

BOLETÍN DIGITAL

FaCA - UNCo

AGOSTO 2025

VOLUMEN III - REVISTA N° 1



Estación Meteorológica Ing. Agr. Forquera, J.C.



Laboratorio de Suelos y Aguas



Herbario ARC

FaCA

Facultad de Ciencias Agrarias



Publicación semestral ISSN 1852-4559



Estación Meteorológica Ing. Agr. Forquera, J.C.



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

Ruta 151- KM 12,5; Casilla de correo 85 8303-
Cinco Saltos, Río Negro, Patagonia Argentina
TEL: 0299-498-0005/204/124

E-mail: fca.inv@gmail.com; fca.ext@gmail.com

Web: [Http://faca.uncoma.edu.ar/](http://faca.uncoma.edu.ar/)

ENVÍO DE TRABAJOS PARA PUBLICAR

E-mail: boletin.digital@faca.uncoma.edu.ar

Fecha para envío de trabajos: todo el año.

Fecha de publicación del próximo número:
mediados de diciembre de 2025.

COMITÉ EDITOR

Responsable:

Ing. Agr. (Mg.) MACHUCA, Yesica

Integrantes:

Dra. ORIGONE, Andrea

Dra. FLORES, Melisa

Mg. FERNÁNDEZ Cristina

Dra. BLACKHALL, Valeria

Apoyo Técnico:

Lic. en Periodismo ACHA, Liliam

Bibliotecaria MUÑOZ, Claudia

El contenido de los artículos y notas es responsabilidad de las y los autores firmantes. Se permite la reproducción total o parcial de estas publicaciones citando la fuente.

Fotografías de la tapa:

1. Estación Meteorológica "Ing. Agr. (Mg.) Juan Carlos Forquera", FaCA-UNCo en el campo experimental de la facultad. Autora Liliam Acha.
2. Instrumental del Laboratorio de Suelos y Aguas de la FaCA-UNCo. Autora Liliam Acha.
3. *Alstroemeria presliana*. Ejemplar herborizado disponible en el Herbario ARC de la FaCA-UNCo. Autora Fernández Cristina.

Índice

EDITORIAL:

- 01** • Ciencia con raíces: Innovación Agropecuaria y Sustentabilidad en la Patagonia. *Machuca, Y.*

ARTÍCULOS:

- 02** • Transcriptómica de *Sporobolus alterniflorus*: estudio de una planta con una interesante adaptación que podría extrapolarse a cultivos de interés agronómico. *Gonzales Flore, M. et al.*
- 09** • Decodificando el código de la vida: testimonios del impacto de la bioinformática en el estudio de la agronomía, biodiversidad y ambiente. *Lescano, C. et al.*
- 18** • Huella Ecológica de la producción frutícola convencional y orgánica en Río Negro y Neuquén. *Lorenzo, H. A.*
- 22** • Plantas que protegen: El aporte de la vegetación funcional a la resiliencia de los agroecosistemas frutícolas. *Fernández, C. et al.*
- 28** • Efecto de la fertilización nitrogenada en el vigor de plántulas de cebolla (*Allium cepa*). *Blackhall, V. et al.*
- 33** • Alteraciones edáficas por el uso hortícola en el valle inferior de Río Negro, Argentina. *Calfuquir, M. et al.*

NOTAS TÉCNICAS:

- 40** • El herbario ARC: un tesoro botánico en la Facultad. *Gandullo, R.*
- 42** • Reapertura del Laboratorio de Suelos y Aguas: un espacio con historia y compromiso territorial. *Aschkar, G.*
- 44** • Patagonia al frente de la innovación agraria: dos eventos clave que marcarán el rumbo de la poscosecha y la agronomía. *Machuca, Y.*

REPORTE CLIMÁTICO:

- 47** • Estación Agrometeorológica – Reporte climático 2º semestre 2024; 1º trimestre 2025. *Forquera, J.C.*

EDITORIAL

CIENCIA CON RAÍCES: INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y SUSTENTABILIDAD EN LA PATAGONIA

El siguiente volumen del Boletín Digital, se presenta como un testimonio del vigor científico y el compromiso territorial que caracterizan a la Facultad de Ciencias Agrarias (FaCA) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo). Esta colección de trabajos no solo refleja la excelencia académica de nuestra institución, sino que traza un puente concreto entre la investigación y los urgentes desafíos que enfrenta el sector agroalimentario patagónico.

Los artículos y notas aquí compilados surgen de un diálogo interdisciplinario permanente: la biotecnología vegetal se entrelaza con la agroecología, los estudios de suelos se complementan con el análisis climático, la vegetación funcional se presenta como una aliada clave para el control biológico de plagas y la bioinformática amplía las fronteras de lo posible. Juntos forman una red de conocimiento donde cada aporte –desde el estudio de plantas resistentes a la salinidad hasta el análisis de la huella ecológica en la fruticultura– contribuye a un objetivo común: desarrollar una agricultura que sea productiva, resiliente y en armonía con el ecosistema de la región patagónica.

En un mundo que enfrenta crisis convergentes -climática, alimentaria, energética- esta publicación adquiere especial relevancia. Los trabajos sobre vegetación funcional nos recuerdan el valor de la biodiversidad; las investigaciones edáficas alertan sobre los límites de los suelos; y los desarrollos en biología molecular abren caminos insospechados para la adaptación de cultivos. Todos ellos comparten una misma convicción: que el conocimiento científico debe traducirse en herramientas concretas para quienes trabajan la tierra.

Queremos destacar especialmente el carácter colectivo de este esfuerzo. Detrás de cada artículo hay equipos interdisciplinarios, estudiantes entusiastas, productores colaboradores y dispuestos a ayudar y comunidades que inspiraron las preguntas de investigación. El recientemente reinaugurado Laboratorio de Suelos y Aguas, el histórico Herbario ARC, y los diversos grupos de investigación mencionados en las siguientes páginas son testimonio de una comunidad académica comprometida. Por otro lado, este boletín destaca eventos académicos de relevancia, como el V Congreso Argentino de Biología y Tecnología Poscosecha (V CABTP 2025) y las I Jornadas Binacionales de Divulgación en Investigación y Extensión en Agronomía (JBIE), organizados por la FaCA-UNCo junto a otras instituciones. Estos espacios promueven el intercambio de conocimiento, la innovación tecnológica y la vinculación con el sector productivo y son fundamentales para la formación de nuevas generaciones de profesionales.

Al compartir estos resultados, renovamos nuestro compromiso con una ciencia útil, rigurosa y socialmente relevante. Invitamos a lectores de todos los ámbitos -académicos, técnicos, productores, tomadores de decisión- a dialogar con estos hallazgos, criticarlos y enriquecerlos.

En nombre de todo el equipo editorial, agradecemos sinceramente a los autores y colaboradores que hicieron posible esta publicación, así como a los evaluadores por enriquecer los textos con sus valiosos aportes.



Ing. Agr. (Mg.) Machuca Yesica
Responsable del Comité Editorial
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional del Comahue

ARTÍCULO

TRANSCRIPTÓMICA DE *Sporobolus alterniflorus*: ESTUDIO DE UNA PLANTA CON UNA INTERESANTE ADAPTACIÓN QUE PODRÍA EXTRAPOLARSE A CULTIVOS DE INTERÉS AGRONÓMICO

Gonzalez Flores, M.^{1,2}; Corio, C.³; Degele, C.; Mantegna, M.^{1,2}; Medina, A.^{4*}

1- Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas (PROBIEN CONICET-UNCo), Argentina.

2- Facultad de Ciencia Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Río Negro, Argentina.

3- Agromarkers, Brasil.

4- Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Nacional del Comahue, Río Negro, Argentina.

*E-mail: alonsoim@gmail.com

RESUMEN

Sporobolus alterniflorus es una especie vegetal halófila que se encuentra en las costas patagónicas, conocida por su notable tolerancia a condiciones de alta salinidad. Este estudio tuvo como objetivo identificar genes asociados a la resistencia a la salinidad. Se recolectaron clones de tres poblaciones naturales en Bahía San Antonio (Río Negro) y se cultivaron en condiciones hidropónicas estándar y en condiciones salinas. Se extrajo ARN de raíces y hojas y se secuenció el cDNA. El ensamblado *de novo* del transcriptoma generó aproximadamente 8.000 genes. El análisis de expresión diferencial identificó 20 genes altamente expresados en condiciones salinas, vinculados a rutas fotosintéticas, transporte de sodio, membranas y resistencia a arsénico. Los resultados confirman mecanismos adaptativos como la exclusión iónica y síntesis de solutos compatibles. Este trabajo sienta las bases para en un futuro desarrollar cultivos más resistentes a la salinidad.

Palabras clave: tolerancia a la salinidad, *Sporobolus alterniflorus*, expresión génica.

1. INTRODUCCIÓN

Sporobolus alterniflorus (basionimia: *Spartina alterniflorus*, Loisel. 1807), comúnmente conocida como pasto salado o “smooth cordgrass”, es una especie halófila originaria de las costas patagónicas, reconocida por su notable tolerancia a condiciones de alta salinidad (Fitter y Hay, 2002). Esta especie presenta una estrecha relación sistemática con otras especies de relevancia agronómica, como *Oryza sativa* (arroz), *Gossypium spp.* (algodón), *Medicago sativa* (alfalfa) y *Triticum spp.* (trigo) (Schreb, 1838).

Esto la convierte en un modelo prometedor, ya que, al poseer un material genético taxonómicamente cercano a estos cultivos de interés, tendría un *background* genético similar de respuestas metabólicas, lo que se traduce en una mayor probabilidad de poder introducir genes de *Sporobolus* en especies de interés agronómico.

Esta especie endémica ha sido escasamente estudiada. Hasta la fecha, solo se ha publicado un trabajo reciente en poblaciones costeras de los Estados Unidos que evalúa la relación de los genes de síntesis de dimetilsulfoniopropionato y su tolerancia al estrés (Payet *et al.*, 2024). Sin embargo, aún no se han caracterizado en detalle todos los mecanismos metabólicos responsables de su elevada tolerancia a la salinidad. Tampoco se ha explorado el potencial de esta especie en las poblaciones introducidas en las costas de Río Negro.

En base a estos antecedentes, el objetivo de este trabajo fue identificar genes claves asociados a la resistencia a la salinidad en *S. alterniflorus* mediante análisis transcriptómico bajo condiciones experimentales controladas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo involucró una parte experimental (wet lab) y una parte de análisis bioinformático (dry lab). La primera fue desarrollada en su totalidad por los Investigadores de la Facultad de

Ciencias Marinas y la segunda está siendo explorada por los investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (Figura 1). Este trabajo fomenta la cooperación entre unidades académicas y nos alienta a fortalecer vínculos institucionales.

2.1. Diseño y procedimiento de muestreo para la recolección de *Sporobolus alterniflorus*

Se realizó un muestreo de *Sporobolus alterniflorus* en la zona de Punta Verde, ubicada dentro del Área Natural Protegida Bahía San Antonio (ANPBSA), San Antonio Oeste. La recolección se llevó a cabo durante la marea baja para facilitar el acceso y observar el contraste con la marea alta (Figura 2).

El diseño de muestreo consistió en una transecta de 70 metros sobre el talud más extenso del arroyo de marea. Esta transecta se dividió en 10 puntos (parches), separados cada 7 metros. En cada punto se extrajeron tres individuos, totalizando 30 plantas. Aunque *S. alterniflorus* no presenta una distribución en parches, este enfoque mixto permite maximizar la diversidad genética incluida en el muestreo.

Las plantas fueron extraídas con pala de punta, delimitando un área circular de aproximadamente el doble del diámetro del cuello de cada planta, con el objetivo de preservar la integridad del sistema radicular.

Posteriormente, se almacenaron en bolsas de nylon grueso para evitar la desecación durante el transporte hasta el montaje del ensayo.

Dado que se trata de una zona protegida con especies que actúan como ingenieros ecosistémicos, el muestreo fue planificado para minimizar impactos ambientales.

2.2. Cultivo experimental bajo condiciones controladas de salinidad

De las muestras recolectadas, se cultivaron diez clones en dos condiciones durante 30 días: (i) medio hidropónico estándar y (ii) medio hidropónico suplementado con 27 g/L de NaCl. Todos los clones crecieron normalmente bajo ambas condiciones (Figura 3).

2.3. Extracción de ARN y secuenciación del transcriptoma

Se extrajo ARN de raíces y hojas de un único clon expuesto a ambas condiciones. El ADN complementario (cDNA) se secuenció utilizando tecnología Roche® 454 de pirosecuenciación, generando aproximadamente 1,96 Gb por transcripto, con fragmentos de entre 400 y 1000 bp y una cobertura promedio de 10–50X.

2.4. Ensamblado y anotación funcional del transcriptoma

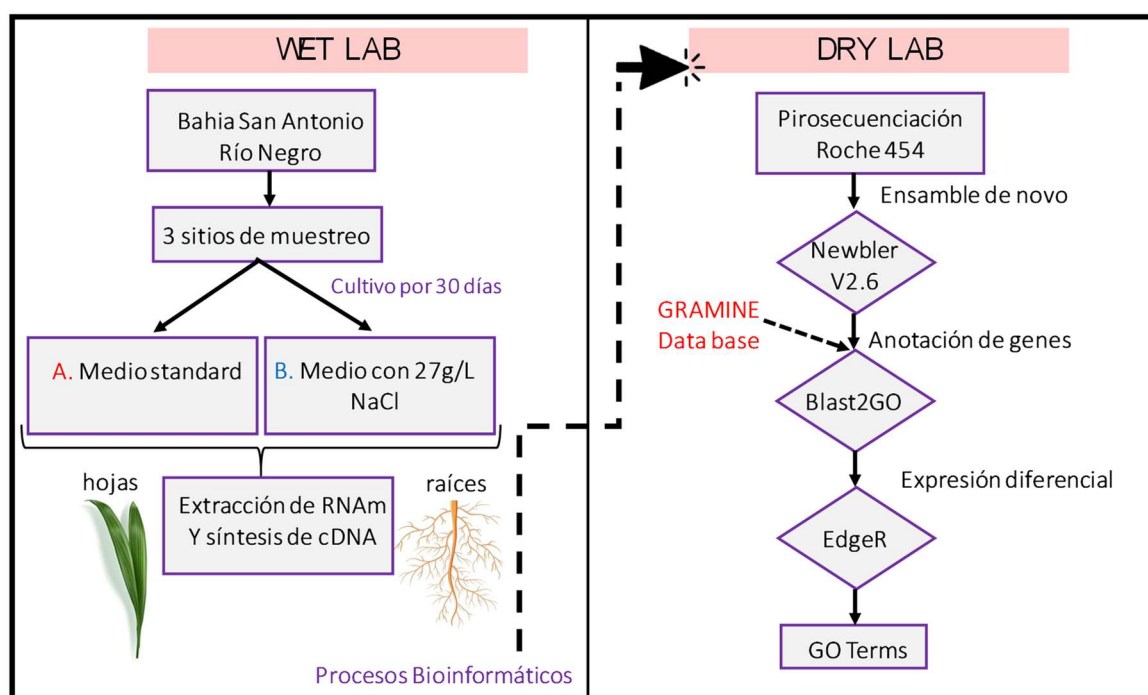


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología realizada.



Figura 2. Fotografías del área de muestreo de la Costa del Río Negro, con marea baja y alta.



Figura 3. Tratamientos en el invernáculo del INTA Valle Inferior.

Dado que no existe un genoma de referencia para esta especie, se realizó un ensamblado *de novo* del transcriptoma utilizando Newbler v2.6©. Se obtuvieron aproximadamente 10.000 isogrupos, con una longitud promedio de ~3.000 bp. La anotación génica se llevó a cabo con Blast2GO (Conesa & Götz, 2008), utilizando como referencia la base de datos GRAMENE y especies de la familia Poaceae, lo que permitió anotar unas ~8.000 genes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Distribución y caracterización de la especie *Sporobolus alterniflorus* en costas de Río Negro

La distribución mundial de la vegetación de *Sporobolus* indica que se encuentran principalmente en zonas costeras, por ejemplo, en la costa atlántica de América del Norte, desde el río St. Lawrence hasta el Golfo de México, y también en otras regiones como la costa atlántica de América del Sur, California y el NW de Europa. En Europa, especies como *Sporobolus maritima* y su híbrido *Sporobolus anglica* son comunes, mientras que en Asia y Australia predominan especies como *Salicornia australis* y *Triglochin maritima*. En América del Norte, los pantanos salados están dominados por *Sporobolus alterniflorus* y *Sporobolus patens* en la costa oriental, y en la occidental por comunidades mixtas.

En Sudamérica, especialmente en Argentina, trabajos previos basados en características sistemáticas, mencionan

que comunidades de *Sporobolus* se localizan en la costa atlántica, con dominancia de *Sporobolus densiflorus* y *S. alterniflorus*, formando mosaicos de vegetación en las costas de Río Negro (Naciri *et al.*, 2012).

Trabajos muy antiguos mencionan que en los pantanos argentinos la especie *S. alterniflorus* domina en áreas intermareales, mientras que *S. densiflorus* en zonas más elevadas y *Uncus spp.* en las áreas más altas, costeras, con variaciones según la influencia de las mareas y la sedimentación (Ringuelet, 1938; Vervoorst, 1967).

