



Trabajo final de carrera para acceder al grado de
Licenciado en Ciencias del Ambiente

**EFFECTS ON SOIL QUALITY BY INTENSIVE
HORTICULTURE IN THE NORPATAGONIA**

Alumno: Calfuquir Matias Ezequiel
Correo: matiascalfuquir@gmail.com

Director: Lic. Luna Martin Alejandro
Correo: mluna@unrn.edu.ar

Co- Directora: Mg. Aschkar Marisa Gabriela
Correo: gabrielaaschkar@gmail.com

Sede Atlántica - Universidad Nacional de Río Negro
Año 2025

RESUMEN

El presente trabajo evaluó los efectos del uso hortícola intensivo sobre la calidad del suelo (CS) y analizó los beneficios ambientales y productivos asociados a la preservación de cortinas forestales en el Valle Inferior del Río Negro, Argentina. Para ello se compararon indicadores físicos, químicos y biológicos de suelos bajo uso hortícola intensivo (UH) y sin intervención (SI), mediante un diseño apareado en tres lotes contiguos. Se determinó en muestras de suelo extraídas de 0 a 10 y 0 a 20 cm de profundidad: textura, temperatura (Ts), humedad gravimétrica (HG), estabilidad estructural (EA), respiración edáfica (Rs), materia orgánica (MO), carbono orgánico lábil y humificado (COL y COH), nitrógeno total (N), fósforo disponible (P), conductividad eléctrica (CE) y pH. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre ambos ambientes, confirmando los efectos del manejo hortícola sobre la CS. En los suelos bajo UH se encontraron menores valores de: Ts, HG, MO, COL, COH, N y Rs, mayor pH y una EA regular al compararlos con los suelos SI, que además presentaron una muy buena EA, reflejando una condición edáfica más estable asociada a la cobertura vegetal permanente. Por el contrario, la CE y el P no presentaron diferencias significativas. El análisis de componentes principales (ACP) explicó el 84,1 % de la variabilidad total y permitió identificar un conjunto de indicadores sensibles (HG, MO, N, COL, COH, pH y Rs) capaces de discriminar con claridad los efectos del UH y útiles para el monitoreo de la CS en la región. Respecto a la situación de las cortinas forestales, componente clave para el equilibrio ambiental y productivo, el estudio mediante imágenes satelitales (2003–2023) y el relevamiento de campo (2025) permitieron encontrar que se redujo un 10,3 % la longitud total de cortinas, con una pérdida estimada de 10.558 individuos y una reducción de 0,16 m³ de volumen arbóreo. La presencia de las cortinas forestales se asoció a mejores condiciones microambientales y edáficas en los suelos SI, reforzando su importancia como componente estratégico del paisaje productivo. En conjunto, los resultados confirman que el UH genera deterioro físico, químico y biológico del suelo, mientras que la preservación de cortinas forestales contribuye a mejorar la CS y a sostener

servicios ecosistémicos esenciales. Estos hallazgos destacan la necesidad de promover prácticas de manejo conservacionista que garanticen la sostenibilidad del sistema hortícola regional.

Palabras clave: calidad de suelo; degradación; producción.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer profundamente a mi familia, y de manera muy especial a mi hermana Rocío, por acompañarme y apoyarme desde que comencé a estudiar.

A mi director de tesis, Martín Luna, por motivarme constantemente a seguir aprendiendo e integrarme en proyectos y nuevas ideas, que me ayudaron a crecer tanto en lo personal como en lo académico.

A mis compañeros y compañeras de la carrera, por los buenos momentos compartidos y el apoyo mutuo. A Joaquín Alegre Parisi, por su ayuda en la toma de muestras y fotografías. A mis amistades, compañeros de trabajo, Laboratorio de Suelos del CURZA, por brindarme su espacio y los elementos, trabajadores del IDEVI, por la información y predisposición, productores que amablemente permitieron el acceso a sus campos para tomar las muestras y por último, todos los profesores de la Licenciatura en Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional de Río Negro, por sus enseñanzas, vocación y dedicación.

A todas esas personas, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por haberme acompañado, ayudado, enseñado y apoyado a lo largo de este camino.

Finalmente, agradecer a la Universidad Nacional de Río Negro por abrirle las puertas a mí y a muchos estudiantes más con ganas de aprender, formarse y superarse.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	5
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Área de estudio	9
Trabajo en campo	10
Análisis físicos, químicos y biológicos en suelo	10
Estudios sobre las cortinas forestales	12
Análisis de datos	12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
Caracterización del sistema productivo hortícola del Valle Inferior del Río Negro	12
Evaluación de la calidad edáfica con el uso de indicadores en suelos con y sin uso hortícola intensivo	15
Consecuencias ambientales y productivas del uso hortícola y el manejo de las cortinas forestales	21
BIBLIOGRAFÍA	26

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Propiedades, indicadores y metodologías de determinación.

Tabla 2. Superficie de cultivos hortícolas. Periodo: 2022/23 y 2023/24.

Tabla 3. Valores medios y desvío estándar (DE) de indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo.

Tabla 4. Correlación entre indicadores edáficos y componentes del Biplot.

Tabla 5. Atributos estructurales de cortinas forestales en pie y taladas.

Tabla 6. Cambios en las cortinas forestales. Años 2003 y 2023.

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Figura 2. Mosaico de suelos en el área de estudio.

Figura 3. Biplot. Indicadores edáficos.

Figura 4. A) Cortina forestal en Pie y B) Talada.

Figura 5. Cortinas forestales: A) 2003 y B) 2) 2023. Líneas rojas indican la presencia de la cortina forestal.

Figura 6. Loros barranqueros en cortinas de álamos.

Figura 7. a) Hongos, b) vegetación natural.

INTRODUCCIÓN

El suelo constituye uno de los recursos naturales más determinantes para el sostenimiento de la vida en el planeta, ya que influye de manera considerable sobre el medio en el que se encuentra e impacta directamente en las actividades sociales, económicas y culturales de los grupos humanos que se asientan en un territorio (Burbano, 2016). Su rol va mucho más allá de ser un simple soporte físico para la agricultura, ya que de su salud depende la provisión de bienes y servicios ecosistémicos fundamentales, entre los que se incluyen la regulación hídrica, el ciclo de nutrientes y la provisión de alimentos. En este sentido, Gomiero (2016) afirma que la salud del suelo, junto con el agua, es uno de los recursos más valiosos para la humanidad, debido a que la vida humana depende de la adecuada prestación de estas funciones ecosistémicas. Burbano (2016) sostiene que cerca del 95 % de los alimentos que consume la sociedad, de manera directa o indirecta, provienen del suelo. Por esta razón, se lo reconoce como un recurso estratégico, esencial para garantizar la seguridad alimentaria global y, al mismo tiempo, para contribuir al equilibrio ambiental y a la sostenibilidad de los sistemas productivos. La calidad del suelo (CS) resulta entonces un factor clave, no solo para sostener la productividad biológica, sino también para mantener la calidad del aire, del agua y, en consecuencia, promover la salud integral de las plantas, los animales y los seres humanos. Sin embargo, es importante señalar que el suelo es un recurso natural finito y no renovable en el corto plazo. Esta característica lo hace particularmente vulnerable y su degradación se convierte en una amenaza creciente para la seguridad alimentaria y para la estabilidad ambiental en general (Gomiero, 2016). La degradación se manifiesta en el deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cual conduce a fenómenos de compactación, salinización, acidificación, agotamiento de nutrientes y pérdida de suelo por procesos erosivos hídricos y eólicos (Young et al., 2015). Según la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD, 2015), más de la mitad de los suelos fértiles destinados a la producción de alimentos en el mundo presentan algún grado de degradación, y una gran proporción de ellos se

