de lluvia en otoño y primavera de 2017 para los sitios observados: estado bueno y estado degradado, en combinación con la posición en el paisaje: alto y bajo

En la mayoría de los eventos estudiados no se observaron evidencias marcadas de escurrimiento superficial. Sin embargo, incluso en algunos eventos de baja intensidad y magnitud, pudo observarse una tendencia a que las partes más bajas del paisaje reciban más agua en las áreas degradadas que en las de buena cobertura. Esto sugiere que existen escurrimientos desde las partes más altas y que son de mayor magnitud en las áreas con menos cobertura. Según Wilcox *et al.* (2003), al aumentar la escala espacial de

análisis se perdería participación del escurrimiento en el balance hídrico total. Sin embargo, atendiendo a las tendencias observadas, podríamos aspirar a lograr una estimación de los flujos superficiales para los eventos más intensos y comparar el rendimiento hídrico de distintos estados de degradación del pastizal.

Así, parece posible cuantificar movimientos de agua superficiales a escala de paisaje y también estimar su potencial erosivo. Este trabajo aporta un indicio de los factores que disparan el transporte de agua y materiales en los pastizales, que hasta el momento no habían sido abordados a esta escala en la región. Profundizar los estudios aquí



presentados es de gran interés para la evaluación de prácticas de manejo extensivo de pastizales naturales, en vistas de escenarios futuros con aumento en la intensidad de las precipitaciones. Sobre todo en la Patagonia árida donde el agua, aun siendo un recurso escaso, puede ser un agente de degradación importante.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Establecimiento Cerro Blanco del Comallo por abrirnos las puertas para el desarrollo de este trabajo. El estudio se financia gracias a la beca de formación INTA Res1132/016.

BIBLIOGRAFÍA

- Becker, G., D. Bran, M. Cremona, & C. Acevedo, 2012. Impacto de las lluvias torrenciales en Comallo. *Revista Presencia*. INTA Bariloche 59: 47-49
- Bran, D., R. Lopez, J. Ayesa, J. Gaitán, F. Umaña, & S. Quiroga. 2015. Erosión y Degradación de suelos en la provincia de Río Negro. En R. R. Casas y G.F. Albarracín (ed) *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina*. FECIC, Buenos Aires. 608 p.
- Chartier, M. P., & C. M. Rostagno. 2006. Soil erosion thresholds and alternative states in northeastern Patagonian rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 59(6): 616-624.
- Cisneros, J., C. Cholaky, G.A. Cantero, J. González, M. Reynero, A. Diez & L. Bergesio. 2012. Erosión hídrica: principios y técnicas de manejo. E-book. UNRC.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo. 2015. *InfoStat*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Gaitán, J. J., C. R. López, C.R., & D. Bran. 2009. Grazing effects on soil and vegetation in the Patagonian Steppe. *Ciencia del suelo*, 27(2): 261-270.
- Godagnone, R. E. & D. Bran. 2009. *Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de Río Negro: geología, hidrogeología, geomorfología, suelos, clima, vegetación y fauna*. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 392 p.
- León, R., D. Bran, M. Collantes, J. Paruelo, & A. Soriano. 1998. *Grandes Unidades de Vegetación de la Patagonia*. *Ecología Austral* 8(2): 125-144.
- Ludwig, J. A., B. P. Wilcox, D. D. Breshears, D.J. Tongway, & A. C. Imeson. 2005. Vegetation patches and runoff-erosion as interacting ecohydrological processes in semiarid landscapes. *Ecology*, 86(2): 288-297.
- Magliano, P.N., D. D. Breshears, R. J. Fernández, y E. G. Jobbágy. 2015(a). Rainfall intensity switches ecohydrological runoff/runon redistribution patterns in dryland vegetation patches. *Ecological Applications* 25: 2094-2100.
- Magliano, P.N., F. Murray, G. Baldi, S. Aurand, R. A. Páez, W. Harder & E. G. Jobbágy. 2015(b). Rainwater harvesting in Dry Chaco: Regional distribution and local water balance. *Journal of Arid Environments* 123, 93-102.
- Rodríguez-Iturbe, I. 2000. Ecohydrology: a hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics. *Water Resources Research* 36: 3-9.
- Thurow, T. L. 1991. Hydrology and erosion. En: R. K. Heitschmidt y J. W. Stuth (ed.) *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Timber Press, Portland, Oregon. 264p.
- Wilcox, B. P., D.D. Breshears, M.S. Seyfried, & S. W. Trimble. 2003. Rangelands, water balance on. *Encyclopedia of water science*, 791-794.