Sin embargo, en las regiones de las costas de Río Negro, no se encontraron datos de la caracterización molecular a nivel de especie de las poblaciones de *Sporobolus spp.* En este trabajo se realizó una caracterización taxonomía basado en datos morfológicos que definen las especies del género y una determinación molecular (ITS-1 y ITS-2). Con los resultados de las secuencias de ITS se confirmó que las muestras estudiadas corresponden a *S. alterniflorus*, corrigiendo la identificación inicial basada en morfología que arrojaba la identificación de la especie como *S. densiflora*.

3.2. Propagación vegetativa en condiciones controladas

Una vez identificadas a nivel de especie, las plantas se propagaron vegetativamente en vivero. Unas 30 plantas obtuvieron un buen desarrollo y adaptación en las condiciones del estudio. Esta especie se reproduce principalmente de forma vegetativa, mediante rizomas, y presenta dos fenotipos: alto y bajo. Además, posee una fisiología eficiente en climas cálidos y secos debido a su mecanismo de fijación de carbono C4, lo que le permite aprovechar mejor el agua y adaptarse a ambientes salinos y soleados.

Respecto a la clonación, las plantas se propagaron mediante métodos vegetativos, principalmente a través de rizomas que permiten la formación de nuevas plantas en el mismo sitio. La buena salud de las plantas indicó que las técnicas de propagación vegetativa empleadas fueron efectivas, facilitando su crecimiento y establecimiento en el área de estudio.

A su vez, como se mencionó previamente, la especie *S. alterniflorus*, muestra una capacidad notable para crecer en zonas de agua salada. En las costas de Río Negro la salinidad ronda entre 35-28 g/L. Es por ello, que en la condición de salinidad estudiada (27 g/L) las plantas no mostraron ningún signo de deficiencia en su crecimiento.

3.3. Análisis de expresión génica y funciones asociadas al estrés salino

Debido a que hasta el momento no se cuenta con el genoma ensamblado y anotado para la especie *S. alterniflorus*, los genes anotados se obtuvieron en base a comparaciones con datos previos en estudios con *S. marítima* (Ferreira de Carvalho *et al.*, 2013) y otras especies halófitas (Chelaifa, *et*

al., 2010). En este estudio se secuenciaron y ensamblaron 7.357 genes para hojas y 6.139 para raíces de *S. alterniflorus*, permitiendo la identificación de relaciones de ortología, localización celular y función biológica mediante herramientas como Blast2GO, Pfam, TIGR e InterPro.

Estos genes, evidenciaron una amplia diversidad de funciones biológicas y localizaciones subcelulares, con predominio de componentes plastidiales, mitocondriales y citoplasmáticos. Se destaca la presencia de genes relacionados con procesos metabólicos clave (síntesis de carbohidratos, compuestos nitrogenados, estrés osmótico), así como la identificación de familias génicas relevantes en salinidad, como genes relacionados con ubiquitinación, factores de transcripción y proteínas de defensa como Thaumatina.

El proceso de ensamblaje y anotación de los transcriptos reveló la expresión diferencial de 20 genes más altamente expresados en condiciones de estrés salino que en tratamiento sin salinidad para cada tejido (raíz y hoja), destacando una baja coincidencia entre los genes diferencialmente expresados en hoja y raíz, lo que sugiere respuestas transcriptómicas específicas por órgano (Tabla 1).

Entre los genes destacados se incluyen aquellos vinculados al transporte iónico (Na^+/H^+ , Ca^{2+}), la biosíntesis de solutos compatibles, la respuesta al estrés oxidativo y procesos metabólicos generales relacionados con carbohidratos y compuestos nitrogenados. Este trabajo representa un aporte clave al conocimiento de los mecanismos moleculares de adaptación a la salinidad, aportando un marco de referencia valioso para futuros estudios en especies halófitas.

Trabajos recientes en otras poblaciones, confirman parcialmente nuestros resultados. Todd *et al.* (2024, Plants), realizaron un análisis transcriptómico en *Sporobolus alterniflorus*, expuesto a distintos niveles de salinidad en ambientes naturales de la costa este de EE.UU, donde identificaron un conjunto de genes diferencialmente expresados ante el estrés salino, relacionados con transporte de iones (antiportadores Na^+/H^+ , canales de calcio), rutas metabólicas de solutos compatibles y respuestas

Tabla 1. Listado de 20 genes diferencialmente sobreexpresados en salinidad.

Nro.	Genes	Hojas	Raíces
1	Glyceraldehído-3-fosfatasa deshidrogenasa B	+++	+
2	Familia Fosforibulokinasa / Uridina kinasa	++	+
3	Translocador Tpt fosfato/ fosfoenolpiruvato	+	+
4	Piruvato, fosfato dikinasa	+	+
5	Factor de rápida alcalinización (RALF)	+	+
6	Módulo de unión a carbohidrato en celulosa (BMs)	+	+
7	Metalotioneína	+	+
8	Peroxidasa	+	+
9	Factor de transcripción	++	+++
10	Tolerancia salina	++	+
11	Estrés osmótico	++	+
12	Inducible por presencia de sal	-	-
13	Transporte de sodio	++	+
14	Antiporte vacuolar	+++	+
15	Antioxidante	+++	+
16	Familia Proteínas Thaumatina	+	+
17	Familia de simporte de sodio (<i>Sodium Bile acid</i>)	-	+
18	Familia Inositol monofosfatasa [Joshi <i>et. al.</i> , 2013]	+	++
19	Factor adenosina difosfato de ribosilación (<i>ADP-ribosylation</i>)	+	+
20	SUMO proteínas de ubiquitina (activación + conjugación)	+++	+++

hormonales. Aunque su abordaje es más ecológico y orientado al entorno natural, sus hallazgos son consistentes con los patrones observados en nuestro trabajo, principalmente en relación con la presencia de genes codificantes de antiportes vacuolares (Gonzalez *et al.*, 2024). Esta respuesta fisiológica podría ser importante en la resistencia a la salinidad para la planta.

Más recientemente, el estudio de Payet *et al.* (2024, Nature Communications) profundiza en la caracterización funcional de los genes responsables de la síntesis de dimetilsulfoniopropionato (DMSP), un compuesto compatible clave en la adaptación a ambientes salinos. Trabajando con *Sporobolus anglicus*, identifican y validan enzimáticamente genes específicos de esta vía. Esta investigación constituye el primer reporte funcional en plantas superiores de la ruta completa de síntesis de DMSP, aportando una base concreta para futuras búsquedas de ortólogos en otras especies halófitas, como *S. alterniflorus*.

En este contexto, este trabajo se posiciona como un eslabón inicial fundamental en la generación de una base de datos transcriptómica bajo

condiciones experimentales controladas. Aunque en aquel entonces no se contaba con herramientas de anotación y bases de datos completas, como las actuales, los datos generados permiten hoy una reevaluación para la búsqueda de ortólogos de genes como los reportados por Payet *et al.* (2024), integrando así los conocimientos fisiológicos descritos con validaciones funcionales moleculares más recientes.

4.CONCLUSIONES

Este trabajo cumplió con sus objetivos centrales: caracterizar la expresión del ARN mensajero en *Sporobolus alterniflorus*, una especie halófito capaz de desarrollarse tanto en ambientes salinos como en condiciones no salinas. Se analizaron tejidos de hojas y raíces mediante técnicas de secuenciación de nueva generación (NGS), combinadas con enfoques bioinformáticos avanzados. El análisis se realizó a través de un ensamblaje *de novo* —es decir, sin disponer de un genoma de referencia para la especie— siguiendo metodologías validadas en estudios transcriptómicos (Wang *et al.*, 2009).

A partir de estos datos, se identificaron genes diferencialmente sobreexpresados en respuesta al estrés salino. El análisis de expresión reveló patrones consistentes con mecanismos de adaptación fisiológica, incluyendo la activación de rutas metabólicas asociadas al transporte iónico (Na^+/H^+ , Ca^{2+}), la biosíntesis de solutos compatibles (como prolina o glicina-betaína), la respuesta al estrés oxidativo y otros procesos clave relacionados con la homeostasis celular y la tolerancia a condiciones adversas.

En conjunto, los resultados aportan evidencia del potencial adaptativo de *S. alterniflorus* y fortalecen su perfil como organismo modelo para el estudio de la resistencia a la salinidad. Este conocimiento representa un recurso valioso para futuras estrategias de mejora genética en cultivos agrícolas, mediante la identificación de genes candidatos susceptibles de ser transferidos o editados con el fin de optimizar su rendimiento en ambientes salinos.

5. CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Los resultados obtenidos abren la puerta a nuevas investigaciones.

De cara al futuro, surgen dos aproximaciones en las que estamos trabajando:

1. Secuenciación del genoma de *S. alterniflorus* y comparación con el transcriptoma obtenido.

Actualmente, esta especie carece de un genoma de referencia completo, lo que limita la profundidad de los análisis funcionales y comparativos. Por ello, uno de nuestros objetivos prioritarios es la obtención del primer genoma nuclear ensamblado y anotado de *S. alterniflorus*. Se prevé el uso de tecnologías de tercera generación (como *Oxford Nanopore* o *PacBio HiFi*), capaces de resolver regiones repetitivas y estructuras complejas del genoma que suelen ser inaccesibles mediante plataformas tradicionales. Este recurso genómico permitirá reevaluar los transcritos obtenidos, mejorar la precisión de la anotación funcional y facilitar estudios evolutivos y comparativos con otras gramíneas de interés agrícola.

2. Validación funcional mediante edición genética en especies modelo y cultivos.

Los genes identificados como candidatos en *S. alterniflorus* ofrecen un potencial biotecnológico

relevante para mejorar la tolerancia a la salinidad en cultivos sensibles como el arroz (*Oryza sativa*), el trigo (*Triticum spp.*) o el algodón (*Gossypium spp.*). Con este objetivo, se plantea la generación de organismos genéticamente editados (OGEs) utilizando tecnologías de edición génica de alta precisión como CRISPR/Cas. La edición se implementará inicialmente en modelos in vitro, con el propósito de validar experimentalmente el efecto funcional de los genes candidatos en condiciones controladas. Si bien esta aproximación es técnicamente viable, sus resultados pueden variar según el contexto genómico de cada especie receptora, por lo que actualmente se encuentra en una etapa exploratoria.

Además de consolidar estas líneas futuras, este proyecto constituye un ejemplo concreto de cooperación interinstitucional entre la Facultad de Ciencias Marinas y la Facultad de Ciencias Agrarias. Cinco integrantes - entre investigadores, tesis y estudiantes en formación - provenientes de distintas disciplinas (genética, agronomía, bioinformática y biología molecular) trabajan de manera articulada, promoviendo una sinergia interdisciplinaria que enriquece los enfoques, fortalece las capacidades locales y proyecta nuevas instancias de formación y transferencia. Este tipo de colaboración nos permite no solo avanzar en la frontera del conocimiento científico, sino también generar herramientas que contribuyan a enfrentar desafíos concretos, como la salinización de suelos agrícolas, desde una perspectiva innovadora y sustentable.

6. REFERENCIAS

- Chelaifa, H., Mahé, F., & Ainouche, M. (2010). Transcriptome divergence between the hexaploid salt-marsh sister species *Spartina maritima* and *Spartina alterniflora* (Poaceae). *Molecular ecology*, 19(10), 2050–63. doi:10.1111/j.1365294X.2010.04637.x
- Conesa, A., & Götz, S. (2008). Blast2GO: A comprehensive suite for functional analysis in plant genomics. *International journal of plant genomics*, 2008, 619832. doi:10.1155/2008/619832
- Ferreira de Carvalho, J., Poulain, J., Da Silva, C., Wincker, P., Michon-Coudouel, S., Dheilly, A., Naquin, D., et al. (2013). Transcriptome de novo assembly from next-generation sequencing and comparative analyses in the hexaploid salt marsh species *Spartina maritima* and *Spartina alterniflora* (Poaceae). *Heredity*, 110(2), 181–93. doi:10.1038/hdy.2012.76
- Fitter AH y Hay R (2002) *Environmental Physiology of Plants* (3° ed.), Academic Press. 356 pp.

- González Flores Melisa; Coria C; Nicolas Bellora; Medina A. (2024). Identification of Salinity Resistance Genes in *Sporobolus alterniflorus* (Peterson & Saarela, 2014) through Transcriptomic Analysis. XIVCAB2C - 14th Argentinian Conference in Bioinformatics and Computational Biology. 7-8 November 2024. La Plata, Prov. de Buenos Aires, Argentina.
- Naciri, y., Caetano, s. y Salamin, n. (2012), Plant DNA barcodes and the influence of gene flow. *Molecular Ecology Resources*, 12: 575-580. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2012.03130.x>
- Payet, R.D., Bilham, L.J., Kabir, (2024). Elucidation of *Spartina* dimethylsulfoniopropionate synthesis genes enables engineering of stress tolerant plants. *Nat Commun* 15, 8568. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51758-z>
- Ringuelet E (1938) Estudio fitogeográfico del Rincón de Viedma. *Rev. Fac. Agr.* XXI: 15-186.
- Schreber (1838) *Flora italiana, ossia descrizione delle piante*.
- Todd, A.; Bhide, K.; Hayford, R.; Ayyappan, V.; Subramani, M.; Chintapenta, L.K.; Thimmapuram, J.; Ozbay, G.; Kalavacharla, V. Development of a Reference Transcriptome and Identification of Differentially Expressed Genes Linked to Salt Stress in Salt Marsh Grass (*Sporobolus alterniflorus*) along Delaware Coastal Regions. *Plants* 2024, 13, 2008. <https://doi.org/>
- Vervoorst, F.B. 1967. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). Serie Fitogeográfica. La vegetación de la República Argentina. VIII. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- Wang, Z., Gerstein, M., & Snyder, M. (2009). RNA-Seq: a revolutionary tool for transcriptomics. *Nature reviews. Genetics*, 10(1), 57–63. doi:10.1038/nrg2484

ARTÍCULO

DECODIFICANDO EL CÓDIGO DE LA VIDA: TESTIMONIOS DEL IMPACTO DE LA BIOINFORMÁTICA EN EL ESTUDIO DE LA AGRONOMÍA, BIODIVERSIDAD Y AMBIENTE

Lascano, C.^{1,2}; Ousset, J.^{1,2}; Mantegna, M.³; Giménez, G. N.^{1,4}; Pelufo, V.^{1,2}; Bergamo, N.²; Smith, J.A.¹; di Salvo, J.¹; Gonzalez Flores, M.^{2,3}; Reeb, P.^{1,4}; Aisen, E.^{1,2}; Bellora, N.⁵; deGarcia, V.^{2,3}; Jockers, E. R.²; Lopes, C.^{2,3}; Venturino, A.^{1,2*}

1- Instituto de Biotecnología Agropecuaria del Comahue. IBAC (CONICET-UNCo), Argentina.

2- Facultad de Ciencia Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

3- Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas. PROBIEN (CONICET-UNCo), Argentina.

4- Facultad de Economía y Administración, Universidad Nacional del Comahue, Argentina.

5- Fundación INTECNUS. Argentina.

* E-mail: aventul@yahoo.com.ar

RESUMEN

La bioinformática se ha consolidado como un lenguaje transversal que integra la biología, la informática y la estadística para enfrentar desafíos en la era de datos masivos. Hoy es una herramienta esencial en áreas como la biología y la agronomía. Este trabajo colectivo de investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias (FaCA) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo) busca divulgar cómo la bioinformática potencia líneas de investigaciones diversas, impulsando avances concretos en problemáticas ecológicas, ambientales y productivas. Mediante la combinación de tecnologías de secuenciación de tercera generación, el desarrollo de software y el análisis de datos biológicos, la comunidad científica de la FaCA ha incorporado la bioinformática como un eje estratégico que atraviesa múltiples enfoques de investigación. En este trabajo nos proponemos resumir, de manera divulgativa, el estado actual de las investigaciones desarrolladas por distintos grupos vinculados a la FaCA que aplican herramientas bioinformáticas en sus proyectos. Como perspectiva a futuro, se plantea consolidar una red interdisciplinaria de investigadores, que fortalezca la cooperación, optimice recursos y amplifique el impacto de la bioinformática en las ciencias agrarias.

Palabras clave: Ciencia de datos biológicos; diversidad biológica, biomarcadores, lenguaje de programación, red interdisciplinaria

1. INTRODUCCIÓN

La bioinformática es una disciplina que combina la biología, la informática y la estadística para entender mejor los datos que la biología moderna genera en abundancia. Surgió en los años 60, en un momento en que los avances en biología molecular empezaban a revelar los secretos del ADN y el funcionamiento de los genes. Desde entonces, ha crecido rápidamente y hoy en día es clave en áreas como la medicina, la agricultura y el cuidado del medio ambiente (Hogeweg, 2011). Uno de los conceptos fundamentales en biología es el "dogma central", que explica cómo la información genética fluye en los seres vivos: el

ADN se transcribe en ARN, y este ARN se traduce en proteínas, que cumplen muchas funciones en las células (Wang *et al.*, 2009). La bioinformática nos permite explorar cada uno de estos niveles: la genómica estudia todos los genes de un organismo y las regiones no codificantes; la transcriptómica analiza qué genes están activos en un momento dado; la proteómica se centra en las proteínas producidas por un organismo en una condición dada; y la epigenómica investiga cambios químicos que regulan la actividad de los genes sin alterar su secuencia (Feil y Fraga, 2012). Además, en ambientes complejos, como el suelo o en

microbiotas de animales, la metagenómica permite estudiar los genomas de múltiples microorganismos directamente en su hábitat, sin necesidad de cultivarlos (Thomas *et al.*, 2012), (Figura 1).