encuentra gravemente deteriorada como consecuencia del uso intensivo antrópico. Esto convierte a la degradación del suelo en un problema global de gran magnitud, que no sólo afecta la disponibilidad y calidad de los alimentos, sino que también incide en cuestiones como el cambio climático, la gestión del riesgo de inundaciones, la resiliencia frente a sequías, la calidad del agua potable, la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas para sostener recursos genéticos en el futuro (Young et al., 2015). Para abordar este desafío, resulta relevante llevar adelante un monitoreo constante de la CS, lo que implica evaluar su capacidad para mantener las funciones que le son propias. Dicho monitoreo se realiza a través de indicadores específicos, entendidos como propiedades medibles que permiten determinar el estado de salud del suelo y su respuesta ante distintas formas de uso y manejo (Wilson, 2017). De acuerdo con la definición clásica de Doran y Parkin (1994), la CS puede identificarse como la capacidad de este recurso para desempeñarse dentro de los límites de un ecosistema, sostener la productividad biológica, conservar o mejorar la calidad del aire y del agua, y mantener la salud humana y del hábitat. Navarrete et al. (2011) enfatizan la importancia de seleccionar indicadores que respondan de manera rápida a los cambios, que permitan diferenciar sistemas de manejo y que sean sensibles tanto a situaciones de estrés como a procesos de restauración ambiental. En este sentido, Cherkashina et al. (2021) sostienen que los parámetros/indicadores analizados deben seleccionarse de acuerdo con el coeficiente de correlación que caracteriza la relación de los indicadores del suelo con el rendimiento del cultivo en cada zona, para aumentar la fiabilidad de los resultados de la evaluación. Entre los indicadores más empleados para evaluar la CS se incluyen la estabilidad de agregados, la materia orgánica total y activa, las formas de nitrógeno y fósforo, el pH, la conductividad eléctrica, la relación de adsorción de sodio, la respiración edáfica y la actividad microbiana (Adam & Duncan, 2001; Duval et al., 2016; Quiroga et al., 2016; Aschkar, 2022).

En la República Argentina los suelos utilizados para la producción hortícola suelen presentar altos niveles de degradación (PNHFA, 2018). Esto resulta por el manejo intensivo que caracteriza a esta actividad, donde se producen varios cultivos en un

mismo año y se realizan constantes laboreos con remoción continua de los suelos, lo cual acelera la pérdida de nutrientes y deteriora la estructura del recurso (Delaye Milesi et al., 2020). En la región de la Norpatagonia, la horticultura bajo manejo convencional ocupa alrededor de 7500 ha, de las cuales 1500 ha se concentran en el Valle Inferior del Río Negro. El 67 % de esa superficie total es destinada al cultivo de cebolla (*Allium cepa*), seguida por zapallo (*Cucurbita máxima*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), con diferentes destinos como la industria, el mercado nacional y la exportación (Seba et al., 2019). Estos cultivos, debido a su elevada demanda de nutrientes, suelen conducir a una fuerte dependencia de fertilizantes químicos, sin que siempre se adopten prácticas complementarias de manejo sostenible como la rotación de cultivos, la aplicación de enmiendas orgánicas o la incorporación de abonos verdes. A ello se suma la alteración de elementos clave del paisaje agrícola, como las cortinas forestales de álamos (*Populus alba*), que fueron implantadas históricamente para reducir los efectos de los fuertes vientos característicos de la región, mitigar la erosión, proteger a los cultivos de las heladas y mejorar la eficiencia del uso del agua de riego (Rey et al., 1981). En los últimos años, una práctica común que se ha detectado en la región ha sido la eliminación de cortinas forestales para ampliar la superficie cultivable, lo que podría implicar la pérdida de beneficios ecosistémicos fundamentales, no sólo para la producción agrícola, sino también para el equilibrio ambiental y social.

En este contexto, la degradación del suelo constituye un desafío urgente que requiere la implementación de estrategias de manejo sostenible, monitoreo constante y políticas públicas que promuevan la conservación. El presente estudio focaliza sus resultados sobre el impacto que produce el uso hortícola intensivo en la CS mediante la evaluación de indicadores de funcionamiento físicos, químicos y biológicos del recurso, y además las consecuencias ambientales y productivas que conllevan la preservación de las cortinas forestales.

OBJETIVOS

Objetivo General: Evaluar el impacto del uso hortícola intensivo sobre la calidad física, química y biológica del suelo, y la influencia de la preservación de cortinas forestales en la sostenibilidad edáfica del Valle Inferior del Río Negro.

Objetivos Específicos

- Caracterizar el sistema productivo hortícola del Valle Inferior del Río Negro en función de sus prácticas de manejo y estructura.
- Comparar indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo entre áreas con uso hortícola intensivo y áreas sin intervención.
- Identificar los indicadores más sensibles para el monitoreo de la Cs en sistemas hortícolas de la región.
- Analizar la relación entre la presencia de cortinas forestales y las condiciones edáficas y microambientales.
- Proponer lineamientos de manejo conservacionista orientados a la sostenibilidad del sistema hortícola regional.

HIPÓTESIS DE TRABAJO:

En el Valle Inferior del Río Negro, el uso hortícola intensivo sin prácticas de conservación disminuye la calidad del suelo al reducir la humedad gravimétrica, la materia orgánica, el carbono orgánico y el nitrógeno total, e incrementar la alcalinidad; mientras que la presencia de cortinas forestales favorece condiciones edáficas más estables y una mayor actividad biológica del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en una parcela del valle irrigado inferior del Río Negro, Argentina (Figura 1). El clima del área según Thornthwaite (1948) se clasifica como semiárido mesotermal, con nulo exceso de agua y baja concentración térmica estival;

registra una temperatura media anual de 14 °C y 13 °C de amplitud térmica, un periodo libre de heladas de 191 días y 400 mm de precipitación media anual (Martín, 2009). La evapotranspiración anual es de 1047,5 mm (Thornthwaite, 1948), y el déficit hídrico estimado de 650 mm anuales, siendo las precipitaciones insuficientes para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos, especialmente en verano (Martín, 2009). Los suelos presentan alta heterogeneidad horizontal y vertical que complejizan el manejo de los lotes en producción. Las características edáficas se deben al origen aluvional de los suelos, donde son comunes en cortas distancias, las variaciones de los depósitos provenientes del proceso fluvial del río, que conforman los suelos destinados al uso agrícola (Martínez et al., 2012). Sumado a esto, los suelos se han formado bajo condiciones de aridez, por lo que en general, suelen presentar escasa fertilidad física y química, con horizontes superficiales claros y pobres en MO. En cuanto a la vegetación nativa, el área pertenece a la provincia fitogeográfica del monte, subregión Monte Pampeano del Nordeste de la Patagonia, caracterizado por el predominio de estepas arbustivas altas y medias dominada por la jarilla (*Larrea divaricata*).

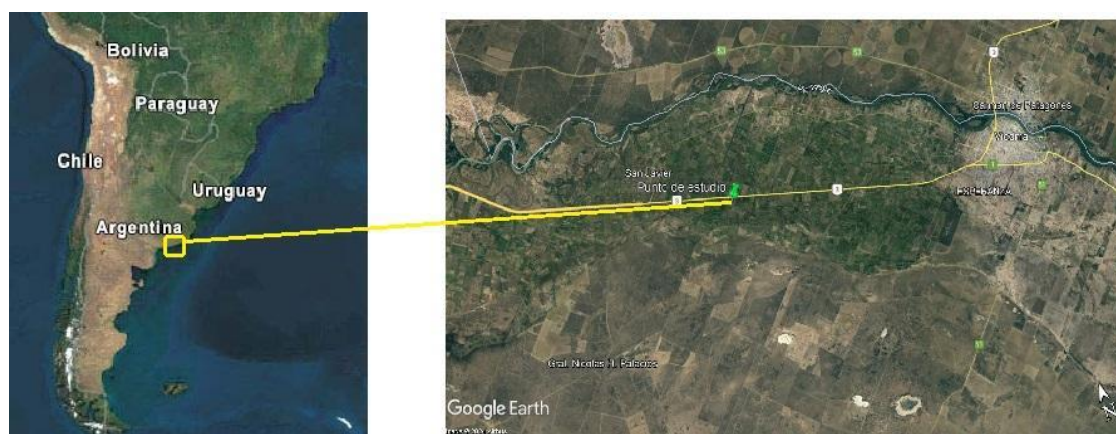


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Relevamiento de Información del Sistema Productivo Hortícola regional

Para el desarrollo de esta sección se realizó una visita al Instituto de Desarrollo del Valle Inferior (IDEVI), donde se obtuvo información a partir de entrevistas con técnicos del organismo (Com. personal Ing. Agr. Adrián Henry y Lic. Emanuel Vela). Posteriormente, se enriqueció con bibliografía de estudios realizados por profesionales que abordaron la situación productiva del área de estudio.