Para analizar toda esta información, los científicos utilizan herramientas informáticas avanzadas. La inteligencia artificial (IA), por ejemplo, funciona como un asistente virtual que aprende patrones a partir de los datos (Afgan *et al.*, 2022). Dentro de la IA, el aprendizaje profundo o "deep learning" simula redes neuronales inspiradas en el cerebro humano, permitiendo reconocer secuencias genéticas, estructuras de proteínas y comportamientos biológicos (Schatz *et al.*, 2010). Estas tecnologías ayudan a predecir cómo cambios en el ADN pueden afectar funciones celulares o cómo los microorganismos del suelo pueden ser utilizados en agricultura (Jumper *et al.*, 2021), entre muchos otros alcances.

Un avance importante ha sido el aumento en la capacidad de cómputo, que permite procesar enormes volúmenes de datos en menos tiempo (Logsdon *et al.*, 2020). Además, en los últimos años, se han desarrollado tecnologías de secuenciación de ADN de tercera generación, como Oxford Nanopore y PacBio, que permiten

leer regiones del genoma que antes eran difíciles de analizar, en tiempo real y con menor costo (Rang *et al.*, 2018)

Un ejemplo destacado de la aplicación de la bioinformática a nivel mundial es el desarrollo de *AlphaFold*, un sistema basado en inteligencia artificial que predice la estructura tridimensional de las proteínas con una precisión sorprendente, similar a la que logran los métodos experimentales. Esto les valió a sus creadores el Premio Nobel de Química en 2024.

En el campo de la agricultura y el medio ambiente, estas herramientas están ayudando a mejorar cultivos, caracterizar especies no exploradas y entender cómo los organismos se adaptan a cambios en su entorno (Parrott, 2016). En países como Argentina, Brasil y Chile, la genómica ha sido fundamental para desarrollar cultivos transgénicos resistentes a plagas, sequías y salinidad (Lewi *et al.*, 2010; Quevedo *et al.*, 2016; Trindade *et al.*, 2009). Además, los estudios epigenéticos están ayudando a comprender cómo las plantas y animales ajustan su funcionamiento ante condiciones cambiantes (Springer y Schmitz, 2017; Feil y Fraga, 2012). La bioinformática continúa abriendo nuevas puertas para mejorar la salud, la producción agrícola y la conservación del medio ambiente,

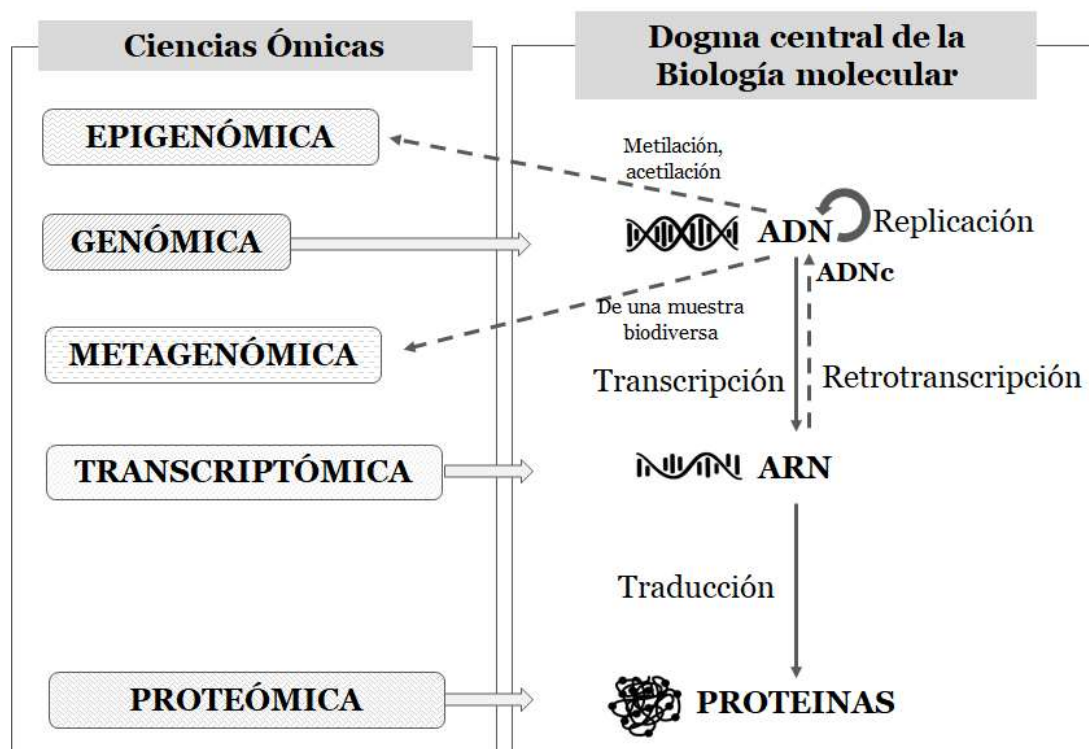


Figura 1. Relación entre el dogma central de la biología molecular y las ciencias ómicas.

demonstrando que la ciencia y la tecnología pueden ir de la mano para un futuro más sostenible.

Las líneas de investigación vinculadas a la Facultad de Ciencias Agrarias (FaCA) no fueron ajenas a esta revolución bioinformática. De hecho, algunos grupos de trabajo fueron pioneros en integrar análisis bioinformáticos incluso antes de la irrupción masiva de la inteligencia artificial y de las nuevas tecnologías de secuenciación. Con el impulso del acceso a tecnologías de secuenciación cada vez más rápidas y accesibles, y gracias a la formación continua de recursos humanos especializados, la bioinformática se ha vuelto una herramienta transversal que atraviesa y potencia múltiples proyectos de investigación en la FaCA.

Este trabajo tiene como objetivo divulgar cómo la bioinformática, está transformando distintas líneas de investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias (FaCA-UNCo). Desde la exploración de la biodiversidad de microorganismos del rumen ovino, caracterización de nuevas especies de microorganismos, hasta la búsqueda de biomarcadores ambientales y llegando a la secuenciación del Huemul, la bioinformática emerge como un lenguaje común que conecta áreas antes disociadas, promoviendo innovaciones concretas y agendas comunes entre Investigadores de la FaCA de diferentes líneas e Institutos.

2. APLICACIONES DE LA BIOINFORMÁTICA: AVANCES Y DESAFÍOS EN LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN DE LA FaCA

2.1 Detección de biomarcadores ambientales y aplicaciones de la bioinformática en la agronomía y especies en peligro de extinción de la Patagonia

Laboratorio Toxicología de Contaminantes Ambientales en Organismos Acuáticos. IBAC (CONICET-UNCo)

Hace aproximadamente una década, el Grupo de Toxicología de Contaminantes Ambientales en Organismos Acuáticos comenzó a investigar cómo los contaminantes afectan a los organismos acuáticos a nivel molecular. Nuestro interés se centró en entender qué cambios ocurren en la expresión de los genes cuando los organismos se exponen a distintas condiciones ambientales.

Para ello, incorporamos nuevas tecnologías de análisis masivo de la expresión génica (análisis transcriptómicos), que permiten identificar de manera simultánea miles de genes que se activan o silencian frente a diferentes tipos de exposición.

Nuestros primeros estudios de laboratorio se enfocaron en analizar cómo los insecticidas afectan el desarrollo del sapo autóctono *Rhinella arenarum*, una especie representativa de nuestra región. A través de la secuenciación de más de 57.000 transcriptos, observamos que tanto el tipo de insecticida como la duración de la exposición modificaban de manera específica los patrones de expresión génica, permitiendo identificar conjuntos de genes que podrían actuar como biomarcadores de exposición a diferentes contaminantes. Llevando nuestros estudios a campo, encontramos diferencias en los perfiles de expresión génica de los renacuajos provenientes de cuerpos de agua en sitios de diferente uso: actividades frutihortícolas con uso de agroquímicos; explotaciones de gas y petróleo; zonas urbanas. Todos estos resultados nos llevan a la posibilidad de generar una herramienta muy potente para identificar situaciones de estrés ambiental a través del análisis masivo de biomarcadores, que denominamos “biomarcómica”.

Este camino nos ha llevado a integrar un grupo necesariamente multidisciplinario, donde combinamos los trabajos de toxicología molecular a través de las tecnologías de secuenciación masiva con el desarrollo de herramientas de Bioinformática para poder llevar adelante el análisis masivo de datos. Este nuevo grupo en el IBAC, de la FaCA, es transversal a las demás líneas de trabajo brindando el soporte científico-tecnológico en la medida de su crecimiento y posibilidades. Por ejemplo, en la frontera de nuestro proyecto, planeamos trabajar en áreas de la inteligencia artificial que incluyen el reconocimiento de patrones y los algoritmos de aprendizaje automático, aprendizaje profundo y redes neuronales, aplicados a la biomarcómica como herramienta de evaluación de riesgo ambiental. Esto requiere desarrollar herramientas computacionales y de análisis de datos que permitan extraer, procesar y visualizar información en las estructuras complejas de los sistemas biológicos y productivos.

A su vez, el grupo de bioinformáticos ya ha venido ganando experiencia a partir del estudio de imágenes en cultivos frutícolas. Otros ejemplos que pueden mencionarse:

La aplicación a “metagenómica ambiental”, que permite identificar las comunidades de microorganismos que habitan en muestras de frutos, suelos o aguas contaminadas, sin necesidad de cultivarlos en laboratorio. Estos estudios no solo amplían nuestro conocimiento sobre la biodiversidad oculta en estos ambientes, sino que también ofrecen nuevas oportunidades para diseñar estrategias de monitoreo ambiental, desarrollar soluciones biotecnológicas de biorremediación y orientar políticas públicas que promuevan una gestión más sostenible de los recursos naturales.

La formación de recursos humanos especializados en tecnologías de secuenciación de tercera generación (Oxford Nanopore), junto con el fortalecimiento de colaboraciones internacionales, ha permitido expandir nuestras metas hacia nuevas fronteras. Un ejemplo reciente de este avance es el proyecto que estamos desarrollando en conjunto con la Fundación Shoonem, el cual contempla la secuenciación del genoma del huemul (*Hippocamelus bisulcus*), una especie autóctona de la Patagonia en peligro de extinción. La información genómica generada será depositada en bases de datos de acceso público, y constituirá una herramienta clave para la toma de decisiones en estrategias de conservación, aportando una base científica sólida que fortalezca las políticas de preservación de la biodiversidad (Figura 2).

2.2 Descubriendo el potencial biotecnológico de una levadura poco explorada

Laboratorio de microbiología y biotecnología de levaduras de PROBIEN; INTECNUS

La comunidad científica internacional ha puesto especial énfasis en estudiar las levaduras no convencionales (diferentes a *Saccharomyces cerevisiae*), dado su gran potencial biotecnológico. Estas investigaciones suelen comenzar con la comparación genómica, una herramienta clave para entender las bases genéticas que explican sus características distintivas y su metabolismo particular.

Entre estos organismos, una especie emergente que sobresale es *Starmerella magnoliae*, conocida por sus propiedades metabólicas

interesantes para la industria alimenticia y su la capacidad de adaptarse a ambientes estresantes. Estas levaduras muestran, por ejemplo, preferencia por consumir fructosa por sobre la glucosa (fructofilia) y alta tolerancia a ambientes osmóticamente extremos. Además, son capaces de producir endulzantes naturales como eritritol y manitol (Kurtzman, 2011; Yu *et al.*, 2006). No obstante, existe muy poca información sobre su ecología, genética e historia evolutiva.

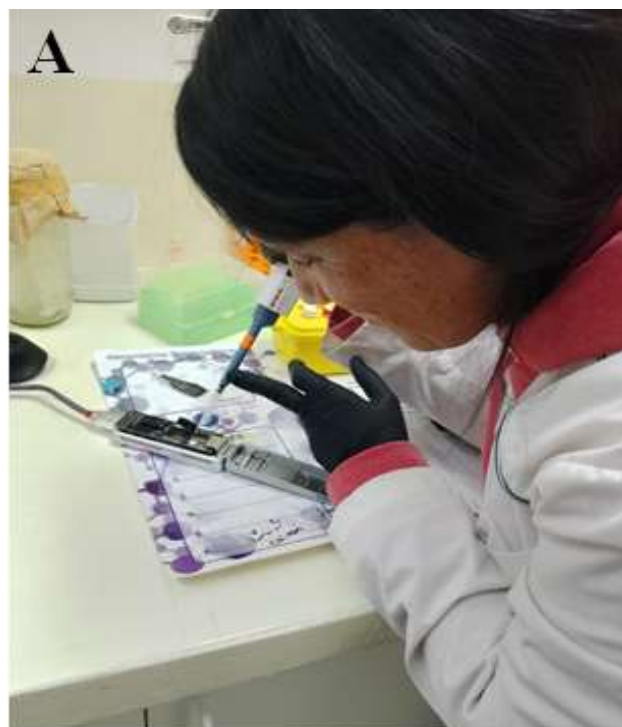


Figura 2. Secuenciación en IBAC (CONICET-UNCo). A. Cargando una muestra para secuenciación masiva en el minidispositivo de Oxford Nanopore Tech (MinION o coloquialmente “minion”). B: El dispositivo de secuenciación masiva conectado vía USB a notebook, donde puede seguirse el proceso en tiempo real.

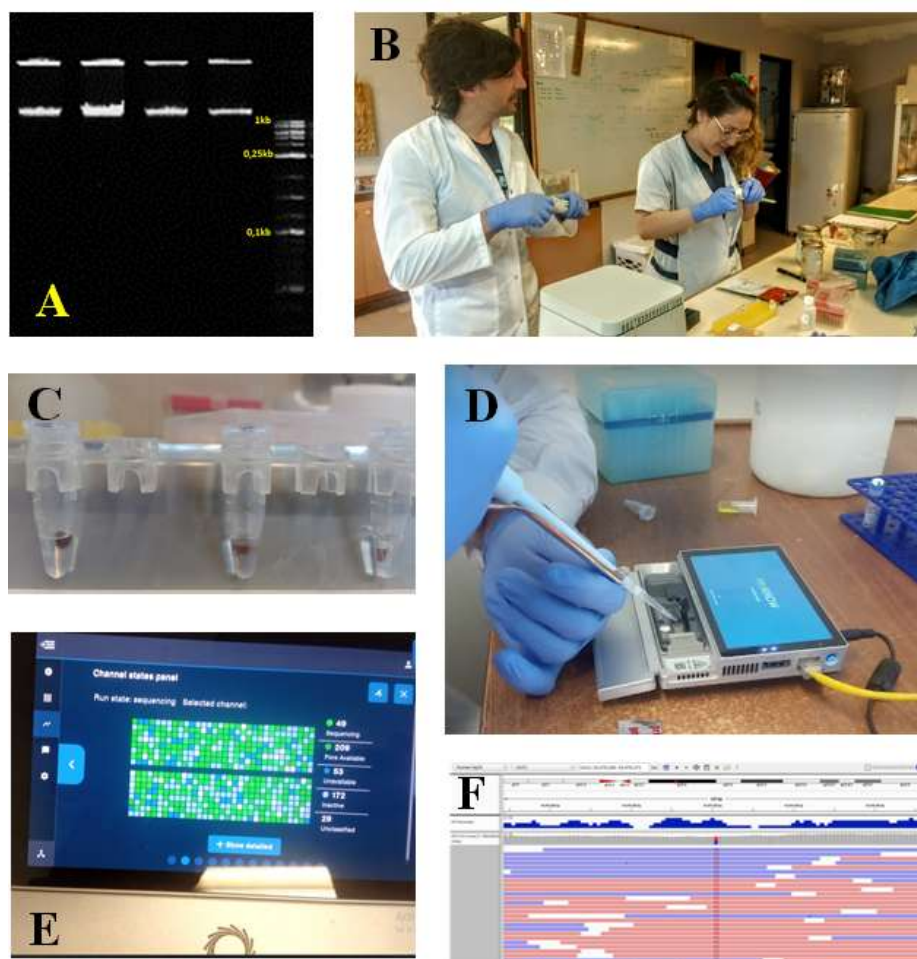


Figura 3. Flujo de trabajo de secuenciación por Oxford Nanopore en levaduras. A. Gel de agarosa de integridad de ADN de alto peso molecular y calidad. B: Preparación de librerías para secuenciación genómica. C: Purificación de ADN genómico utilizando perlas magnéticas. La imagen muestra tubos Eppendorf con ADN adherido a las bolitas imantadas, una etapa clave en la preparación de muestras para la secuenciación de alta precisión mediante tecnología Oxford Nanopore. D: Carga de librería en equipo MinION 1K. E: Pantalla que muestra el estado de los poros del equipo secuenciando. F: Ensamblado del genoma de levaduras, trabajando *in silico*.