Trabajo en campo

En la parcela donde se realizó el estudio, en tres unidades experimentales, se establecieron dos ambientes: áreas con uso hortícola intensivo (UH) y relictos sin intervención (SI). En el UH el suelo es sometido todos los años a un manejo convencional de volteo y roturación para la siembra de cebolla (*Allium cepa*) o zapallo (*Cucurbita maxima*), mientras que el SI es una superficie de suelo adyacente sin laboreos ni uso productivo, con presencia de una cortina forestal de álamos (*Populus alba*) y un estrato herbáceo de festuca (*Festuca arundinacea*), agropiro (*Thinopyrum ponticum*), entre otras, que crecen de forma espontánea.

En las UH y SI se registró en campo la temperatura del suelo (Ts) con un termómetro digital (SM, TP-101) de 0 a 10 cm, y se tomaron muestras compuestas de suelo a 0-10 y 0-20 cm de profundidad, a partir de 15 submuestras recolectadas con barreno, para su posterior acondicionamiento y análisis en laboratorio. El muestreo a campo se realizó durante el mes de septiembre del 2024 (fines de invierno - inicio de la primavera).

Análisis físicos, químicos y biológicos en suelo

En la tabla 1 se presentan las propiedades, los indicadores y las metodologías de determinación considerados en el presente estudio para evaluar la variación en la CS.

Tabla 1. Propiedades, indicadores y metodologías de determinación.

Propiedad	Indicador	Metodología
Físicas	Textura (0-20 cm)	Hidrómetro de Bouyoucos (Bouyoucos, 1962)
	Estabilidad estructural (EA; 0-20 cm)	Mezcla de agua y alcohol (De Leenheer & De Boodt, 1958)
	Temperatura (Ts; 0-10 cm)	Termómetro digital
	Humedad gravimétrica (HG; 0-10 cm)	Por diferencia de peso entre la muestra colectada a campo y luego de ser secada a 105 ° C en estufa por 48 hs.
Químicos	Materia orgánica total (MO; 0-20 cm)	Calcinación (Martínez et al., 2017)
	Formas oxidables de carbono orgánico: Carbono orgánico lábil (COL) y humificado (COH). (0-20 cm)	Método modificado de Combustión húmeda (Chan et al., 2001)
	Conductividad eléctrica (CE; 0-20 cm)	Extracto de pasta saturada de suelo (Inalbon y Valenzuela, 2005)
	Reacción del suelo (pH; 0-20 cm)	Potenciometría en suspensión de relación 1:2,5 (suelo: agua) (Inalbon y Valenzuela, 2005)
	Nitrógeno total. (N; 0-20 cm)	Semi-microKjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982)
	Fósforo disponible (P; 0-20 cm)	Fósforo disponible (Olsen, 1954)
Biológicos	Respiración microbiana. (Rs; 0-10 cm)	Trampa con álcali (Paoloni Gómez, 2017)

Estudios sobre las cortinas forestales

En gabinete, mediante el análisis de imágenes satelitales con el programa Google Earth, se seleccionó una superficie que incluyó seis parcelas próximas a la del área de estudio. Se realizaron observaciones correspondientes al año 2003 y 2023, sobre las que se determinó para cada año, la presencia y longitud de las cortinas forestales.

Para caracterizar la estructura forestal de las cortinas, en el 2025, se complementó el estudio de gabinete con un trabajo de campo donde por accesibilidad en dos parcelas, se recorrieron ocho cortinas forestales y se registró: cantidad de ejemplares cada 100 metros lineales, diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura total de individuos (h) (Bava et al., 2017).

Con los datos de DAP y h, y utilizando la ecuación citada en Pece et al. (2002), se determinó el volumen total de biomasa (Vt):

$$Vt (m3) = 0,0000521044 \times Dap^{2,57624} \times h^{0,146171}$$

Análisis de datos

Los datos de los indicadores edáficos fueron sometidos al test “t - Student” ($\alpha = 0,05$) para detectar diferencias entre el área con UH y SI, y a un análisis de componentes principales (ACP) para identificar los indicadores que más explicaron la variación entre ambientes. Los datos sobre los cambios en las cortinas forestales se presentan mediante tablas descriptivas que comparan las existencias entre la temporalidad en estudio (2003 y 2023) y la existencia en el 2025. El procesamiento y análisis de datos se realizó con el uso del software estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del sistema productivo hortícola del Valle Inferior del Río Negro

La morfología actual del valle se explica principalmente por la acción erosiva del río, a la cual se habrían sumado procesos glaciarios antiguos. Se estima que dichas dinámicas generaron excavaciones de entre 10 y 12 m de profundidad, movilizand

grandes volúmenes de agua (hasta 10 000 m³ en crecidas históricas) que transportaron materiales hacia el mar. Estas crecidas depositaron sedimentos de distinta granulometría (arcillas, arenas y gravas), conformando un mosaico heterogéneo de suelos (Figura 2). Actualmente, el valle presenta suelos de origen aluvial (transportados por el río), coluvial (provenientes de la meseta), eólico y de barda o “cuchillas”, que constituyen formaciones antiguas propias de las zonas de chacras. Esta información es consistente con lo reportado por Rey et al (1981) y Fabregat (2010). Esta diversidad edáfica determina la distribución de los usos productivos y la aptitud de los suelos para distintos cultivos (Martínez et al., 2010; Wilson et al., 2017)

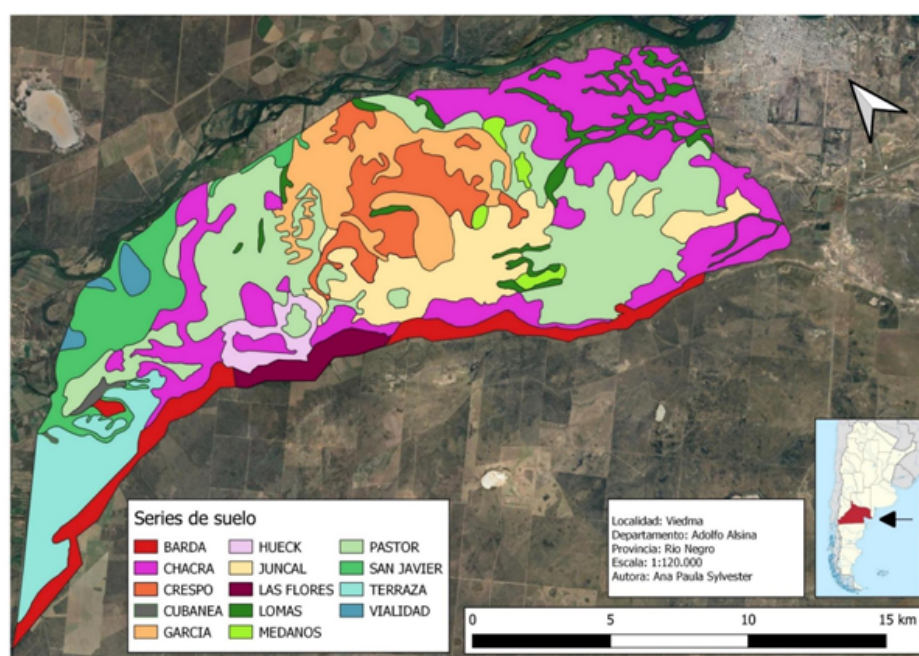


Figura 2. Mosaico de suelos en el área de estudio. Tomado de Sylvester (2024)

La información disponible permite caracterizar al Valle Inferior del Río Negro como un sistema agrícola diversificado, con predominio de pasturas destinadas a la ganadería, pero con un sector hortícola intensivo en expansión, basado en la disponibilidad de agua de riego, la aptitud de los suelos aluviales y la cercanía a centros de consumo y acopio. Las declaraciones juradas de cultivos correspondientes a los ciclos 2022/23 y 2023/24 (Tabla 2) evidenciaron que el sector hortícola constituye un componente relevante del sistema productivo local, con una participación cercana

al 17 % del total cultivado. Dentro de este grupo destacan la cebolla (*Allium cepa*) y el zapallo (*Cucurbita maxima*) (+ 80,0 %) y las hortalizas varias (11,5 %). En el ciclo 2023/24 la superficie hortícola alcanzó aproximadamente 3700 ha, registrando un leve incremento respecto al ciclo anterior (3550 ha), lo que refleja la continuidad y consolidación de la producción intensiva en el área bajo riego. En este sentido, relevamientos realizados por Fabregat (2010) y Seba et al. (2019) indicaron que la superficie hortícola en el Valle Inferior del Río Negro alcanzaba unas 1500 ha, con predominio de cebolla (*Allium cepa*) y zapallo (*Cucurbita maxima*). La superficie del cultivo de cebolla (*Allium cepa*), reportado por Fabregat (2010), fue de 400 ha, lo que evidencia un notable crecimiento exponencial de este cultivo al día de hoy, con alrededor de 3000 ha cultivadas. Los estudios reportados por Fabregat (2010) y Seba et al. (2019; 2020) caracterizan dos modalidades de producción: una especializada de cultivos específicos, destinada a la industria y/o a la exportación, y otra diversificada, caracterizada por la coexistencia de múltiples especies hortícolas, destinada principalmente al mercado local. En ambas modalidades predomina un manejo intensivo del suelo, con rotaciones cortas de cultivos y una alta dependencia de fertilizantes químicos para compensar las limitaciones nutricionales. No obstante, la escasa adopción de prácticas conservacionistas, como la incorporación de enmiendas orgánicas, abonos verdes o rotaciones con especies mejoradoras, constituye una limitante para el mantenimiento de la estructura, fertilidad y actividad biológica del suelo. (Seba et al., 2020; Delaye Milesi et al., 2020).

Tabla 2. Superficie de cultivos hortícolas. Periodo: 2022/23 y 2023/24.

Especie	2022-2023 ha	Participación (%)	2023-2024 ha	Participación (%)
Zanahoria	15,4	0,43	26,7	0,72
Papa	17,8	0,50	22,3	0,60
Varias	410,9	11,5	423,9	11,5

Zapallo	518,8	14,6	552,2	14,9
Cebolla	2561,4	72,0	2638,9	71,4
Invernaderos	30,4	0,85	34,0	0,91
Total (ha)	3554,7	-	3698,0	-

Evaluación de la calidad edáfica con el uso de indicadores en suelos con y sin uso hortícola intensivo

El análisis integral de los indicadores físicos, químicos y biológicos permitió detectar algunas diferencias significativas entre los suelos con UH y SI (Tabla 3), a excepción de la CE y el P. La no detección de diferencias para la CE y el P podría deberse al manejo realizado durante el período de cultivos que implica un proceso de lavado continuo de sales solubles por la aplicación del agua para el riego, y los efectos residuales de P que podrían quedar en el suelo por el uso de fertilizantes fosforados para la nutrición de los cultivos.

Dentro de los indicadores físicos (Tabla 3), la textura de los suelos, tanto en UH y SI, se corresponde con el grupo de los suelos arenosos francos, y la EA resultó regular en los suelos con UH y muy buena en los SI. Los suelos SI presentaron 10,9 % más HG y una Ts de 2 °C mayor que los suelos con UH (6,8 vs. 8,2 °C; $p < 0,001$), reflejando mayor retención hídrica y mejor EA, asociadas a un mayor contenido de MO. La mayor Ts indica además un microambiente más estable y protegido por la cobertura vegetal, que actuaría como regulador térmico (Salton y Mielniczuk, 1995; Sánchez-Sáenz et al., 2010), reduciendo la exposición solar y las fluctuaciones térmicas, tal como también registraron Bragagnolo y Mielniczuk (1990) y Toledo et al. (2013). En este estudio, la mayor HG y Ts se atribuyen a la cobertura permanente del suelo, cuyas diferencias respecto a otros trabajos pueden deberse a variaciones climáticas y al momento del muestreo.

Respecto a los indicadores químicos (Tabla 3), la MO de los suelos SI superó en 3,2 % a los con UH (8,6 vs. 5,4 %; $p < 0,001$), y tanto el COH como el COL se duplicaron

(+16,8 g kg⁻¹; p=0,02 y +9,5 g kg⁻¹; p=0,03 respectivamente) a favor de los suelos SI, reflejando una reducción sustancial de los componentes orgánicos del suelo bajo manejo intensivo, en concordancia con lo reportado por Campitelli et al. (2010) y Toledo et al. (2013). Esta reducción estaría asociada a la mayor aireación y frecuencia de laboreo, que aceleran la mineralización del CO (Piccolo et al., 2004), y a la menor protección física de los compuestos orgánicos en sistemas con remoción periódica (Díaz Martín et al., 2004; Nandhini et al., 2024). Estudios realizados por Fernández et al. (2016) reportaron un 33,0 % menos MO al comparar suelos con uso agrícola y con vegetación nativa en la región semiárida pampeana, mientras que Duval et al. (2016; 2018) hallaron reducciones del 8,0 % en la fracción de CO asociado a la fracción mineral (COM) y del 45,0 % en las fracciones lábiles al comparar suelos bajo uso agrícola y de ambientes sin disturbios en zonas núcleo de producción agrícola de Argentina. Estos resultados apoyan los reportados en este estudio. El N obtuvo resultados similares, siendo más altos en suelos SI (0,50 vs. 0,27 %; p=0,02), indicando una mayor reserva de nutrientes y calidad biogeoquímica. Los resultados coinciden con lo reportado por Fernández et al. (2018) quienes hallaron mayores contenidos de N en suelos con vegetación natural respecto a los suelos con sistemas agrícolas (0,09 vs. 0,07 %) en la región semiárida pampeana, y con los de Toledo et al. (2013) que encontraron 0,54 % más N en suelos bajo selva subtropical que el contenido en suelos agrícolas con maíz (1,95 vs. 1,41 %) (p=0,0024). El pH aunque ambos suelos presentaron valores alcalinos en los con UH fue superior (8,2 vs. 8,0; p<0,001), valores menores en suelos SI estarían relacionados con el aporte continuo de residuos orgánicos al suelo por la vegetación permanente. Resultados contrastantes fueron reportados por Nandhini et al. (2024) quienes no encontraron diferencias al comparar seis usos distintos del suelo, donde el pH en suelos hortícolas y uso silvopastoril fue 7,76 y 7,97 respectivamente. Con respecto al indicador biológico (Tabla 3), la Rs fue 230,0 % mayor en suelos SI (57,9 vs. 17,5 mg CO₂ 100 g⁻¹ ss h⁻¹; p<0,001), reflejo de una mayor actividad microbiana vinculada al aporte de residuos orgánicos permanentes, a la conservación de la HG y menor variación de Ts. Estudios

realizados por Aschkar (2022) en suelos de secano afectados por desmonte en el noreste rionegrino, Argentina, encontró en promedio un 25,0 % más respiración basal en suelos sin desmonte al compararlos con suelos desmontados para agricultura con más de 10 años de cultivos, resultados que acuerdan con los hallados en éste estudio; por el contrario Toledo et al. (2013) reportaron aumentos de hasta un 45,0 % en la actividad biológica en suelos que fueron convertidos de forestación nativa (Selva) a exótica (plantaciones de *Pinus sp.*) en áreas desmontadas por más de 17 años en la Provincia de Misiones, Argentina.