En particular, trabajos recientes han detectado la presencia predominante de diferentes poblaciones de *Starmerella magnoliae* en las mieles de la Patagonia, y han sido los primeros en abordar el análisis filogenético de la especie a nivel mundial (Kleinjan *et al.*, 2024), sentando las bases para explorar con mayor profundidad los genomas de estas poblaciones. La Patagonia podría ser el nicho ecológico natural de estos recursos genéticos nunca explorados. Es por ello, que, en el marco de una tesis Doctoral iniciada recientemente, se pretende hacer uso de herramientas de secuenciación de tercera generación (Oxford Nanopore y PacBio) para resolver el primer genoma de la especie. Los objetivos de este trabajo se encuentran orientados a entender los procesos evolutivos que actúan sobre esta especie en la Patagonia, región que parece contener la mayor diversidad genética de

la especie a nivel mundial, de acuerdo con resultados preliminares del grupo de trabajo. Por último, en el marco de la tesis doctoral mencionada, se hará foco en las aplicaciones industriales de la misma, haciendo uso de datos transcriptómicos obtenidos en condiciones de interés para la industria alimenticia, con especial énfasis en la industria de bebidas fermentadas. Para ello, se utilizarán análisis computacionales que permitan predecir qué metabolitos secundarios y rutas metabólicas tienen potencial biotecnológico en estas levaduras.

Este proyecto representa un paso importante para potenciar el conocimiento y el aprovechamiento de *S. magnoliae*, una levadura no convencional con gran potencial biotecnológico para elaborar bebidas y otros productos de interés industrial (Figura 3).

2.3. Software libre y lenguajes de programación: aliados clave para entender la vida en la era de los datos masivos

Departamento de Estadística. FAEA-UNCo

En la actualidad, el análisis de datos biológicos y agronómicos representa un desafío cada vez más complejo. El acelerado desarrollo de tecnologías, tanto en equipos de secuenciación como en sensores de diversa índole, ha generado volúmenes de datos sin precedentes. Esta sobreabundancia de información demanda herramientas analíticas eficaces, capaces de procesar, modelar e interpretar datos con rapidez y precisión.

En este contexto, se vuelve imprescindible el uso de softwares dinámicos y potentes que permitan automatizar tareas, gestionar grandes volúmenes de información y construir rutinas de análisis reproducibles. Así, el manejo de lenguajes de programación se ha convertido en una competencia fundamental para profesionales en ciencias agrarias, biológicas y afines.

Entre los lenguajes más utilizados se destacan R y Python. R, desarrollado por Ross Ihaka y Robert Gentleman (Ihaka & Gentleman, 1996), tiene un enfoque estadístico desde sus orígenes y está orientado principalmente al análisis de datos y la modelización estadística. Python, creado por Guido van Rossum (Van Rossum & Drake, 2009), proviene del campo del desarrollo informático, y se ha consolidado como un lenguaje versátil, especialmente eficaz en tareas de inteligencia artificial, como el análisis de imágenes y el aprendizaje profundo. Además, su capacidad para manejar estructuras de datos complejas lo convierte en una herramienta de amplio uso en entornos científicos y técnicos.

Pese a sus diferencias, R y Python no deben considerarse herramientas excluyentes, sino complementarias. Una característica clave de ambos lenguajes es que se desarrollan bajo la filosofía del software libre: son de acceso gratuito, de código abierto y fomentan la colaboración y la innovación compartida.

R funciona como una suite estadística soportada por el R Core Team, con una vasta colección de funciones y paquetes desarrollados por una comunidad global. En el ámbito de la bioinformática, R dispone de un repositorio llamado Bioconductor (Huber *et al.*, 2015), una plataforma que concentra paquetes, libros y librerías especializadas para el análisis de

secuencias genéticas y datos ómicos. Este entorno facilita el diseño de herramientas adaptadas a problemas biológicos complejos. Python, por su parte, permite la integración de modelos complejos y cuenta con bibliotecas específicas para bioinformática, como Biopython, promovida por la fundación Open Bioinformatics (Cock *et al.*, 2009). Uno de los grandes retos actuales en bioinformática es la combinación de dos factores: la masividad de los datos y la alta dimensionalidad de las variables. Desde el equipo que se nuclea en el marco del proyecto “*Modelización en contexto de aprendizaje estadístico (Statistical Learning)*”, se abordan estas problemáticas mediante el estudio y aplicación de modelos y algoritmos de aprendizaje estadístico, con el objetivo de interpretar fenómenos biológicos, agronómicos y procesos económicos y generar predicciones confiables.

El aprendizaje estadístico abarca modelos tanto de origen estadístico como informático. Su enfoque metodológico central implica la partición del conjunto de datos en dos instancias: una de entrenamiento, utilizada para ajustar y calibrar los modelos, y otra de prueba, destinada a evaluar su desempeño predictivo. Entre los enfoques más difundidos se encuentran los modelos supervisados, no supervisados y por refuerzo. Los modelos supervisados —aquellos que utilizan una variable de respuesta conocida— tienen especial relevancia por su aplicabilidad en contextos predictivos.

Dentro de las tareas que el equipo desarrolla, se destaca la evaluación comparativa de modelos por su capacidad predictiva, según las características de los datos analizados. Entre ellos, se incluyen modelos clásicos como la regresión lineal y los modelos lineales generalizados, así como técnicas avanzadas como los árboles de decisión y regresión, las máquinas de soporte vectorial, las redes neuronales (incluyendo redes profundas), y diversas combinaciones híbridas entre estos enfoques (Figura 4).

2.4. Microbiota Ruminal y Nuevas Estrategias Alimentarias en la Producción Ovina Patagónica

Laboratorio de microbiología y biotecnología de levaduras de PROBIEN

La ganadería ovina es la principal actividad agropecuaria en la Patagonia, destacándose por su extensión, número de productores y su impacto económico. Sin embargo, el pastoreo extensivo ha provocado problemas como el desgaste dental prematuro en ovejas y la desertificación del suelo. Una alternativa en crecimiento es la cría ovina en áreas bajo riego en el norte patagónico, que mejora la productividad mediante pasturas cultivadas y suplementación estratégica (como maíz y expeller de soja).

Los rumiantes, gracias a su rumen, pueden digerir fibras vegetales complejas mediante una comunidad microbiana diversa (bacterias, protozoos, hongos, arqueas y virus), cuya composición depende en gran medida de la dieta. Estos microorganismos contribuyen con

nutrientes esenciales como proteínas microbianas, ácidos grasos volátiles (AGV) y vitaminas. Cambios abruptos en la dieta pueden afectar negativamente la microbiota y causar trastornos digestivos.

Las levaduras, como fuente de proteína unicelular, tienen potencial como suplemento, aunque su efecto en ovejas no está completamente comprendido. El pH ruminal es un indicador clave para evaluar el equilibrio microbiano y digestivo, y depende de la dieta (proporción forraje/concentrado). Nuevas tecnologías como la metagenómica han revelado una mayor diversidad microbiana en el rumen de lo que se creía con métodos tradicionales, superando las 3000 especies.

Este conocimiento ha dado lugar a investigaciones globales (como el proyecto Hungate 1000) que buscan optimizar la productividad animal y reducir el impacto ambiental. En este contexto, el estudio propuesto analizará el efecto de dietas alternativas (fibra cero, proteína unicelular y pastura consociada) sobre los parámetros productivos y la microbiota ruminal de corderas Merino en el Alto Valle de Río Negro, mediante técnicas metagenómicas.

En el marco de una tesis de Maestría que se está desarrollando en la FaCA-UNCo, se pretende analizar el impacto de distintas dietas sobre la microbiota ruminal de corderas Merino mediante técnicas metagenómicas. A su vez, se describirán las poblaciones microbianas según dieta y se evaluará la correlación entre dieta y tipos de microorganismos (Figura 5).

3. CONCLUSIONES

La bioinformática se ha consolidado como un pilar transversal en las Ciencias Agrarias, permitiendo abordar problemáticas complejas mediante el análisis integrado de datos biológicos. A través de las experiencias presentadas en este trabajo, se evidencia cómo diversas líneas de investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCo han incorporado herramientas bioinformáticas para expandir sus objetivos científicos y lograr aplicaciones concretas en conservación y caracterización de biodiversidad, monitoreo

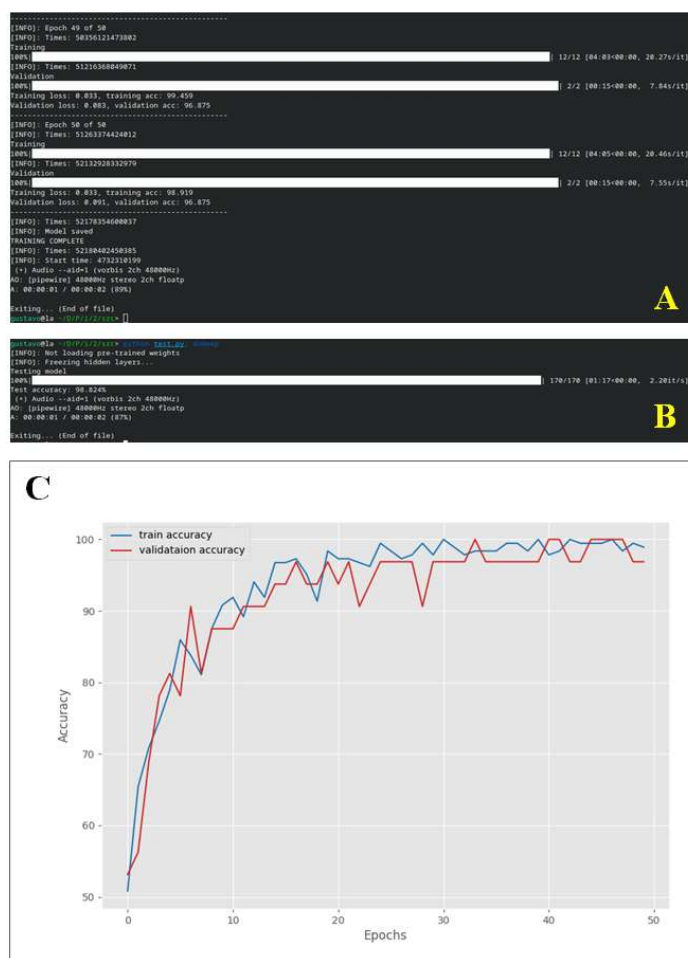


Figura 4. Imágenes de ejemplos de trabajo *in silico*. A: Script de entrenamiento de una red neuronal profunda utilizando Pytorch en Python. B: Script de testeo de una red neuronal profunda utilizando Pytorch en Python. C: Gráfico de la precisión de la red neuronal profunda a medida ésta se va entrenando. La predicción en el entrenamiento alcanza el 99%.

ambiental y el diseño de nuevos programas para el análisis de datos masivos.

El crecimiento de estas capacidades ha sido posible gracias a la visión interdisciplinaria de los grupos de trabajo, que han integrado conocimientos de biología molecular, estadística, informática y ciencia de datos. A su vez, la formación continua de recursos humanos, capacitados en nuevas tecnologías de secuenciación, análisis de datos masivos y programación, es el motor que sostiene estos avances.

4. PERSPECTIVAS A FUTURO

De cara al futuro, el desafío principal será consolidar una red interdisciplinaria de bioinformática aplicada dentro de la Facultad de Ciencias Agrarias, que conecte investigadores de distintas áreas e institutos bajo un enfoque colaborativo. Esta red buscará favorecer la capacitación en análisis de datos ómicos, programación, inteligencia artificial y modelización predictiva, así como optimizar el

uso compartido de equipamientos, softwares, hardware, protocolos de secuenciación y potenciar la transferencia del *know-how* de cada profesional.

Asimismo, se espera impulsar la formación de los recursos humanos especializados a través de pasantías, cursos y seminarios donde todos los integrantes serán convocados.

5. REFERENCIAS

- Afgan, E., Baker, D., Batut, B., Van Den Beek, M., Bouvier, D., Čech, M., & Taylor, J. (2022). The Galaxy platform for accessible, reproducible and collaborative biomedical analyses: 2022 update. *Nucleic Acids Research*, 50(W1), W345–W351. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac247>
- Cock, P. J. A., Antao, T., Chang, J. T., Chapman, B. A., Cox, C. J., Dalke, A., ... & de Hoon, M. J. L. (2009). Biopython: Freely available Python tools for computational molecular biology and bioinformatics. *Bioinformatics*, 25(11), 1422–1423. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp163>
- Feil, R., & Fraga, M. F. (2012). Epigenetics and the environment: Emerging patterns and implications. *Nature Reviews Genetics*, 13(2), 97–109. <https://doi.org/10.1038/nrg3142>
- Hogeweg, P. (2011). The roots of bioinformatics in theoretical biology. *PLoS Computational Biology*, 7(3), e1002021. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1002021>
- Huber, W., Carey, V. J., Gentleman, R., Anders, S., Carlson, M., Carvalho, B. S., ... & Morgan, M. (2015). Orchestrating high-throughput genomic analysis with Bioconductor. *Nature Methods*, 12(2), 115–121. <https://doi.org/10.1038/nmeth.3252>
- Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). R: A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5(3), 299–314. <https://doi.org/10.2307/1390807>
- Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., & Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583–589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>
- Kleinjan, V., González Flores, M., Rodríguez, M. E., Apablaza, O., & Lopes, C. A. (2024). Diversidad y potencial biotecnológico de levaduras aisladas de mieles patagónicas. *Boletín Digital de la FACA*, 2(1), 2–6. ISSN: 1852-4559.
- Kurtzman, C. P. (2011). Phylogeny of the ascomycetous yeasts and the renaming of *Pichia anomala* to *Wickerhamomyces anomalus*. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 99(1), 13–23. <https://doi.org/10.1007/s10482-010-9505-6>
- Lewi, D. M., Lamas, A. M., & Oglietti, J. A. (2010). Transgenic crops in Argentina: Present and future. *Electronic Journal of Biotechnology*, 13(1), 1–12. <https://doi.org/10.2225/vol13-issue1-fulltext-1>
- Logsdon, G. A., Vollger, M. R., & Eichler, E. E. (2020). Long-read human genome sequencing and its



Figura 5. Alimentación de majada ovina de la FACA, con dietas específicas. B: Líquido ruminal ovino, utilizado para realizar extracción de ADN y metagenómica.

- applications. *Nature Reviews Genetics*, 21(10), 597–614. <https://doi.org/10.1038/s41576-020-0236-x>
- Parrott, W. (2016). *Genetically engineered crops: Experiences and prospects*. National Academies Press.
- Quevedo, R., Olivares, B., & Avilés, F. (2016). Advances in biotechnology applied to agriculture in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 76(1), 1–13. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000100001>
- Rang, F. J., Kloosterman, W. P., & de Ridder, J. (2018). From squiggle to basepair: Computational approaches for improving nanopore sequencing read accuracy. *Genome Biology*, 19(1), 90. <https://doi.org/10.1186/s13059-018-1462-9>
- Schatz, M. C. (2010). *Cloud Computing and the DNA Data Race*. *Nature Biotechnology*, 28, 691–693.
- Springer, N. M., & Schmitz, R. J. (2017). Exploiting induced and natural epigenetic variation for crop improvement. *Nature Reviews Genetics*, 18(9), 563–575. <https://doi.org/10.1038/nrg.2017.45>
- Thomas, T., Gilbert, J., & Meyer, F. (2012). *Metagenomics-a guide from sampling to data analysis*. Microbial informatics and experimentation, 2 (1), 3. <https://doi.org/10.1186/2042-5783-2-3>.
- Trindade, L. M., Van der Linden, C. G., Timmers, J., & Schilperoort, R. A. (2009). Genetic modification of lignin biosynthesis for improved biofuel production. *Current Opinion in Biotechnology*, 20(3), 315–320. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2009.05.008>
- Van Rossum, G., & Drake, F. L. (2009). *Python 3 Reference Manual*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Yu, J. H., Oh, D. K., & Kim, S. W. (2006). Selective utilization of fructose to glucose by *Candida magnoliae*, an erythritol producer. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 131(1-3), 870–879. <https://doi.org/10.1385/ABAB:131:1:870>

ARTÍCULO

HUELLA ECOLÓGICA DE LA PRODUCCIÓN FRUTÍCOLA CONVENCIONAL Y ORGÁNICA EN RÍO NEGRO Y NEUQUÉN

Lorenzo, H. A.^{1*}

1- Facultad de Ciencias Agrarias, Dpto. Recursos Naturales, Cátedra de Hidráulica e Hidrología Agrícola, Universidad Nacional del Comahue, Río Negro, Argentina.

** E-mail: alorenzo2730@yahoo.com.ar*

RESUMEN

Existe la tendencia en la fruticultura desarrollada en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, en Argentina, al incremento de la eficiencia de las prácticas convencionales para reducir el consumo y uso de insumos costosos, escasos, o ambientalmente nocivos. Además, a sustituir prácticas e insumos convencionales por prácticas alternativas sostenibles. La huella ecológica corporativa global es un indicador de sostenibilidad ambiental relativamente fácil de calcular si se cuenta con un registro de gastos de consumos, resume en un solo dato la intensidad del impacto que la actividad de una determinada empresa provoca y se expresa en unidades de superficie, por lo general en hectáreas biológicamente productivas. El objetivo de este trabajo es detectar y validar las principales fuentes de CO₂ (dióxido de carbono) emitido por el consumo de los insumos más relevantes y contrastarlas con los posibles sumideros de este GEI (Gas de Efecto Invernadero) en unidades productivas del Alto Valle de Río Negro y Neuquén en Argentina, bajo sistemas de producción orgánicos y convencionales mediante el indicador ambiental, huella ecológica corporativa global. En conclusión, la metodología de cálculo de este indicador de sostenibilidad ambiental resulta accesible de ser replicado en otras unidades productivas. Los resultados obtenidos muestran que el consumo de combustibles, en particular de diésel bajo sistema orgánico, emite más CO₂ que los consumos de electricidad y materiales. Además, tanto las chacras con manejo convencional como las que poseen certificación orgánica tienen superávit ambiental o “ganancia ecológica”. bajo las condiciones de trabajo analizadas, estatus que puede replicarse a nivel regional.

Palabras clave: Alto Valle, sistema convencional, sistema orgánico, fuente de dióxido de carbono.

1. INTRODUCCIÓN

En términos generales la agricultura orgánica se basa en premisas relacionadas con la agroecología, ciencia que utiliza conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables, donde los insumos externos se sustituyen por procesos naturales como la fertilidad natural del suelo y el control biológico. Bajo estas premisas se acumula materia orgánica en el suelo e incrementa la biota del suelo, minimizando el daño por plagas, enfermedades y malezas, conservando suelo, agua, biodiversidad y recursos, además de promover a largo plazo la productividad agrícola con productos de calidad y un valor nutricional óptimo (Altieri, 2012). De todos modos, la diferencia más destacada entre los sistemas orgánicos y convencionales radica en que para

los orgánicos no es posible utilizar insumos sintéticos, mientras que para el caso de los convencionales se permite el uso de productos de origen natural o de síntesis.

La huella ecológica es un indicador que mide y evalúa el impacto de nuestras acciones sobre la capacidad de renovación natural (Wackernagel, 1998). Además, es un indicador de sustentabilidad que mide los impactos que produce una determinada población, expresados en hectáreas de “naturaleza” (Caselles *et al.*, 2008). La huella ecológica clásica es adaptable y aplicable a cualquier organización, ya que también son consumidoras de bienes y servicios. Así surge el concepto de Huella Ecológica Corporativa.

Un concepto complementario al de huella ecológica corporativa es la contra-huella de un territorio que pueda aportar una empresa

determinada. La contra-huella se define como la superficie biológicamente productiva (cultivos, pastos, mar productivo o bosques) disponible (Doménech Quesada, 2007).

La diferencia entre huella ecológica corporativa y contra-huella corporativa se define como “déficit ecológico” cuando el valor resulta negativo. Por el contrario, si el valor es positivo se habla de “superávit ambiental” o “ganancia ecológica”.

Entonces es posible deducir que un sistema será sustentable si es económicamente viable, ecológicamente adecuado y socialmente aceptable (Sarandón *et al.*, 2009).

Las hipótesis planteadas son:

- Es posible estimar la huella ecológica corporativa global de las chacras para un período determinado.
- Las chacras bajo manejo convencional poseen mayor emisión de CO₂, para el momento y las condiciones consideradas.
- Las chacras con certificación orgánica tienen superávit ambiental.
- Las chacras manejadas convencionalmente poseen déficit ecológico para el momento y las condiciones consideradas.

Los objetivos específicos propuestos son:

- Estimar la huella ecológica corporativa global de chacras bajo manejo convencional y bajo certificación orgánica en un momento determinado.
- Estimar las toneladas de CO₂ emitidas por el consumo de energía, combustible y materiales en un momento determinado.

- Obtener el balance ecológico de chacras bajo manejo convencional y certificación orgánica en un momento determinado.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La región estudio es el Alto Valle de las provincias de Río Negro y Neuquén en Argentina, donde se realiza la producción primaria de peras y manzanas principalmente.

La información fue obtenida de unidades productivas con manejo convencional y otras con certificación orgánica, según se muestra en la tabla 1, durante la temporada 2018-2019.

Para los cálculos de huella se tuvieron en cuenta consumos asociados a: 1) Electricidad, 2) Combustibles y 3) Materiales. Tales consumos fueron adjudicados al origen o tipo de ecosistema involucrado según corresponda (energía fósil, tierra cultivable, pastizal, bosque y terreno construido).

Luego, se realizó el cálculo de la huella ecológica global corporativa, cuya base fundamental para realizarlo, fue la división del consumo (Gigajoules/año) por la productividad energética (Gigajoules/hectárea/año) ó cantidad de energía que puede producir o asimilar una hectárea de terreno en un lapso de tiempo determinado.

Por otro lado, se realizó la estimación de la huella ecológica corporativa correspondiente al uso del suelo. Con el software Google Earth se estimaron las superficies (hectáreas) de los distintos usos del suelo para cada chacra. Los ecosistemas considerados fueron: a) Cultivos (árboles frutales), b) Pastizal (cobertura verde del

Tabla 1. Características más relevantes de las unidades productivas consideradas en el trabajo.

Zona	Identificación unidad productiva	Manejo productivo	Textura ¹	Ubicación
Este	Establecimiento “La Magnolia”	Orgánico	fA	39°05'04,7"S 67°21'33,5"O
	Rubén Darío Testa	Convencional	fa	39°02'53,9"S 67°13'56,4"O
Centro	Establecimiento “La Carolina”	Orgánico	fA	39°04'56,5"S 67°35'44,1"O
	Carlos Natalini	Convencional	fA	39°05'30,3"S 67°35'10,9"O
Oeste	Establecimiento “Nicolás”	Orgánico	fA	38°31'05,3"S 68°28'35,6"O
	Juan José Ibáñez	Convencional	f	38°38'9,49"S 68°15'58,3"O

(1). Texturas: fA (franco arenosa), fa (franco arcillosa), f (franco).

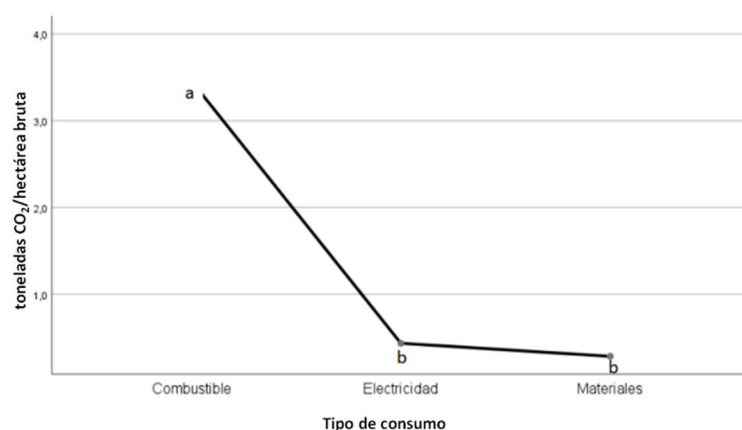


Figura 1. Diferencias de toneladas de CO₂/ hectárea bruta según tipo consumo.

interfilar), c) Bosques (macizos y cortinas rompeviento), d) Terreno construido (viviendas, oficinas, galpones y zonas con circulación intensa de maquinaria).

Luego de obtenida la huella de los “cultivos”, de los “bosques”, de los “pastizales”, del “terreno construido” y de la “energía fósil”, se estimó la huella ecológica corporativa global final equivalente usando los factores de equivalencia, con el objetivo de normalizar las hectáreas globales (Doménech Quesada, 2007).

Con el fin de ponderar estos valores, a partir de las hectáreas obtenidas de la huella, se estimaron las toneladas de CO₂ por hectárea bruta de chacra como variable de respuesta para los análisis estadísticos.

A partir de software STATISTICA 8.0 de StatSoft, Inc. se realizaron los siguientes estudios estadísticos: 1) Experimento factorial, donde se compararon 2 (dos) factores, “Tipo de consumo energético” y “Sistema productivo”; 2) Experimento factorial, donde se compararon 2 (dos) factores, “Consumo de distintos tipos de combustibles” y “Sistema productivo”; 3) Experimento factorial, donde se compararon 2 (dos) factores, “Consumo de distintos tipo de materiales” y “Sistema productivo”; 4) Comparación de dos medias (tn producidas de CO₂ en el consumo de electricidad/ ha bruta) para el factor de tratamiento “Sistema Productivo” (grupos convencional y orgánico) y 5) Comparación de dos medias (balance de tn de CO₂ / ha bruta) para el factor de

tratamiento “Sistema Productivo” (grupos convencional y orgánico).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se puede visualizar las diferentes de emisiones de CO₂/ hectárea bruta, entre el consumo de combustibles versus el consumo de electricidad y materiales.

En la figura 2 se distinguen tres niveles de consumo bien marcados. Por un lado, el consumo de leña en el sistema orgánico como el más elevado, siguiendo luego los consumos de leña en convencional y los de diésel para el sistema productivo orgánico. El más bajo nivel de consumo se da para los casos de diésel, gas y nafta en convencional al igual que para los casos de nafta y gas en orgánico.

Además, los análisis de varianza correspondientes evidenciaron que no existen diferencias significativas entre el consumo de materiales en sistemas orgánicos y convencionales. Igualmente, no existen diferencias significativas entre las toneladas de CO₂ liberadas por el consumo de electricidad para los dos sistemas productivos considerados. Cuando se realizó la diferencia entre huella y contra-huella expresada en toneladas de CO₂ por hectárea bruta, se pudo evidenciar para los casos considerados, el superávit ambiental para todas las chacras. Sin embargo, cuando se compararon los balances de CO₂ para los dos sistemas productivos, se mostró mayor superávit ambiental para manejo convencional.

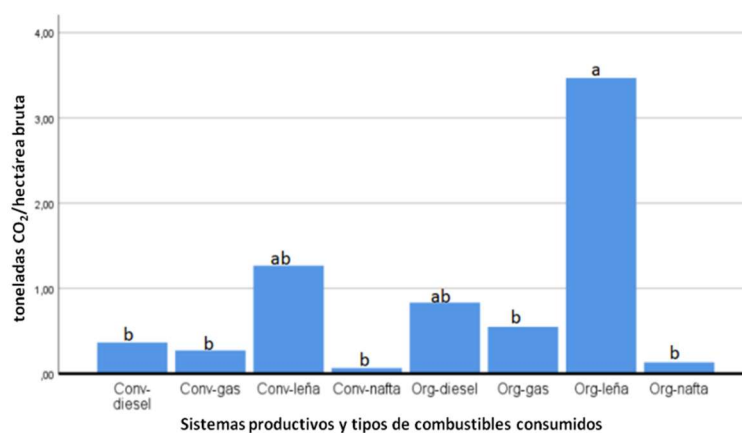


Figura 2. Comparación múltiple de medias de producción de tn CO₂/ha bruta entre grupos con diferente sistema productivo y tipo de combustible consumido.

Si se desglosan los tipos de combustibles fósiles, el consumo de leña en las unidades productivas refleja mayor cantidad de liberación de CO₂, principalmente en los sistemas productivos orgánicos, aunque esta necesidad no se considere inherente al tipo de manejo.

Las toneladas de CO₂/hectárea bruta producidas por el combustible diésel bajo sistema productivo orgánico son debidas a una mayor necesidad de realizar tratamientos fitosanitarios.

El consumo anual de materiales no parece ser una variable que refleje una gran producción de CO₂ para los sistemas productivos considerados. Sin embargo, a nivel visual se puede observar mayor consumo de fertilizantes (inorgánicos) en el manejo convencional y también mayor consumo de aceite para tratamientos fitosanitarios en los dos sistemas productivos considerados.

El acceso al gas natural en la zona rural constituye la medida central para reducir las emisiones de CO₂ generadas por la combustión de leña. Además, toda acción que favorezca a minimizar la pérdida de calor de la casa, su mantenimiento generado dentro de ella junto con la eficiencia en su producción y su acumulación durante las horas del día puede ayudar a disminuir el consumo de leña y por ende generar menos producción de CO₂.

Respecto a las sugerencias a tener en cuenta para disminuir la producción de CO₂ por el consumo de combustible diésel se puede recomendar: 1) Manejo integrado de plagas, 2) Incorporar a mediano plazo el uso de combustible biodiesel, 3) Tener un plan de manejo de la agrobiodiversidad donde se ofrezcan otras funciones ecológicas además de la regulación biótica que aporta a la búsqueda del equilibrio del agroecosistema y 5) Crear las condiciones para mejorar y/o mantener la trama trófica del agroecosistema, considerando desde el suelo hasta las cortinas rompeviento.

4. CONCLUSIÓN

Es posible afirmar que el sistema productivo agroclimático frutícola del Alto Valle de Río Negro y Neuquén es considerado viable para introducir conceptos de agricultura regenerativa que ayuden a evidenciar el favorable status ambiental de la actividad.

El método de cálculo de huella ecológica y los análisis estadísticos realizados muestran que:

Es posible estimar la huella ecológica corporativa global en chacras del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, en Argentina, ya sea con manejo convencional ó bajo certificación orgánica en un momento determinado.

Las chacras bajo certificación orgánica poseen mayor emisión de CO₂, durante el período productivo considerado.

Tanto las chacras con manejo convencional como las que poseen certificación orgánica muestran superávit ambiental o ganancia ecológica.

5. REFERENCIAS

- Altieri, M. A. & Nicholls C. I. (2012). Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7 (2), 65-83
- StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (Data Analysis Software System) Version 8
- Wackernagel, M. (1998). The ecological footprint of Santiago de Chile. *Local Environment*. 3 (1), 7-25.
- Caselles Moncho, A., Carrasco Esteve, M., Martínez Gascón, A. & Coll Ribera, S. (2008). La huella ecológica corporativa de los materiales: aplicación al sector comercial. *Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social*. 1, (4), 1-23.
- Doménech Quesada, J. L. (2007). Cálculo de la huella ecológica corporativa. En J. L. Doménech Quesada, *Huella ecológica y desarrollo sostenible* (pp. 75-114). Madrid: Asociación española de normalización y certificación.
- Sarandón, S. J. & Flores C. C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4, 19-28.

ARTÍCULO

PLANTAS QUE PROTEGEN: EL APOORTE DE LA VEGETACIÓN FUNCIONAL A LA RESILIENCIA DE LOS AGROECOSISTEMAS FRUTÍCOLAS

Fernández, C.^{1*}; Dussi, M.C.¹; Flores, L.¹

1- *Núcleo Patagónico de Agroecología. Grupo de Estudio de Sustentabilidad en Agroecosistemas Frutícolas (GESAF). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue. Río Negro, Patagonia Argentina.*

*E-mail: cristinaf.faca@gmail.com

RESUMEN

El presente artículo busca acercar a la comunidad universitaria y productiva los resultados de un estudio realizado en agroecosistemas frutícolas, bajo manejo orgánico y convencional, en el Alto Valle, donde se analizó la vegetación funcional presente en los interfilares. A partir de estos resultados, y con base en la bibliografía consultada, se propone una reflexión sobre el aporte de la vegetación funcional a las funciones y servicios ecosistémicos que favorecen la resiliencia de los agroecosistemas. La agroecología, entendida como un modelo de desarrollo global que integra dimensiones ecológicas, sociales y económicas, permite repensar esta vegetación no como “malezas”, sino como componentes activos y funcionales dentro del entramado ecológico del agroecosistema. Se identificaron diferencias significativas en la riqueza de especies, en el número de especies vegetales que brindan hábitat, alimento y refugio a enemigos naturales, cobertura al suelo y número de familias botánicas entre ambos tipos de manejo, mostrando el potencial de los agroecosistemas orgánicos para sostener mayor biodiversidad. Esta mirada es clave para avanzar hacia una fruticultura sustentable, resiliente y en armonía con el entorno.

Palabras clave: sustentabilidad, agroecología, biodiversidad, sistemas frutícolas,

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura convencional ha promovido un modelo productivo que tiende a simplificar los agroecosistemas, con efectos negativos sobre la biodiversidad, el suelo y el ambiente en su totalidad (Altieri & Nicholls, 1999; Sarandón & Flores, 2014). En contraposición, la agroecología propone principios integrales, donde los sistemas biodiversos aumentan las interacciones ecológicas y son la base para construir agroecosistemas sostenibles (Gliessman, 2002). La agroecología es un movimiento sociopolítico que promueve nuevas formas de entender la producción, el procesamiento, la distribución y el consumo de alimentos, así como sus vínculos con la sociedad y la naturaleza. Se caracteriza por ser una transdisciplina científica que estudia de manera holística los agroecosistemas y los sistemas alimentarios. De esta manera, la agroecología constituye un conjunto de principios y procesos orientados a mejorar la resiliencia y la sostenibilidad de dichos

agroecosistemas, preservando su integridad social. (Wezel *et al.*, 2009; Dussi, 2025). En la agroecología, entendida como una ciencia de procesos, se priorizan las interacciones ecológicas, la dinámica de los sistemas vivos y la regeneración de funciones ecosistémicas por sobre la simple sustitución de insumos (Dussi & Flores, 2018). Este modelo permite diseñar y rediseñar agroecosistemas resilientes, capaces de sostener la producción en el tiempo mediante la autorregulación, el reciclaje interno y el fortalecimiento de las redes bióticas locales.

Uno de los componentes clave en el diseño y rediseño agroecológico es la vegetación funcional, entendida como aquella cobertura vegetal, espontánea o planificada, que aporta a las funciones ecológicas esenciales en el agroecosistema, tales como la protección y mejora del suelo, el reciclaje de nutrientes, la regulación del agua y el soporte a la biodiversidad, incluyendo la provisión de hábitat y alimento para enemigos naturales (Altieri *et al.*, 2015). Estas funciones ecológicas se pueden

traducir en servicios ecosistémicos relevantes para el agroecosistema, como el control biológico de plagas, la reducción del uso de agroquímicos, la mejora en la polinización y el aumento en la resiliencia del sistema productivo, favoreciendo así la sustentabilidad agroecológica del sistema (Gliessman, 2007; Nicholls & Altieri, 2018).