Tabla 3. Valores medios y desvío estándar (DE) de indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo.

Propiedades	Indicador	Ambiente		<i>p</i> -valor
		UH	SI	
Físicas	Textura	Arenosa - franco	Arenosa - franco	-
	EA	Regular	Muy buena	-
	T (°C)	6,8 (0,7) a	8,2 (0,2) b	p<0,001
	HG (%)	22,2 (3,2) a	33,1(3,2) b	p<0,001
Químicas	MO (%)	5,4 (0,6) a	8,6 (1,0) b	p<0,001
	COH (g kg ⁻¹)	15,4 (5,5) a	32,2 (5,6) b	0,02
	COL (g kg ⁻¹)	7,0 (4,1) a	16,5 (3,3) b	0,03
	CE (dS m ⁻¹)	0,3 (0,3)	0,3 (0,2)	ns
	pH	8,2 (0,1) b	8,0 (0,1) a	p<0,001
	N (%)	0,27 (0,06) a	0,5 (0,1) b	0,02
	P (mg kg ⁻¹)	14,1 (1,1)	18,9 (0,8)	ns
Biológicas	Rs (mg CO ₂ 100ss ⁻¹)	17,5 (4,7) a	57,9 (10,5) b	p<0,001

El ACP mostró una clara separación entre sitios con UH y SI (Figura 3), explicó el 84,1 % de la varianza total en sus dos primeras componentes (CP1 y CP2). Los indicadores más asociados a la CP1 y CP2, que presentaron diferencias significativas (Tabla 3) fueron: HG, MO, COH, COL, pH, N y Rs (Tabla 4) considerados los más sensibles para discriminar los efectos del manejo hortícola intensivo. Este conjunto

coincide con los propuestos por Campitelli et al. (2010) y Sarmiento et al. (2018), quienes destacan la importancia del CO, N, pH, HG y Rs como componentes esenciales de la CS.

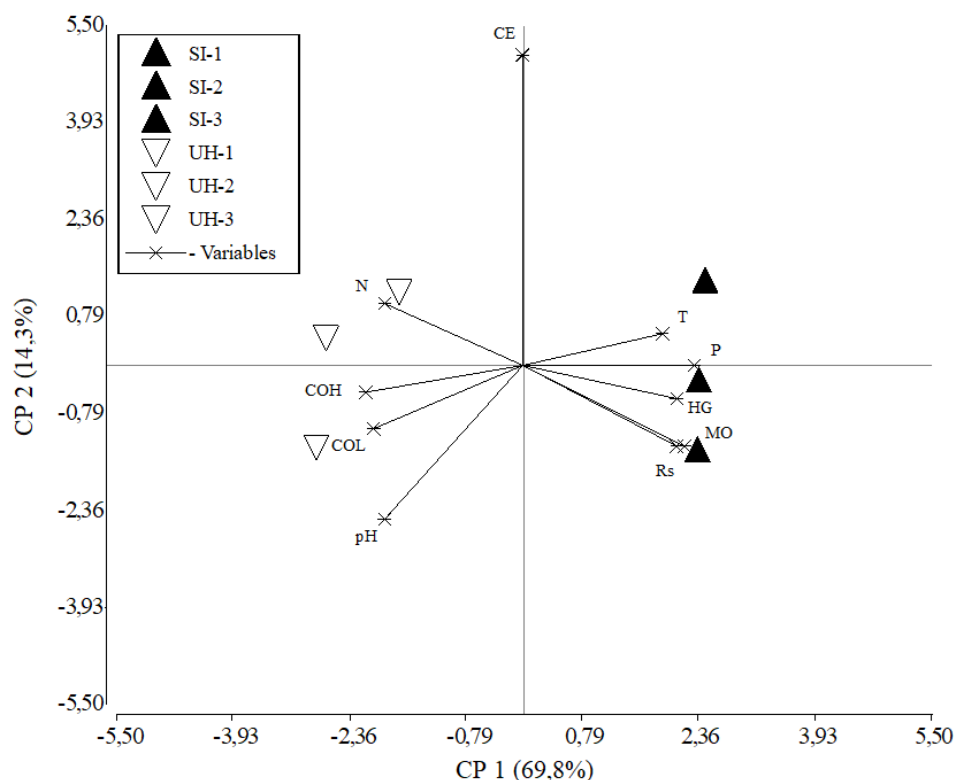


Figura 3. Biplot. Indicadores edáficos

Tabla 4. Correlación entre indicadores edáficos y componentes del Biplot.

Variables	CP 1	CP 2
T (°C)	0,80	0,10
HG (%)	0,89	-0,11
pH s	-0,81	-0,48
MO (%)	0,89	-0,26
Rs (mg CO ₂ 100ss ⁻¹)	0,94	-0,25
P (mg kg ⁻¹)	0,99	-2,4E ⁻⁰³
CE (ds m ⁻¹)	-0,01	0,98
N (%)	-0,80	0,20
COH (g kg ⁻¹)	-0,92	-0,09
COL (g kg ⁻¹)	-0,87	-0,20

Manejo de las cortinas forestales en las unidades de producción del Valle Inferior del Río Negro

En septiembre de 2025 se realizó el relevamiento sobre cortinas forestales en pie (Figura 4 a) y taladas por el propietario de la unidad de producción (Figura 4 b), y se registraron atributos estructurales de las mismas (Tabla 5). La densidad promedio de árboles fue de 103 individuos cada 100 m lineales a doble hilera (IC_{95%}: 93–112 individuos cada 100 m lineales). Bava et al. (2017) y Davel et al. (2021) reportan que las conformaciones de las cortinas forestales deben tener entre 67 y 180 individuos cada 100 m lineales a doble hilera en los valles irrigados de Patagonia norte. El registro realizado sobre los árboles talados arrojó, para ejemplares de más de 50 años de edad, un Dap de 51 cm (IC_{95%}: 44 – 57 cm) y la altura total promedio de 18 m (IC_{95%}: 16,2–18,4 m), dando un volumen de 0,000016 m³ por árbol (IC_{95%}: 0,000010–0,000021 m³).

Tabla 5. Atributos estructurales de cortinas forestales en pie y taladas.

Atributo arbóreo	2025	Intervalo de confianza (IC _{95 %})	Beneficios de las cortinas
Arboles c/ 100 metros lineales a doble hilera	103	93 - 112	Viento
Dap (cm)	51,0	44,0 - 57,0	Microclima
Altura total (m)	18,0	16,2 - 18,4	Hábitat
Volumen (m ³ árbol)	0,0000155	0,000010 - 0,000021	Estructura, humedad y T°



Figura 4. A) Cortina forestal en Pie y B) Talada.

El estudio de temporalidad llevado a cabo con imágenes satelitales, sobre los cambios en las cortinas forestales entre el 2003 y el 2023 (Figura 5 A y B), para una superficie de 201,7 ha que incluyó seis parcelas aledañas a la del área de estudio, permitió observar una reducción importante en la presencia del macizo forestal (líneas rojas).



Figura 5. Cortinas forestales: A) 2003 y B) 2023. Líneas rojas indican la presencia de la cortina forestal.

En la tabla 6 se presentan los datos cuantitativos referidos a los cambios observados en las imágenes satelitales respecto a las cortinas forestales: se halló una reducción del 10,3 % en la longitud total de cortinas, 10558 individuos menos y 0,16 m³ de volumen arbóreo.

Tabla 6. Cambios en las cortinas forestales. Años 2003 y 2023.