Estudios realizados en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén han demostrado que los sistemas frutícolas manejados en función del modelo agroecológico poseen una mayor riqueza y cobertura vegetal en los interfilares, lo que se traduce en biodiversidad funcional y resiliencia del agroecosistema (Dussi *et al.*, 2015; Dussi *et al.*, 2016).

Este trabajo presenta y contextualiza los resultados de un estudio realizado en cuatro establecimientos frutícolas del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, en los que se comparó la vegetación funcional presente en los interfilares de agroecosistemas orgánicos y convencionales. A partir de los resultados obtenidos y del análisis de bibliografía, se propone reconocer el rol ecológico potencial de la vegetación funcional, entendido como su capacidad para desempeñar funciones y servicios claves dentro del agroecosistema, tales como la regulación de nutrientes, cobertura del suelo y el soporte de biodiversidad. Su preservación e incorporación planificada permite avanzar hacia estrategias de manejo más sustentables, en línea con los principios de rediseño agroecológico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo toma como base el estudio realizado por Dussi *et al.* (2016), en el cual se relevó la vegetación funcional presente en los interfilares de cuatro agroecosistemas frutícolas de hoja caduca del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, dos con manejo orgánico y dos con manejo convencional. El inventario florístico se construyó mediante transectas lineales de 10 metros y abarcó el período estival de los años 2012 a 2015, registrando un total de 38 especies vegetales.

A partir de dicha sistematización, se realizó un análisis ecológico funcional de cada especie vegetal con el objetivo de identificar su aporte potencial al agroecosistema. Para ello, se consideraron los siguientes criterios de análisis funcional:

- Presencia de estructuras florales reportadas como recursos nectaríferos o poliníferos.
- Presencia de características morfológicas que faciliten refugio o reproducción de artrópodos benéficos (porte bajo, cobertura densa, persistencia invernal).
- Asociación con funciones ecosistémicas como la fijación biológica de nitrógeno, control de erosión, aporte de materia orgánica o reciclaje de nutrientes.
- Mención específica en bibliografía especializada respecto a su uso como fuente de alimento, hábitat o control biológico.

Como herramientas complementarias se consultaron bases de datos botánicas y ecológicas reconocidas, tales como Trópicos (Missouri Botanical Garden), Global Biodiversity Information Facility (GBIF), CABI Invasive Species Compendium, así como catálogos nacionales (Zuloaga & Morrone, 1996; Zuloaga *et al.*, 2020). Además, se consideraron manuales regionales de flora útil y publicaciones técnico-científicas vinculadas a agroecología, biodiversidad funcional y control biológico.

Las especies vegetales fueron clasificadas en categorías funcionales según su aporte principal al agroecosistema, agrupadas en las siguientes clases:

1. Especies nectaríferas y poliníferas: proveedoras de alimento para polinizadores y enemigos naturales (por ejemplo, sírfidos, coccinélidos).
2. Especies refugio para enemigos naturales: aquellas que ofrecen microhábitats favorables para la permanencia o reproducción de artrópodos benéficos.
3. Especies que actúan como cobertura del suelo: especies que ayudan a proteger el suelo contra la erosión, conservar humedad y mejorar la estructura física.
4. Especies fijadoras de nitrógeno: principalmente leguminosas que contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo.
5. Especies con múltiple función: aquellas que cumplen más de una función ecológica relevante.

Finalmente, se actualizó la nomenclatura científica de las especies conforme a los registros más recientes del *Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur* (Zuloaga *et al.*, 2020), con el fin de garantizar precisión taxonómica.

Si bien el análisis funcional tiene carácter interpretativo se sustenta en bibliografía sólida y se propone como orientación para el diseño y rediseño agroecológico.

3. RESULTADOS

Del estudio realizado por Dussi *et al.*, (2016), se desprende que fueron registradas 38 especies herbáceas en los interfilares de los agroecosistemas frutícolas analizados. De ellas, 32 especies fueron relevadas en los establecimientos con manejo orgánico y 28 especies en los agroecosistemas convencionales, compartiendo 22 especies entre ambos tipos de manejo. Esta diferencia en la riqueza florística se asoció directamente con las prácticas culturales: en los agroecosistemas orgánicos, el manejo sin herbicidas ni labranzas intensivas favoreció una mayor permanencia y diversidad de especies vegetales, en comparación con los manejos convencionales.

A partir de este relevamiento, se analizó el rol ecológico potencial de cada especie vegetal, se consideró su aporte como fuente de alimento (néctar y polen), refugio para enemigos naturales, cobertura del suelo y fijación de nitrógeno atmosférico. En la Tabla 1 se presenta el análisis funcional, la lista de nombres científicos actualizada, la familia botánica correspondiente y la referencia bibliográfica que respalda la asignación del rol ecológico potencial. Se puede observar que la presencia de vegetación espontánea o planificada en los interfilares de agroecosistemas frutícolas no solo cumple funciones físicas (como cobertura o control de erosión), sino que aporta funciones y servicios ecosistémicos claves para la resiliencia agroecológica. Diversas especies vegetales ofrecen alimento (néctar y polen) a polinizadores y enemigos naturales, actúan como refugio para enemigos naturales, o incluso fijan nitrógeno atmosférico en el caso de leguminosas.

En la tabla 2 se observa la comparación de atributos de la vegetación funcional entre sistemas frutícolas con manejo orgánico y convencional. La heterogeneidad vegetal presente en los agroecosistemas orgánicos ofrece una disponibilidad de recursos tróficos más diversa tanto en el tiempo como en el espacio, lo que favorece a polinizadores y enemigos naturales, como parasitoides y depredadores (Nicholls & Altieri, 2004; Landis *et al.*, 2000).

Esta diversidad vegetal contribuye a reducir la necesidad de insumos externos y, en consecuencia, promueve la sustentabilidad del agroecosistema (Altieri & Nicholls, 1999; Gliessman, 2002). Asimismo, la presencia de leguminosas como *Trifolium repens*, *Medicago lupulina* y *Vicia sativa* en los agroecosistemas orgánicos refuerza su valor funcional por su capacidad de fijación biológica de nitrógeno y su floración prolongada, útil como recurso trófico. De esta manera, se puede inferir que la elección consciente de permitir o fomentar estas especies vegetales en el agroecosistema contribuye a la conservación de biodiversidad, favorece el control natural de plagas y enfermedades, restableciendo la homeostasis del sistema y reduciendo la dependencia de insumos costosos, lo que, a su vez, mejora tanto la productividad como el ambiente.

Se identificaron especies vegetales con roles combinados como cobertura vegetal, alimento para benéficos y mejoradoras del suelo, lo que aumenta la multifuncionalidad del agroecosistema. Este hallazgo coincide con lo planteado por Gliessman (2002), quien señala que la diversidad funcional y la redundancia ecológica son claves para lograr agroecosistemas estables, resilientes y menos dependientes de insumos externos.

El estudio de Dussi *et al.* (2016) demostró que, en los agroecosistemas convencionales, algunas especies como *Cynodon dactylon* y *Taraxacum officinale* presentaron niveles de dominancia elevados (clase IV), lo que sugiere una tendencia hacia la homogeneización del interfilar, típica de agroecosistemas simplificados. En cambio, en los agroecosistemas orgánicos, se observó una distribución más equitativa de las especies vegetales, con predominio de clases I y II, lo cual refleja una mayor diversidad funcional y una ausencia de dominancia ecológica, favoreciendo la coexistencia y la resiliencia del sistema. La riqueza, el porcentaje de cobertura vegetal y el número de familias botánicas resultaron significativamente mayores en los agroecosistemas de manejo orgánico ($p < 0,05$). Entre las familias botánicas más representadas se encontraron Poaceae, Fabaceae y Asteraceae, presentes en ambos tipos de manejo, aunque con mayor abundancia y diversidad interna en los agroecosistemas orgánicos. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que una menor

Tabla 1. Análisis funcional de especies vegetales registradas en interfilares de sistemas frutícolas del Alto Valle.

Nombre científico actualizado	Nombre vulgar	Familia botánica	Rol ecológico potencial
<i>Artemisia verlotorum</i>	Yuyo San Vicente	Asteraceae	Refugio para enemigos naturales; cobertura del suelo (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Brassica campestris</i>	Mostacilla	Brassicaceae	Alimento para polinizadores (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Bromus catharticus</i> var. <i>rupestris</i>	Cebadilla pampeana	Poaceae	Cobertura del suelo; control de erosión (Landis et al., 2000)
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Bolsa de pastor	Brassicaceae	Alimento para sírfidos y abejas (Landis et al., 2000)
<i>Chenopodium hircinum</i>	Quinoa	Amaranthaceae	Cobertura del suelo (Gliessman, 2002)
<i>Cichorium intybus</i>	Radicheta	Asteraceae	Alimento para polinizadores (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Cirsium vulgare</i>	Cardo negro	Asteraceae	Alimento para polinizadores; Refugio para enemigos naturales (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Convolvulus arvensis</i>	Correhuela	Convolvulaceae	Alimento para polinizadores; hospedante ocasional de plagas (Landis et al., 2000)
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramilla	Poaceae	Cobertura del suelo (Landis et al., 2000)
<i>Dactylis glomerata</i>	Pasto ovillo	Poaceae	Refugio para enemigos naturales; cobertura del suelo (Landis et al., 2000)
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Pasto cuarema	Poaceae	Cobertura ligera del suelo (Gliessman, 2002)
<i>Diplotaxis tenuifolia</i>	Flor amarilla	Brassicaceae	Alimento para enemigos naturales (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Distichlis spicata</i>	Pelo de Chanco	Poaceae	Cobertura en suelos salinos (Gliessman, 2002)
<i>Festuca</i> sp.	Festuca	Poaceae	Cobertura del suelo (Gliessman, 2002)
<i>Galinsoga parviflora</i>	Albahaca silvestre	Asteraceae	Alimento para enemigos naturales (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Hoffmannseggia glauca</i>	Portillo	Fabaceae	Fijadora de nitrógeno; cobertura del suelo (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Lactuca seriola</i>	Lechuga salvaje	Asteraceae	Alimento para polinizadores; hospedante ocasional de plagas (Landis et al., 2000)
<i>Lolium multiflorum</i>	Ray gras anual	Poaceae	Cobertura del suelo (Gliessman, 2002)
<i>Lolium perenne</i>	Ray gras perenne	Poaceae	Cobertura del suelo; Refugio para enemigos naturales (Gliessman, 2002)
<i>Malva parviflora</i>	Malva	Malvaceae	Alimento para polinizadores; Refugio para enemigos naturales (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Medicago lupulina</i>	Lupulina	Fabaceae	Fijadora de nitrógeno; alimento para enemigos naturales (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Melilotus albus</i>	Trébol de olor blanco	Fabaceae	Floración abundante; fijación de nitrógeno (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Melilotus officinalis</i>	Trébol de olor amarillo	Fabaceae	Floración y fijación de nitrógeno (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Panicum capillare</i>	Paja voladora	Poaceae	Cobertura parcial (Landis et al., 2000)
<i>Plantago lanceolata</i>	Siete venas	Plantaginaceae	Refugio para enemigos naturales (Gliessman, 2002)
<i>Polygonum aviculare</i>	Sanguinaria	Polygonaceae	Cobertura de suelos disturbados (Gliessman, 2002)
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Portulacaceae	Cobertura del suelo en período estival (Landis et al., 2000)
<i>Rumex crispus</i>	Lengua de Vaca	Polygonaceae	Cobertura de suelos húmedos (Gliessman, 2002)
<i>Setaria verticillata</i>	Cola de zorro	Poaceae	Cobertura de suelo (Landis et al., 2000)
<i>Sisymbrium irio</i>	Mostacilla común	Brassicaceae	Floración de invierno; alimento para enemigos naturales (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja	Asteraceae	Alimento para polinizadores (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Sorghum halepense</i>	Sorgo de Alepo	Poaceae	Cobertura del suelo (Landis et al., 2000)
<i>Stellaria media</i>	Capiquí	Caryophyllaceae	Floración temprana; alimento para enemigos naturales (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Tagetes minuta</i>	Chinchilla	Asteraceae	Flor nectarífera (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	Asteraceae	Nectarífera abundante; hospedante de plagas (Altieri & Nicholls, 1999)
<i>Trifolium pratense</i>	Trébol rojo	Fabaceae	Fijadora de nitrógeno; alimento para abejas (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	Fabaceae	Fijadora de nitrógeno; recurso floral constante (Nicholls & Altieri, 2004)
<i>Vicia sativa</i>	Vicia	Fabaceae	Fijadora de nitrógeno; cobertura del suelo y néctar (Nicholls & Altieri, 2004)

Fuente: Basado en el estudio de Dussi et al., (2016)

intervención antrópica genera ambientes más heterogéneos y ecológicamente complejos (Tabla 2).

Respecto a las funciones ecológicas identificadas, los sistemas orgánicos presentaron

un mayor número de especies nectaríferas/poliníferas, que ofrecen refugios a enemigos naturales y especies fijadoras de nitrógeno, generando hábitats más complejos para enemigos naturales y contribuyendo a la resiliencia del agroecosistema. La distribución de las principales funciones ecológicas aportadas por la vegetación funcional se representa gráficamente en la Figura 1.

Estos resultados refuerzan la importancia de la biodiversidad funcional como estrategia clave para fortalecer la sustentabilidad de los sistemas frutícolas del Alto Valle.

4. CONCLUSIÓN

La vegetación funcional presente en los interfilares de sistemas frutícolas cumple roles claves en la provisión de funciones y servicios ecosistémicos que fortalecen la resiliencia agroecológica. Los agroecosistemas con manejo orgánico mostraron mayor riqueza de especies, cobertura vegetal y diversidad funcional, favoreciendo hábitats más complejos para artrópodos benéficos. La presencia de plantas nectaríferas, refugios para enemigos naturales y especies fijadoras de nitrógeno permite sostener poblaciones de artrópodos benéficos, mejorar la estructura del suelo y disminuir la dependencia de insumos externos. Estas características potencian la estabilidad productiva y ecológica del agroecosistema. Promover la conservación y manejo de la vegetación funcional no solo responde a criterios ecológicos, sino también a necesidades productivas de largo plazo, consolidando estrategias de manejo más sustentables. A partir de estos resultados, se destaca la importancia de reconocer y valorar el rol de la vegetación funcional, tanto espontánea como planificada, como parte integral del diseño y rediseño agroecológico de sistemas frutícolas.

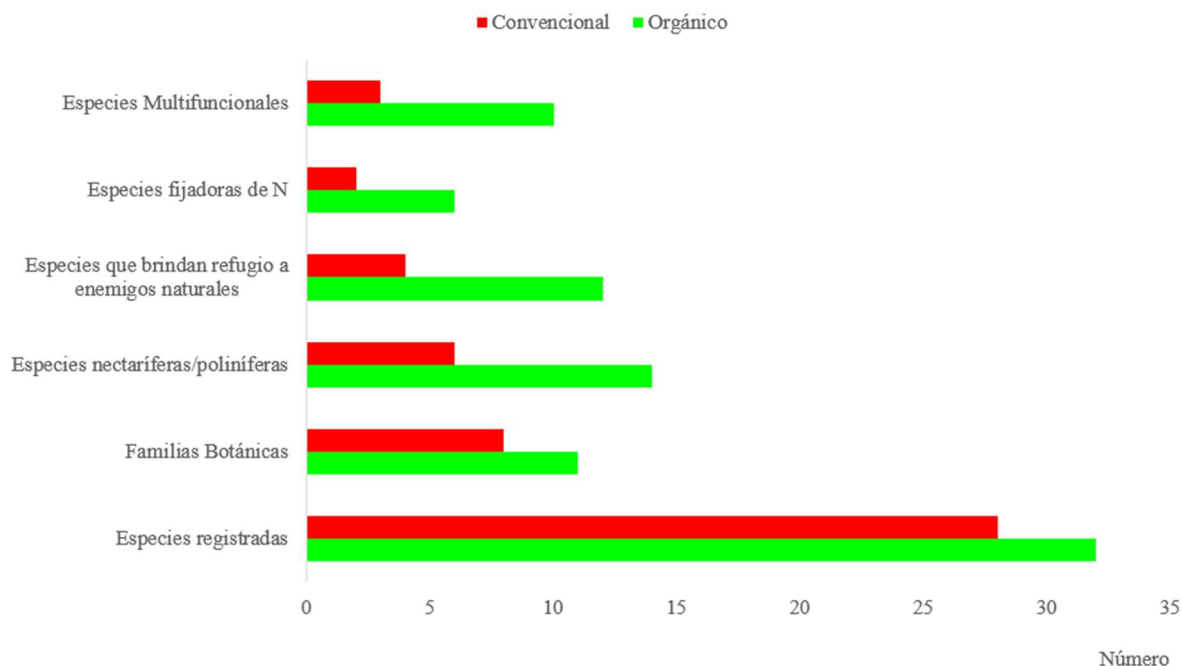
5. REFERENCIAS

- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. 1999. Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems. In W. W. Collins & C. O. Qualset (Eds.), Biodiversity in agroecosystems (pp. 69–84). CRC Press.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. 2004. Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable. PNUMA.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. 2015. Agroecología y resiliencia frente a crisis alimentarias y cambio climático. FAO. <https://www.fao.org/3/i3849s/i3849s.pdf>

Tabla 2. Comparación de atributos de la vegetación funcional entre sistemas frutícolas con manejo orgánico y convencional en el Alto Valle.

Variable	Manejo Orgánico	Manejo Convencional
Riqueza (promedio/parcela)	6,42 ± 0,58	4,29 ± 0,41
Total de especies registradas	32 especies	28 especies
% de cobertura vegetal	85,3% ± 4,1	77,7% ± 3,8
Número de familias botánicas	11 familias	8 familias
Familias predominantes	Poaceae, Fabaceae, Asteraceae	Poaceae, Fabaceae, Asteraceae
Clase de presencia dominante	I y II (distribución pareja, sin dominancia)	IV (especies dominantes: <i>Cynodon dactylon</i>)
Especies nectaríferas/poliníferas	14 especies	6 especies
Especies que brindan refugio a enemigos naturales	12 especies	4 especies
Especies que integran la cobertura vegetal	18 especies	9 especies
Especies fijadoras de nitrógeno	6 especies (<i>Trifolium</i> , <i>Vicia</i> , <i>Medicago</i> , etc.)	2 especies
Especies multifuncionales (2+ funciones)	10 especies (<i>Tagetes minuta</i> , <i>Trifolium repens</i> , etc.)	3 especies (<i>Taraxacum officinale</i> , etc.)
Potencial como hábitat de enemigos naturales	Alto (estructura diversa + floración prolongada)	Bajo (flora simplificada y pobre recurso trófico)

Fuente: Basado en el estudio de Dussi et al. (2016)



Fuente: Basado en el estudio de Dussi et al., 2016

Figura 1. Distribución de funciones ecológicas aportadas por la vegetación funcional en sistemas frutícolas del Alto Valle.

- Dussi, M. C., & Flores, L. B. 2018. Visión multidimensional de la agroecología como estrategia ante el cambio climático. *Inter Disciplina*, 6(14), 129–153. <https://revistas.unam.mx/index.php/inter/article/view/63384>
- Dussi, M. C., Flores, L. B., & Fernández, C. 2015. Aplicación de principios ecológicos en el estudio de agroecosistemas frutícolas. V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52516>
- Dussi, M. C., Flores, L. B., & Fernández, C. 2016. Estudio de la vegetación funcional en distintos agroecosistemas frutícolas. V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/52515>
- Dussi, M.C. 2025. Evaluación de agroecosistemas frutícolas de hoja caduca. Tesis doctoral. 287pag.
- Gliessman, S. R. 2002. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Gliessman, S. R. 2007. *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (2nd ed.). CRC Press.
- Landis, D. A., Wratten, S. D., & Gurr, G. M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45, 175–201. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.175>
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. 2004. Designing species-rich agroecosystems for pest management: A review. *Ecological Engineering*, 22(3), 239–249. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.06.001>
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. 2018. Agroecology: Principles for the conversion and redesign of farming systems. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(6), 605–614. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1399685>
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. 2014. *Agroecología: el enfoque sustentable en la agricultura* (2.ª ed.). EdUNLP.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. 2009. Agroecology as a science, a movement and a practice. *Sustainable Agriculture*, 2, 27–43.
- Zuloaga, F. O., & Morrone, O. 1996. *Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina* (Vols. 1–2). Missouri Botanical Garden Press.
- Zuloaga, F. O., Belgrano, M. J., & Morrone, O. 2020. *Catálogo de Plantas Vasculares del Cono Sur*. Instituto de Botánica Darwinion (CONICET). <http://www.darwin.edu.ar>

ARTÍCULO

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL VIGOR DE PLÁNTULAS DE CEBOLLA (*Allium cepa*).

Blackhall, V.^{1*}; Mena, S.¹; Ausili, L.¹; Romero, J.¹; Stickar, W.¹; Vita, L.^{1*}

1- Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos, Río Negro, Argentina.

*E-mail: valeria.blackhall@faca.uncoma.edu.ar; laura.vita@faca.uncoma.edu.ar

RESUMEN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una hortaliza de gran relevancia en la producción agrícola argentina, con creciente importancia en el Alto Valle de Río Negro. En este contexto, se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad de plántulas de cebolla al momento del trasplante, mediante una actividad pedagógica integradora entre las asignaturas Taller Agrícola y Fisiología Vegetal de la carrera de Ingeniería Agronómica. El ensayo se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCo), utilizando el cultivar Valcatorce INTA. Se establecieron dos tratamientos: testigo (sin fertilización) y fertilización nitrogenada con sulfato de amonio (1 g.L^{-1}) aplicado en dos ocasiones. Se evaluaron 40 plántulas por tratamiento, determinando número de hojas, índice verde (SPAD), diámetro del bulbo, y biomasa aérea y radical. Los resultados mostraron que la fertilización nitrogenada incrementó significativamente todas las variables analizadas: número de hojas, índice SPAD (49,02 vs 38,09), diámetro de bulbo (6,93 mm vs 5,29 mm), biomasa aérea (239,76 g vs 127,99 g) y radical (77,79 g vs 39,56 g), en comparación con el testigo. El nitrógeno es un factor clave para mejorar la calidad de plántulas de cebolla, favoreciendo su desarrollo inicial y preparación para el trasplante. Además, la integración pedagógica permitió consolidar aprendizajes teóricos y prácticos, fortaleciendo la formación de los estudiantes a través del trabajo interdisciplinario y el desarrollo de competencias técnicas en un contexto real de producción hortícola.

Palabras clave: sulfato de amonio, almácigo, horticultura, integración pedagógica

1. INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas más relevantes en la producción agrícola de Argentina, tanto por su volumen como por su importancia en el mercado interno y en las exportaciones. A nivel nacional, las principales regiones productoras son el sur de la provincia de Buenos Aires y el Valle de Río Negro, que en conjunto representan alrededor del 65% de la producción total (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina, 2023).

En los últimos años, el Alto Valle de Río Negro ha experimentado un notable crecimiento en la superficie destinada al cultivo de cebolla. Este incremento se debe a factores como la disponibilidad de agua de calidad, suelos fértiles y condiciones agroclimáticas favorables. Actualmente, la provincia de Río Negro cultiva aproximadamente 7.800 hectáreas de cebolla,

con una producción estimada de 350.000 toneladas, destinadas tanto al mercado interno como a la exportación (Diario Río Negro, 2025). El cultivo de cebolla puede realizarse a través de la siembra directa como mediante la siembra en almácigos y posterior trasplante. Si bien la segunda metodología es más costosa permite obtener plántulas de mejor calidad y anticipar la siembra, aprovechando las condiciones más favorables para el crecimiento de las plántulas en un espacio protegido, especialmente en regiones con restricciones climáticas estacionales. Diversos factores afectan el éxito de los almácigos, incluyendo el tipo de sustrato, la densidad de siembra, el manejo del riego, las condiciones ambientales durante la germinación, así como también la fertilización y disponibilidad de nutrientes.

La fertilización nitrogenada desempeña un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de plántulas de cebolla, especialmente durante las etapas

tempranas de establecimiento, lo que repercute directamente en el éxito del trasplante y el rendimiento final del cultivo. El nitrógeno es un macronutriente esencial involucrado en procesos fisiológicos fundamentales como la síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y clorofila, promoviendo un crecimiento vegetativo vigoroso. Una adecuada nutrición nitrogenada durante la fase de vivero contribuye al desarrollo de plántulas con mayor biomasa, sistema radicular robusto y hojas más desarrolladas, características que facilitan una rápida adaptación tras el trasplante, reducen el estrés postrasplante y mejoran la supervivencia y crecimiento en campo abierto (Tekeste *et al.*, 2018; Gonçalves *et al.*, 2019).

Este ensayo fue realizado por estudiantes de segundo año y docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica, como parte de una actividad pedagógica integradora entre las asignaturas Taller Agrícola y Fisiología Vegetal. El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad de plántulas de cebolla al momento de trasplante.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue (38°50' S 68°04'O) ubicada en la localidad de Cinco Saltos, Río Negro, en el marco de la cursada de Fisiología Vegetal y Taller Agrícola.

Para la preparación del cultivo se utilizaron semillas de cebolla cultivar Valcatorce INTA obtenidas de cultivos propios de la Cátedra de Taller Agrícola (FaCA-UNCo), las cuales presentaban un poder germinativo del 98% y un valor cultural del 95%. Los almácigos se realizaron en canteros orientados de este a oeste, de 6 metros de largo por 1 metro de ancho. Se preparó la cama de raíces mezclando el suelo con 1 carretilla y media de compost y 1 carretilla y media de arena lavada, en una proporción 50% y 50%. La siembra se realizó el 21 de mayo en línea a razón de 0,2 g de semilla por metro lineal, se cubrieron las semillas con compost, se regó y se cubrieron con túnel de polietileno. Se mantuvieron en estas condiciones durante 3 meses, realizando frecuentemente control de malezas y riegos (Figura 1).

Se realizaron dos tratamientos: i) Testigo, sin aplicación de fertilizante y ii) Fertilización

nitrogenada, el cual correspondió a dos aplicaciones (27 de agosto y 3 de septiembre) con una solución de sulfato de amonio de concentración 1 g.L⁻¹, aplicado mediante regadera a una dosis de 10 L.m⁻² de almacigo. Al momento del trasplante (23 de octubre) se



Figura 1. Riego en almácigos de cebolla. Laura Vita.



Figura 2. Medición de diámetro ecuatorial en bulbos. Solana Mena.

seleccionaron 40 plántulas (repeticiones) para cada tratamiento y sobre cada una de ellas se realizaron las siguientes determinaciones:

- Diámetro de bulbo, utilizando un calibre digital Vernier, medido en la zona ecuatorial del mismo (Figura 2).

- Índice verde SPAD a través de medidor de clorofila SPAD-502 de Konica Minolta sobre la hoja de mayor expansión.
- Número de hojas por plántula.
- Biomasa aérea y subterránea para los cual se separó la parte aérea de la radical. Cada repetición de cada tratamiento en forma individual fue colocada en estufa a 65°C durante 48 horas. Luego se determinó el peso seco de cada parte (aérea y radical) en forma independiente (Figura 3).

Los resultados obtenidos en las diferentes variables fueron sometidos a un análisis de varianza y la separación de medias se realizó a través del Test de Tukey ($p \leq 0,05$). El procesador estadístico usado fue Infostat.



Figura 3. Preparación de plántulas para la determinación de biomasa aérea y radical. Lucía Ausili.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos presentados en la Tabla 1 permiten evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el desarrollo inicial de plántulas de cebolla, considerando tres variables fisiológicas y morfológicas: número de hojas, índice SPAD y diámetro del bulbo.

Tabla 1. Número de hojas, índice verde SPAD y diámetro de bulbo (mm) de plántulas tratadas con fertilizante nitrogenado y testigo.

Tratamiento	Nº de hojas	Índice SPAD	Diámetro de Bulbo (mm)
Testigo	2,05 a	38,09 a	5,29 a
Fertilización nitrogenada	2,85 b	49,02 b	6,93 b

Los datos presentados corresponden a la media. Letras distintas para cada parámetro indican diferencias significativas Tukey ($p\text{-valor} \leq 0,05$).

En primer lugar, se observa un aumento estadísticamente significativo en el número de hojas en las plántulas fertilizadas con nitrógeno en comparación con el testigo sin fertilización. Las hojas son el principal órgano fotosintético de la planta. Los compuestos orgánicos producidos mediante la fotosíntesis se translocan hacia los órganos subterráneos de almacenamiento, donde se desarrolla el bulbo. La aplicación de nitrógeno produce un efecto notable sobre el número de hojas por planta, registrándose menor cantidad de hojas en plantas sin aplicación de nitrógeno, respecto a aquellas que recibieron fertilización nitrogenada (Omari, *et al.*, 2023).

En cuanto al índice SPAD, las plántulas fertilizadas alcanzaron un valor de 49,02, significativamente superior al del testigo (38,09). El índice SPAD representa una estimación indirecta del contenido relativo de clorofila y del contenido de nitrógeno. Su cuantificación es relevante debido a su función como indicador del estado de vigor de la planta, y se considera una propiedad vegetal de relevancia para estimar la productividad (Casella *et al.*, 2022).

El diámetro del bulbo también se vio favorecido por la fertilización nitrogenada, con un promedio de 6,93 mm frente a 5,29 mm en el testigo.

Evaluaciones realizadas en cebolla por Gateri *et al.* (2018) indicaron que la aplicación de nitrógeno mejoró significativamente todos los parámetros de crecimiento (altura de la planta, número de hojas y tamaño de bulbos). El incremento en el crecimiento de esta variable observada se debe a que el nitrógeno desempeña un papel vital del crecimiento y desarrollo. La abundancia de proteínas tiende a aumentar el tamaño de la planta, en particular el de las hojas (número, longitud y ancho), lo que conlleva un incremento en los fotosintatos, los cuales son canalizados hacia los bulbos.

En la Figura 4 se presenta una comparación visual del efecto de la fertilización nitrogenada sobre el desarrollo del cultivo. A la izquierda se observa el tratamiento testigo, caracterizado por un crecimiento limitado, menor densidad foliar y signos de clorosis en hojas, lo que sugiere deficiencia de nitrógeno. En contraste, a la derecha se muestra el tratamiento con fertilización nitrogenada, donde las plantas presentan un desarrollo más vigoroso, mayor cobertura del suelo, color verde intenso y



Figura 4. Almácigos de cebolla al momento de trasplante, A) Testigo; B) Fertilización nitrogenada. Valeria Blackhall.

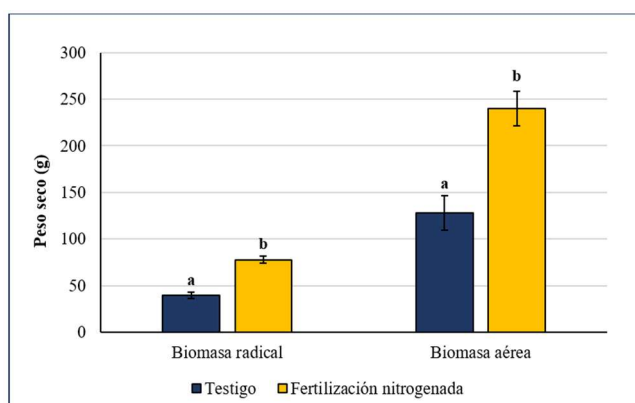


Figura 5. Biomasa radical y biomasa aérea de plántulas de cebollas con fertilización nitrogenada y testigo. Los datos presentados corresponden a la media. Letras distintas para cada parámetro indican diferencias significativas entre tratamientos (p -valor $< 0,05$). Barras verticales indican el E.E.

evidente incremento en la densidad y altura del follaje.

La aplicación de fertilización nitrogenada promovió un aumento significativo en la acumulación de biomasa radical y aérea en comparación con el tratamiento testigo (Figura 5). En términos de biomasa radical, se observó un incremento del 96,6 %, pasando de 39,56 g en el testigo a 77,79 g con fertilización nitrogenada. De manera similar, la biomasa aérea aumentó un 87,3 %, desde 127,99 g hasta 239,76 g. Estos

resultados evidencian el papel clave del nitrógeno en el crecimiento de cultivos hortícolas, al estimular tanto el desarrollo del sistema radical como la acumulación de biomasa en los órganos aéreos. El nitrógeno es un macronutriente esencial involucrado en procesos fundamentales como la síntesis de aminoácidos, proteínas y clorofila, impactando directamente en la fotosíntesis y el crecimiento vegetal (Marschner, 2012; Taiz *et al.*, 2015).

4. CONCLUSIÓN

El presente ensayo permitió comprobar que la fertilización nitrogenada tiene un efecto positivo y significativo sobre la calidad de las plántulas de cebolla al momento del trasplante, mejorando variables clave como el número de hojas, el contenido relativo de clorofila (índice SPAD), el diámetro del bulbo y la acumulación de biomasa aérea y radical. Estos resultados confirman el papel fundamental del nitrógeno en el crecimiento inicial de cultivos hortícolas, promoviendo un desarrollo vegetativo más vigoroso y potencialmente mayor rendimiento en campo.

Asimismo, la integración pedagógica entre las asignaturas de Taller Agrícola y Fisiología Vegetal resultó altamente beneficiosa, ya que permitió a los estudiantes articular conocimientos teóricos con prácticas

experimentales reales, favoreciendo un aprendizaje significativo. La planificación y ejecución conjunta del ensayo promovió la comprensión de los procesos fisiológicos vinculados a la nutrición vegetal, al tiempo que desarrolló habilidades técnicas aplicadas al manejo agronómico del cultivo. Esta experiencia interdisciplinaria no solo fortaleció la formación académica, sino que también estimuló el pensamiento crítico y el trabajo colaborativo entre estudiantes y docentes, demostrando el valor de las propuestas educativas integradoras en el ámbito universitario

5. REFERENCIAS

- Casella, A.; Orden, L.; Pezzola, N.A.; Bellacomo, C.; Winschel, C.I.; Caballero, G.R.; Delegido, J.; Gracia, L.M.N.; Verrelst, J. (2022). Analysis of Biophysical Variables in an Onion Crop (*Allium cepa* L.) with Nitrogen Fertilization by Sentinel-2 Observations. *Agronomy* 2022, 12, 1884. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081884>.
- Diario Río Negro. (2025). *Crecen las hectáreas de maíz y cebolla en Río Negro*. <https://www.rionegro.com.ar/economia/rio-negro-camina-hacia-una-produccion-cada-vez-mas-diversificada-cuantas-hectareas-hay-de-frutales-maiz-o-cebolla/Río Negro>
- Gateri, M. W., Nyankanga, R., Ambuko, J., & Muriuki, A. W. (2018). Growth, yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by nitrogen and time of topdressing. *International Journal of Plant & Soil Science*, 23(3), 1-13.
- Gonçalves, F. D. C., Grangeiro, L. C., Sousa, V. D. F. D., Santos, J. P. D., Souza, F. I. D., & Silva, L. R. D. (2019). Yield and quality of densely cultivated onion cultivars as function of nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(11), 847-851.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd ed. Academic Press.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina. (2023). *Producción de cebolla en Argentina. Evolución del cultivo hasta la temporada 2021/22*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_cebolla_2022_finalene2023.pdf Argentina
- Omari, S., Majidi, A. H., & Amiri, A. F. (2023). Effect of Nitrogen and Plant Spacing on the growth and yield of Onion (*Allium Cepa* L.) in Afghanistan. *Plant Physiology and Soil Chemistry*, 3(2), 75-82.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. 6th ed. Sinauer Associates.
- Tekeste, N., Dechassa, N., Woldetsadik, K., Dessalegne, L., & Takele, A. (2018). Influence of nitrogen and phosphorus application on bulb yield and yield components of onion (*Allium cepa* L.). *The Open Agriculture Journal* 12(1).