Atributo	2003	2023	Reducción
Superficie relevada total (ha)	201,7	201,7	-
Longitud total de cortinas (km)	46,1	35,8	10,3
Número de ejemplares	47.253	36.695	10.558
Volumen (m ³)	0,714	0,554	0,16

Consecuencias ambientales y productivas del uso hortícola y el manejo de las cortinas forestales

Los efectos adversos sobre la calidad del ambiente y sobre el futuro de la producción de alimentos son atribuibles a los enfoques limitados y de corto plazo que gravitan sobre el sector agrario (Burbano, 2016). La producción hortícola intensiva ejerce una fuerte presión sobre los suelos, generando consecuencias ambientales y productivas significativas, ya que el deterioro de la CS impacta directamente en la productividad y en el adecuado funcionamiento del recurso. Según Díaz (2006) los cultivos intensivos, como los hortícolas, se caracterizan por su elevada inestabilidad temporal y espacial, alta dependencia de insumos externos y una marcada simplificación estructural, factores que contribuyen a la pérdida de biodiversidad local y a la reducción de los servicios ecosistémicos. Diversos autores coinciden en que el manejo tradicional del suelo hortícola implica un deterioro progresivo de su funcionamiento físico, químico y biológico. En éste sentido, Arboleya et. al (2010) señalaron que el uso continuo de arados de vertedera, discos y rotovadores, provoca una excesiva pulverización del suelo, disminuye la infiltración, favorece la formación de costras superficiales y pisos de arado, y aumenta los procesos erosivos, especialmente en terrenos con pendiente. Este tipo de manejo

genera una pérdida acelerada de MO, la cual actúa como reserva de nutrientes esenciales como el N y P, y es determinante en la estructura y estabilidad del suelo (Docampo et al., 2010). La reducción de la MO y la pérdida de la EA afectan la aireación, la retención de agua y la disponibilidad de nutrientes, dando como resultado, cultivos con menor desarrollo. Esto incrementa la susceptibilidad a plagas y enfermedades, obligando a los productores a aumentar el uso de agroquímicos y fertilizantes para sostener los rendimientos (Arbolea et al., 2010). Como consecuencia, se genera una mayor dependencia de insumos externos, un incremento en los costos de producción y un riesgo creciente de contaminación del suelo y el agua, comprometiendo la sustentabilidad del sistema productivo (Seba et al., 2020). Delaye Milesi et al. (2020) advierten que la combinación de laboreo intensivo, riego frecuente y fertilización química continua, conduce a procesos de salinización y sodificación, acompañados por la pérdida de fertilidad física y la presencia residual de plaguicidas en el suelo. En este sentido, los sistemas hortícolas del Valle Inferior del río Negro presentan un grado de intensificación elevado, sustentado principalmente en el laboreo continuo, el uso de agroquímicos y la falta de prácticas conservacionistas. Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que los suelos UH presentan una pérdida significativa de MO, EA y Rs, en comparación con los suelos SI. Estos cambios reflejan un proceso de degradación edáfica progresiva, coherente con lo propuesto por Doran y Parkin (1994) y Gomiero (2016), quienes señalan que la sostenibilidad de los sistemas agrícolas depende directamente de la capacidad del suelo para mantener sus funciones biológicas y físico-químicas. Asimismo, la mayor alcalinidad (pH 8,2) y la menor HG en suelos con UH, reflejan las consecuencias del laboreo continuo y el menor aporte de residuos orgánicos que amortiguan cambios en éstos indicadores, en éste sentido Delaye Milesi et al. (2020) sostienen que estas condiciones son fenómenos críticos que conducen a la salinización y sodificación de los suelos hortícolas en zonas con riego suplementario.

Este deterioro estructural y químico afecta la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, incrementando la dependencia de insumos externos, particularmente

fertilizantes nitrogenados y fosfatados, en concordancia con los diagnósticos realizados para la horticultura del Valle Inferior del Río Negro por Seba et al. (2020). A nivel socioeconómico, la vulnerabilidad estructural de los productores agrava esta problemática. Seba et al. (2020) exponen que la mayoría de los horticultores del Valle Inferior del Río Negro no son propietarios de la tierra, y operan bajo contratos informales y de corta duración, lo que limita la planificación a mediano plazo y desalienta la adopción de prácticas conservacionistas. Esta situación genera un modelo productivo dependiente de agroquímicos y labranzas intensivas, en detrimento de la salud del suelo y del ambiente.

Ante ello, resulta fundamental cambiar las formas de manejo y prácticas en los suelos bajo producción hortícola, que mantengan la productividad a largo plazo, eviten los procesos de degradación y promuevan un equilibrio entre los objetivos económicos y la conservación de los recursos naturales. De acuerdo con Ullé et al. (2014) la conservación de los suelos bajo producción hortícola requiere rediseñar los sistemas productivos hacia un enfoque agroecológico, que contemple la planificación espacial del paisaje, el monitoreo integral de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y la incorporación de componentes vegetales permanentes. En este sentido, el mantenimiento y reposición de cortinas forestales, surge como una práctica esencial para mitigar los efectos negativos del uso hortícola intensivo.

En los valles irrigados de la Norpatagonia, para mitigar los efectos generados por el viento en la producción de cultivos frutihortícolas, se han empleado cortinas rompevientos, principalmente con álamos (*Populus spp.*) y en menor medida con sauces (*Salix spp.*), especies bien adaptadas a las condiciones edafoclimáticas. Las cortinas forestales cumplen un rol ambiental fundamental al reducir la velocidad del viento, mitigar la erosión eólica y proteger la estructura del suelo, tal como sostienen Rey et al. (1981), Cleugh (1998) y Copes (2012). Además, contribuyen a la regulación térmica y la conservación de la humedad del suelo, creando microclimas más estables y favoreciendo la infiltración de agua, beneficios también señalados por Kort (1988) y Thomas (2020). En el presente estudio, los suelos SI adyacentes con presencia de

cortinas forestales mostraron mayores contenidos de MO y N, junto con una mayor Rs, lo que confirma la influencia positiva de estos sistemas arbóreos sobre la actividad biológica y la fertilidad edáfica.

Desde una perspectiva ecológica, los álamos (*Populus alba* y *P. nigra*) funcionan como elementos estructurales del paisaje agrícola, ofreciendo hábitats para aves, insectos y organismos del suelo (Figura 6) (Zsuffa et al., 1996; Benavídez, 2024). El aporte continuo de residuos orgánicos favorece la formación de humus, mejora la estructura del suelo y estimula un ambiente adecuado para otras plantas y microorganismos (Figura 7), tal como también registraron Toledo et al. (2013) y Aschkar (2022) en distintos ambientes y componentes arbóreos en Argentina. En consecuencia, las cortinas no solo brindan beneficios ecosistémicos directos (protección del suelo, control de la erosión, regulación térmica), sino también servicios indirectos relacionados con la biodiversidad, la fijación de C y la resiliencia agroecológica.



Figura 6. Loros barranqueros en cortinas de álamos



Figura 7. a) Hongos, b) Vegetación natural

No obstante, un mal diseño de las cortinas forestales también pueden generar efectos negativos sobre los cultivos adyacentes, principalmente debido al mayor consumo de agua por parte de los árboles, la interceptación de la lluvia, el sombreado y las posibles interacciones alelopáticas (Kort, 1988; Ong & Huxley, 1996; Zhu, 2008). Además, la emisión abundante de brotes desde raíces gemíferas, puede generar complicaciones en su manejo y expansión no controlada (Sánchez et al., 2009). Una densidad de plantación inadecuada o la mortalidad de ejemplares pueden originar cortinas discontinuas o irregulares, lo que incrementa la velocidad del viento y, en consecuencia, ocasiona mayores daños en los cultivos. Estos efectos adversos han llevado a que muchos productores hortícolas opten por eliminar las hileras de árboles que interfieren con sus cultivos. Asimismo, la reducción de cortinas forestales responde al interés de ampliar la superficie cultivable, aumentar la producción y, en algunos casos, aprovechar la madera resultante para su comercialización.

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos respaldan la hipótesis de trabajo: En el Valle Inferior del Río Negro, el uso hortícola intensivo sin prácticas de conservación disminuye la calidad del suelo al reducir la Hg, la MO, el carbono orgánico y el N, e incrementar la alcalinidad; mientras que la presencia de cortinas forestales

favorece condiciones edáficas más estables y una mayor actividad biológica del suelo.

Los suelos bajo UH mostraron signos claros de degradación edáfica, alteraciones debidas al laboreo y roturación continua, la escasa incorporación de residuos vegetales y la alta dependencia de insumos externos, lo que acelera la pérdida de C, reduce la capacidad de retención hídrica y compromete la funcionalidad del suelo. En conjunto, los resultados evidenciaron un deterioro progresivo de la fertilidad física, química y biológica, coherente con la problemática señalada por otros autores en la introducción de este estudio para sistemas hortícolas intensivos.

Los suelos SI, asociados a la presencia de vegetación permanente de cortinas forestales, presentaron mejores condiciones funcionales del suelo. El mayor contenido de MO, N, COL y COH, junto con una Rs mayor, indican un suelo más activo, estable y resiliente. Estas diferencias confirman que la preservación de la vegetación arbórea es clave para sostener los procesos edáficos esenciales y mitigar la degradación asociada al manejo intensivo.

Las cortinas forestales desde el 2003 al 2023, sufrió una marcada reducción en longitud total, número de individuos y volumen de biomasa, indicando la ausencia de un plan de manejo racional que logre un equilibrio entre lo ambiental y productivo. La tala sin un plan de reposición, por parte de los productores, compromete funciones fundamentales que cumplen estos componentes en el paisaje como la regulación térmica, la protección contra el viento, la conservación de la humedad del suelo, el aporte constante de residuos orgánicos y la preservación de la biodiversidad.

En síntesis, los suelos SI mantienen mejores condiciones físicas, químicas y biológicas, evidenciando mayor estabilidad y resiliencia frente al manejo hortícola intensivo. Esto permite comprender con mayor claridad los procesos de degradación asociados a prácticas inadecuadas y destaca el valor estratégico de las cortinas forestales como reguladoras del microambiente y protectoras del

recurso edáfico. En este contexto, la integración de prácticas conservacionistas (manejo adecuado del laboreo, incorporación de MO, diversificación de cultivos, reposición de cortinas forestales, entre otras) se presenta como una estrategia necesaria para sostener la productividad, preservar la funcionalidad del suelo en el Valle Inferior del Río Negro.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, G. and Duncan, H. (2001). Development of a sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (DAF) in a range of soils. *Soil Biology & Biochemistry* 33: 943-951.
- Arbolea, J., Gilsanz J.C., Allauime, F., Leoni, C., Falero, M. y Guerra, S. (2010). Manejo Sustentable en la Producción Hortícola Intensiva. Manejo de Suelos para Producción Hortícola Sustentable, Seminario de Actualización Técnica. Serie Actividades de Difusión N°624, 2010, INIA.
- Aschkar, G.M. (2022). Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por desmonte en el noreste rionegrino: Contribución a la conservación de suelos de regiones semiáridas [Tesis de Magister Universidad Nacional del Sur] <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/6250>.
- Bava, J. (2017). Inventario nacional de plantaciones forestales. Inventario de plantaciones forestales bajo riego. Región Patagonia. https://www.magyp.gob.ar/desarrollo-forestaindustrial/pdf/Inventario_Patagonia_Valles_Irrigados.pdf
- Benavidez, H. y Kaye, N. (2024). Implantación de una cortina forestal en la localidad de Ibicuy. INTA AER. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2024/10/implantacion_de_una_cortina_forestal_en_la_localidad_de_ibicuy.pdf#:~:text=Impacto%2

[0en%20la%20Biodiversidad%20Local%20La%20cortina,a%20lo%20larg
o%20de%20la%20zona%20forestada.](#)

- Bouyoucos, G. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. J.*, vol. 54: 464-465.
- Bragagnolo, N. y Mielniczuk, L. (1990). Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Rev. Bras. Ciência do Solo (Campinas)*. 14(3):369-374.
- Bremner, J.M and Mulvaney, C.S. (1982). Nitrógeno total., en: AL Page, RH Miller y DR Keeny, (Eds.). *Métodos de análisis de suelos*, Sociedad Americana de Agronomía y Sociedad de Ciencias del Suelo de América, Madison, págs. 1119-1123.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Cienc. Agr.* 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- Cabrera, A.L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. 2da. Edición Tomo II. ACME. Buenos Aires, Argentina.
- Campitelli, P., Aoki, A., Gudelj, O., Rubenacker, A. y Sereno, R. (2010). Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ciencia del suelo*, 28(2), 223-231. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672010000200010&lng=es&tlng=es.
- Chan, K.Y., Bowman, A. and Oates A. (2001). Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an Oxic Paleultalf under different pasture leys. *Soil Science*, 166: 61-67.
- Cherkashina, A.A., Golubtsov, V.A. and Berezhnaya, E.V. (2021) Application of methodology for soil quality assessment in intermontane

depressions of the cis-Baikal región. Eurasian Soil Sci. 54, 1732–1745.

<https://doi.org/10.1134/S106422932111003X>

- Cleugh, H.A. (1998). Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems*, 41, 55–84.
- Copes, W.J. (2012). Evaluación de barreras vegetales para mitigar la deriva de pulverizaciones. Doctoral dissertation, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue. 102 p.
- Davel, M., Arquero, D.E., Peri, P.L., Serventi, M. & Diaz, G.M. (2021). Cortinas forestales de álamos en los valles de la Patagonia Norte. Ediciones CIEFAP.
- De Leenheer, L and De Boodt, M. (1958). Determination of aggregate stability by change in mean weight diameter. En: Proc. Int. Symp. On Soil Structure. Medelingen. Van de Landbowhoge School. Ghent, Belgium. pp 290-300.
- Delaye Milesi, L., Ulle, J. y Andriulo, A, (2020). Aplicación de Biochar en un suelo degradado bajo producción de batata. Efecto sobre propiedades edáficas. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo*. 38 (1): 162-173.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L. y Robledo, C.W. (2017). InfoStat v. 2017. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar/>.
- Díaz, B.M. (2021). Uso de plantas funcionales en horticultura. *Disertaciones de Horticultura - 41° Congreso Argentino de Horticultura*.
- Díaz Martin, B., Cairo, P., Morales Sarmiento, M., Torres Artilles, P., Jiménez Carrazana, R. y Dávila Cruz, A. (2004). Influencia de diferentes sistemas de manejo de la materia orgánica sobre el estado estructural y la consistencia del suelo. *Centro Agrícola*, año 31, no. 3-4.
- Docampo, R., García, C. Rabuffetti A. (2010). Evolución del rendimiento y de las propiedades del suelo en diferentes secuencias de cultivos en

producción hortícola. Manejo de Suelos para Producción Hortícola Sustentable, Seminario de Actualización Técnica. Serie Actividades de Difusión N°624, INIA.

- Doran, J.W. and Parkin, B.T. (1994). Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America. Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Duval, M.E., Galantini, J.A, Martínez, J.M. y Iglesias, J.O. (2016). Comparación de índices de calidad de suelos agrícolas y naturales basados en el carbono orgánico. *Ciencia del suelo*, 34 (2), 197-209.
- Duval, M.E., de Sa Pereira, E., Iglesias, J.O. y Galantini, J.A. (2018). Las fracciones lábiles de carbono orgánico como indicadoras del efecto de los diferentes manejos. En: Siembra directa en el SO Bonaerense (Ed. J.A. Galantini) págs. 158-166.
- Fabregat, E. (2010). La construcción de las representaciones mentales en los alumnos de nivel medio que habitan el Valle Inferior del Río Negro. [Universidad Nacional del Sur] <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2115>.
- Fernández, R., Quiroga, A., Álvarez, C., Lobartini, C. y Noellemeyer, E. (2016). Valores umbrales de algunos indicadores de calidad de suelos en molisoles de la región semiárida pampeana. *Ciencia del suelo*, 34(2), 279-292. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672016000200010&lng=es&tlng=es.
- Fernández, R., Frasier, I., Rorig, M., Quiroga, A., & Nollemeyer, E. (2018). Evaluación de indicadores biológicos en suelos de la región semiárida pampeana central. *Ecología austral*, 28(1), 145-156. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2018000100010&lng=es&tlng=es.

- Gomiero, T. (2016). Soil Degradation, Land Scarcity and Food Security: Reviewing a Complex Challenge. *Sustainability (Switzerland)*, 8, Article 281. <https://doi.org/10.3390/su8030281>
- Inalbon, M.R. y Valenzuela, A.M. (2005). Procedimientos analíticos para suelos normales y salinos. Técnicas utilizadas en el laboratorio de suelos y aguas. Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña – Chaco, Argentina.
- Kort, J. (1988). Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agric. Ecosyst. Environ.* 22/23 pp. 165–190.
- Martín, D. (2009). Estadísticas climáticas del Valle de Viedma. EEA Valle Inferior Convenio provincia de Río Negro-INTA. Información Técnica N° 27 Año 4 N° 9. 80 p.
- Martinez, R.S., Margiotta, F., Reinoso, L. y Martínez, R.M. (2012). Buscando alcanzar altos rendimientos del cultivo de maíz: Experiencias en los valles Norpatagónicos. 3ª Reunión Internacional de Riego. INTA Valle Inferior.
- Martínez, J.M., Duval, M.E., López, F.M., Iglesias, J.O. y Galantini, J.A. (2017). Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de calcinación en molisoles del sudoeste bonaerense. *Ciencia del Suelo*, 35, 181–187.
- Nandhini Udhaya, D., Senthilraja, K., Venkatesan, S., Somasundaram, E. & Umesh Kanna, S. (2024). Effect of different land use types on selected soil characteristics in Erode district, Tamil Nadu. *Range Management and Agroforestry*, 45(02), 306–313. <https://doi.org/10.59515/rma.2024.v45.i2.16>.
- Navarrete, A., Vela, G., López, J. y Rodríguez, M. (2011). Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Contacto*, 80: 29-37.

- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. & Dean, L.A. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture, Circular 939.
- Ong, C.K. and Huxley, P. (1996). Tree–crop interactions - A physiological approach. CABI., Wallingford, UK. 416 pp.
- Paolini Gómez J.E. (2017). Actividad microbiológica y biomasa microbiana en suelos cafetaleros de los Andes venezolanos. Terra Latinoamericana 36: 13-22.
- Pece, M.G., Gaillard de Benítez, C., de Galíndez, M.J. y Ríos, N.A. (2002). Tabla de volumen de doble entrada para álamos de la zona de riego de Santiago del Estero, Argentina. Publicación técnica Revista Quebracho 9: 95-1050. Santiago del Estero, Argentina.
- Piccolo, G.A., Galantini, J.A. & Rosell, R.A. (2004). Organic carbon fractions in a yerba mate plantation on a subtropical Kandihumult of Argentina. Geoderma 123: 333-341.
- Programa Nacional de horticultura, floricultura y aromáticas (PNHFA). 2018. Manejo de los suelos hortiflorícolas. Edición digital ISSN 2591-5622. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_boletin_suelos_ndeg_10.pdf (26/02/2020)
- Quiroga, A.R., Oderiz, A., Uhaldegaray, M., Álvarez, C., Scherger, E., Fernández, R. y Frasier, I. (2016). Influencia del uso de suelos sobre indicadores físicos de compactación. Semiárida: Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam, 26 (1), 19-26. [http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2016\(02\).19-26](http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2016(02).19-26).
- Rey, H., Entraigas, J. y Vovcon, R. (1981). De la laguna El Juncal a las chacras del Idevi. Centro de Investigaciones científicas (CIC, centro Universitario regional Viedma (CURV), Instituto desarrollo del valle inferior (IDEVI).

- Salton, J.C. y Mielniczuk, J. (1995). Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho Escuro de Eldorado do Sul (RS). *Rev. Bras. Ciência do Solo* (Campinas). 19(2):313-319.
- Sánchez, E., Calvo, G., Candan, A.P., Cichon, L., Colodner, A.D., Masi, S.N.D. y Curetti, M. (2009). *Pera Williams: Manual para el productor y el empacador*. Ed. INTA. Buenos Aires, Argentina. 170 p.
- Sánchez-Sáenz, C.M., Menezes de Souza, Z., Eiji Matsura, E. y Salomão de Freitas, N.R. (2010). Efecto de la cobertura en las propiedades del suelo y en la producción de frijol irrigado. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2), 41-50. Retrieved April 05, 2025. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262010000200006&lng=en&tlng=.
- Sarmiento Reyes, E.B., Fandiño Zabala, S.A. y Gómez Echeverri, L.F. (2018). Índices de calidad del suelo. Una revisión sistemática. *Ecosistemas*, 27(3), 130–139. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1598>
- Seba, N., Cechinni, V., Vera, G., Telleria, A., Doñate, M.T, Arriagada, S., Sidoti Hartmann, B., Peter, G., Torres Robles, S., Soruco, R., Chorolque, M., Caucota, D. y Zerpa, M. (2019). Transiciones agroecologicas en la horticultura del Valle Inferior del Rio Negro. Estrategias, logros y limitantes en el camino a la sustentabilidad. 5to Congreso del Foro de Universidades Nacionales para la Agricultura Familiar. <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/8674>
- Seba, N., Doñate, M.T., Cechinni, V., Vera, G., Telleria, A., Sidoti Hartmann, B., Arriagada, S. y Roman, C. (2020). La horticultura insustentable: transiciones agroecológicas en el valle inferior del Río Negro - Argentina. *Revista americana de empreendedorismo e inovação american journal of entrepreneurship and innovation*. v. 2, n. 1.
- Sylvester, A.P. (2024). Caracterización del Valle Inferior de Río Negro mediante una sistematización de información histórica y aportes desde

Sistemas de Información Geográfica. Tesis de grado. Universidad Nacional de Río Negro.

- Thomas, E. (2020). Sistemas Agroforestales con Salicáceas en valles de Patagonia Norte. Ciclo de charlas virtuales 2020. AUSMA. Universidad Nacional del Comahue. <https://www.youtube.com/watch?v=gJeH9g5WOus>
- Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review* 38: 55-94 p.
- Toledo, D.M., Galantini, J.A., Ferreccio, E., Arzuaga, S., Gimenez, L., y Vázquez, S. (2013). Indicadores e índices de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. *Ciencia del suelo*, 31(2), 201-212. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672013000200006&lng=es&tlng=es.
- Ullé, J.A., Marti, H., Faggioli, V., Darder, M L., Dalpiaz, M.J., García, L.S., Farroni, A.E., Rimatori, F.M., Colombini, D.A., Villalba, F; Martínez, F. y Ortega y Villasana, P. (2014). Indicadores de calidad edáfica en cultivos antecesores consociados y monocultivo de batata. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca, Argentina.
- UNCCD. (2015). Desertification, Land Degradation & Drought (DLDD): some global facts and figures. United Nations Conventions to Combat Desertification. Available from: [http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/WDCD/DLDD%20Fact s.pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/WDCD/DLDD%20Fact%20sheet.pdf).
- Wilson G.M. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. INTA Ediciones, Colección Recursos. 1ª edición. Entre Ríos.
- Young, R., Orsini, S. and Fitzpatrick, I. (2015) Soil degradation: a major threat to humanity. Published by the Sustainable Food Trust. Available via:

http://www.fao.org/fsnforum/sites/default/files/discussions/contributions/Soil-degradation-Final-final_0.pdf.

- Zhu, J.J. (2008). Wind Shelterbelts. En Sven Erik Jørgensen and Brian D. Fath, Ecosystems. Vol.5 of Encyclopedia of Ecology. Elsevier. Oxford. pp. 3803-3812.
- Zsuffa, L., Giordano, E., Pryor, L.D., Stettler, R.F. (1996). Trends in poplar culture: some global and regional perspectives. En: Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation. Editores: Stettler RF, Bradshaw HD, Jr., Heilman PE, Hinckley TM. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada, páginas 515–539.