ARTÍCULO

ALTERACIONES EDÁFICAS POR EL USO HORTÍCOLA EN EL VALLE INFERIOR DE RIO NEGRO, ARGENTINA

Calfuquir, M^{1*}; Aschkar, G³; Pellejero, G² y Luna, M^{1,2}.

1- Universidad Nacional de Río Negro, Sede Atlántica, Viedma, Argentina.

2- Universidad Nacional del Comahue, Centro Universitario Regional Zona Atlántica y Sur, Viedma, Argentina.

3- Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, Cinco Saltos, Argentina.

*E-mail: matiascalfuquir@gmail.com

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio que comparó propiedades de suelos con uso hortícola intensivo (UH) y relictos sin intervención (SI). El estudio se realizó en el Valle Inferior del Río Negro (40° 47' 00.3" S - 63° 13' 00.3" O), donde mediante un diseño apareado se tomaron muestras de suelo en áreas con UH y en porciones adyacentes SI. En suelo se evaluó: temperatura del suelo (Ts), humedad gravimétrica (HG) y respiración edáfica (Rs) de 0 a 10 cm, y estabilidad estructural (EE), pH y materia orgánica total (MO) de 0 a 20 cm. El pH y la HG en promedio fueron 8,1 y 27,6 % respectivamente en ambas áreas. Se hallaron diferencias en Ts, Rs y MO a favor de los suelos SI. La Ts fue 1,4 °C mayor, la Rs 40,5 mg CO₂/100ss y la MO 3,1 %; la EE fue muy buena en los suelos SI y regular en los de UH. Se detectaron relaciones positivas fuertes de la Rs con la Ts, la HG y la MO, y fuerte negativa con el pH. La MO presentó relaciones similares a las que tuvo la Rs con las otras variables. Las diferencias entre los suelos con UH y SI estarían en parte modificadas por el uso y condicionadas por características del ambiente. Los suelos con UH son laboreados todos los años mientras que los SI no y reciben aportes permanentes de residuos lo que mejoraría la calidad y el funcionamiento de esos suelos.

Palabras clave: calidad de suelo, degradación, horticultura, producción

1. INTRODUCCIÓN

El suelo puede influir de manera considerable sobre el medio en el que se ubica y repercute en las actividades sociales y económicas de los grupos humanos que se asientan sobre ese territorio (Burbano, 2016). La salud del suelo, junto con el suministro de agua, es el recurso más valioso para los seres humanos ya que la vida humana depende de la prestación de sus funciones ecosistémicas (Gomiero, 2016). En este sentido, Burbano (2016) sostiene que la sociedad consume un 95 % de alimentos que en forma directa o indirecta se producen en el suelo, y es por esto que el recurso edáfico es fundamental para afrontar el reto de mejorar la seguridad alimentaria global, e inclusive lograr el equilibrio ambiental. Por ello, es vital tener un suelo de calidad que ayude a sostener la productividad biológica, mantener la calidad del

aire, del agua y promover la salud de las plantas, los animales y los seres humanos.

El suelo es un recurso natural finito y no renovable a corto plazo, por lo tanto, la degradación del suelo representa una amenaza para la seguridad alimentaria (Gomiero, 2016). La degradación del suelo se produce por el deterioro de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que provoca su compactación, salinización, acidificación y pérdida de suelo por erosión eólica e hídrica (Young *et al.*, 2015). En el 2015 la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) publicó que más de la mitad (52 %) de todos los suelos fértiles productores de alimentos del mundo están clasificados como degradados, muchos de ellos gravemente degradados por el uso intensivo antrópico. La degradación del suelo es un problema global crítico y creciente, que no solo abarca la seguridad alimentaria, sino también el cambio climático, la gestión del riesgo

de inundaciones, la tolerancia a la sequía, la calidad del agua potable, la resiliencia agrícola ante nuevas enfermedades de los cultivos, la biodiversidad y los futuros recursos genéticos (Young *et al.*, 2015).

Para conocer si un suelo está deteriorado o sufrió algún cambio, es necesario realizar un monitoreo de su calidad a través de indicadores, los cuales son propiedades propias del suelo que son medibles debido a que pueden afectar la capacidad del mismo a ejercer sus funciones (Wilson, 2017). Doran y Parkin (1994) han definido a la calidad del suelo como la *capacidad del suelo para desempeñarse dentro de los límites de un ecosistema natural o mejorado, sostener la productividad de la flora y la fauna, mantener o mejorar la calidad del aire y el agua y sostener la salud humana y el hábitat*. En este sentido, para monitorear la calidad de un suelo es necesaria una apropiada selección de indicadores que ofrezcan una rápida respuesta al cambio, discriminación entre los sistemas de manejo, mayor sensibilidad al estrés y a la restauración ambiental. En esta línea, 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 parámetros del suelo con el rendimiento del cultivo en cada zona, para aumentar la fiabilidad de los resultados de la evaluación. Actualmente existen muchos indicadores que pueden utilizarse para evaluar los cambios en la calidad del suelo (Wilson, 2017) y las variaciones que se producen por el uso y manejo antrópico. En relación con esto, varios estudios recomiendan utilizar entre los indicadores del suelo: estabilidad de agregados, materia orgánica total y activa, formas de nitrógeno y de fósforo, pH, conductividad eléctrica, relación de adsorción de sodio, respiración edáfica y actividad microbiana (Adam & Duncan, 2001; Aschkar, 2022).

En Argentina, los suelos bajo producción hortícola generalmente presentan elevada degradación (PNHFA, 2018) como consecuencia del manejo intensivo. La producción hortícola es una actividad donde se producen numerosos cultivos al año, lo que conlleva a constantes extracciones de nutrientes y laboreos del suelo, esto puede resultar en un deterioro de las condiciones para el desarrollo de los cultivos.

En la región Norpatagonia la producción hortícola abarca alrededor de 7500 ha, de las cuales 1500 ha se concentran en el Valle Inferior del Río Negro, siendo el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) el que ocupa la mayor superficie (67 %), seguido por zapallo (*Cucurbita maxima*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), los cuales tienen diferentes destinos tales como la industria, el mercado nacional, mercado local y la exportación (Seba *et al.*, 2019). Estos cultivos son grandes consumidores de nutrientes del suelo, por lo tanto, los productores suelen recurrir a la aplicación de cantidades significativas de fertilizantes para intentar superar estas limitaciones impuestas, sin considerar otras prácticas que conserven o mejoren el funcionamiento de los suelos (rotación de cultivos, aplicación de enmienda orgánicas, incorporación de abonos verdes, entre otras). El diseño del parcelamiento de las unidades de producción en la región, teniendo en cuenta la característica de épocas con vientos fuertes dominantes del sudoeste, obligó a los colonos a colocar cortinas forestales, principalmente de álamos (*Populus alba*) (Rey *et al.*, 1981) para paliar la inevitable erosión de los suelos y otros perjuicios; y de esta manera que sirvan para proteger los cultivos ante posibles heladas y mejorar su producción, reducir la evapotranspiración, lo que mejora la eficiencia del uso del agua de riego, e impulsa un importante sector foresto - industrial en la región. En los últimos años, para incrementar la superficie a cultivar en varias unidades de producción se recurre a la extracción de las cortinas forestales con la consecuente pérdida de beneficios que su preservación aporta al agroecosistema.

Con relación a lo expuesto con anterioridad, el objetivo del presente estudio consistió en evaluar los efectos del uso hortícola intensivo en la calidad edáfica, para ello se compararon diferencias en las propiedades físicas, químicas y biológicas en suelos de dos ambientes: uno con historial de uso hortícola intensivo (UH) y el otro sin intervención antrópica (SI).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en una parcela del Valle irrigado inferior del Río Negro, Argentina (40°

47° 00.3" S - 63° 13' 00.3" O). El clima del área se clasifica como semiárido mesotermal, con nulo exceso de agua y baja concentración térmica estival; registra una temperatura media anual de 14 °C y alrededor de 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 1.047,5 mm, y el déficit hídrico estimado 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 tanto horizontal como 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 agua del río (origen fluvial), que conforman los suelos destinados al uso agrícola (Martínez *et al.*, 2012). Sumado a esto, son suelos que 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 materia orgánica. La fisonomía vegetal natural se corresponde con una estepa arbustiva con matas de pastos duros (Belelli, 2021).

2.2 Trabajo de campo

En la parcela donde se realizó el estudio, en tres lotes, se establecieron dos ambientes: áreas con uso hortícola intensivo (UH) y relictos del área sin intervención (SI) sobre suelos franco arenosos con un 30 % de material fino (limo más arcilla) en los primeros 20 cm del perfil. En el área con 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 área SI es una pequeña porción de suelo adyacente sin laboreos ni uso productivo, con presencia de vegetación espontánea de álamos (*Populus alba*), festuca (*Festuca arundinacea*) y agropiro (*Thinopyrum ponticum*), entre otras. En las áreas con UH y SI se registró en campo la temperatura del suelo (Ts) con un termómetro digital 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 análisis. El muestreo a campo se

realizó durante el mes de septiembre del 2024 (fines de invierno - inicio de la primavera).

2.3 Determinaciones analíticas

En las muestras tomadas de 0 a 10 cm se determinó: humedad gravimétrica (HG) por diferencia de peso entre la muestra colectada a campo y luego de ser sometida a 105 °C en estufa por 48 hs, y respiración edáfica (Rs) por el método de trampa con álcali (Alef, 1995); y de 0 a 20 cm se incluyeron: estabilidad estructural (EE) de agregados puestos en mezclas de solución agua: alcohol en distintas proporciones (De Leenheer y De Boodt, 1958), pH por potenciometría en suspensión de relación 1:2,5 (suelo : agua) y materia orgánica total (MO) por el método de calcinación (Martínez *et al.*, 2017).

2.4 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron sometidos al test “t - Student” ($\alpha = 0,05$) para detectar diferencias en las variables edáficas en estudio entre el área con UH y SI, y al análisis de correlación de Pearson para determinar asociación entre variables. El procesamiento y análisis se realizó con el uso del software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2017).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la capa superficial del suelo, de 0 a 10 cm, las áreas SI presentaron mayores valores de los tres indicadores: Ts, Rs y HG. La Ts fue 1,4 °C mayor y con menor variación en suelos SI (coeficiente de variación= 2,4 % en SI y 10,3 % en UH) (Figura 1), la Rs aproximadamente 239,5 % superior, aunque con mayor variación en suelos SI ilustrada a partir de la longitud de la caja que muestra la Figura 2, y la HG 10,8 % mayor en los suelos de las áreas SI sin evidenciar diferencias ($p > 0,05$) con los de UH (Tabla 1). Estas diferencias podrían estar asociadas a la presencia permanente de cobertura vegetal y depósitos de hojarasca de la vegetación espontánea que incrementan la actividad biológica del suelo, la temperatura edáfica y amortiguan la pérdida de humedad del suelo en las áreas SI. En el estudio realizado por Aschkar (2022) en suelos de secano afectados por desmonte en el noreste rionegrino, Argentina, se encontró en promedio un 25 % más respiración basal en suelos sin desmonte al compararlos con suelos desmontados para agricultura con más de 10 años de cultivos,

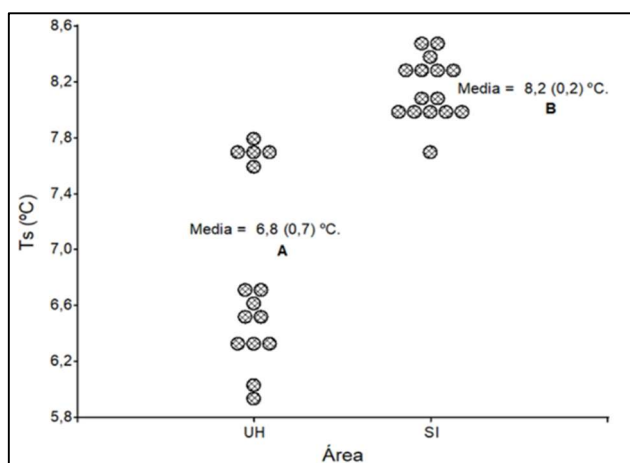


Figura 1. Temperatura de suelo (T_s) en sectores con uso hortícola (UH) y sin intervención (SI). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre áreas.

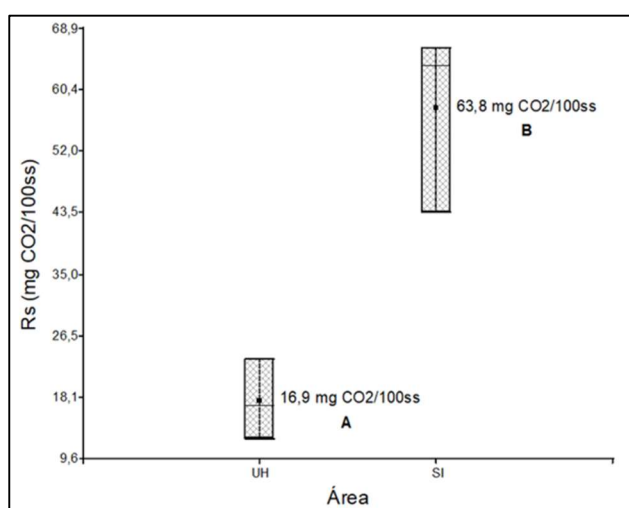


Figura 2. Respiración del suelo (R_s) en sectores con uso hortícola (UH) y sin intervención (SI). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre áreas.

Tabla 1. Características edáficas del suelo.

Área	pH	EE	HG (%)
UH	8,2	Regular	22,2
SI	8,0	Muy buena	33,0

Referencias: pH: potencial hidrógeno, EE: estabilidad estructural y HG: humedad gravimétrica. UH: suelos con uso hortícola y SI: suelos sin intervención.

resultados que acuerdan con los hallados en este estudio. Por el contrario, Toledo *et al.* (2018) reportaron aumentos de hasta un 45 % 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. Respecto a la T_s , Salton & Mielniczuk (1995) sostienen que la cobertura vegetal en periodos de calor mantiene la superficie del suelo más fresca que en los casos en que no existe cobertura. En contraste, en los periodos fríos, funcionan como moderadores de las rápidas caídas de temperatura. Estas variaciones, además, podrían tener efectos sobre la conservación de la humedad en los suelos (Sánchez-Sáenz *et al.*, 2010). En éste sentido, Bragagnolo & Mielniczuk (1990) reportaron que al cubrir el suelo con residuos de trigo (*Triticum aestivum*) se redujo la temperatura del suelo en 8,5 °C y además se logró retener 10 % más de agua que en el suelo descubierto; por otra parte Sánchez-Sáenz *et al.* (2010) al trabajar con coberturas de residuos de maíz (*Zea mays*) hallaron menor amplitud térmica en los suelos cubiertos (1,3 versus 2,5 °C) y una conservación del 3 % más de humedad al compararlo con el suelo sin cobertura de residuos. En este estudio se reporta mayor T_s y de HG (1,4 °C y 10,8 %) en los suelos de las áreas SI, diferencias atribuidas a la presencia de cobertura continua sobre el suelo; las disimilitudes con los estudios reportados por los otros autores podrían estar explicadas por las variaciones climáticas en donde se llevaron a cabo los estudios e inclusive el momento del muestreo.

En la profundidad de 0 a 20 cm el pH del suelo no varió de forma significativa entre las áreas con UH y SI siendo ligeramente alcalinos ($pH > 8,0$) (Tabla 1); resultados similares fueron reportados por Udhaya Nandhini *et al.* (2024) al comparar seis usos distintos del suelo donde el pH se mostró poco variable siendo de naturaleza ligeramente alcalina ($pH = 7,7$ y $7,9$ para suelos con producción hortícola y silvopastoriles respectivamente). En cambio, la EE de agregados y el contenido de MO resultaron diferentes en los suelos con UH y SI. La prueba de EE, al efecto disgregante del agua, arrojó una condición regular de los agregados obtenidos en los suelos con UH y muy buena en los suelos SI (Tabla 1). Por otra parte, el contenido de MO fue superior en los suelos SI ($p < 0,05$); mientras que en suelos con UH la MO no superó 5,4 % en los SI alcanzó 8,5 % (Figura 3). El aporte continuo de residuos orgánicos realizada por la vegetación espontánea y la mayor actividad biológica en los suelos SI incrementó el contenido de MO, y en consecuencia mejoró la EE de los agregados, por

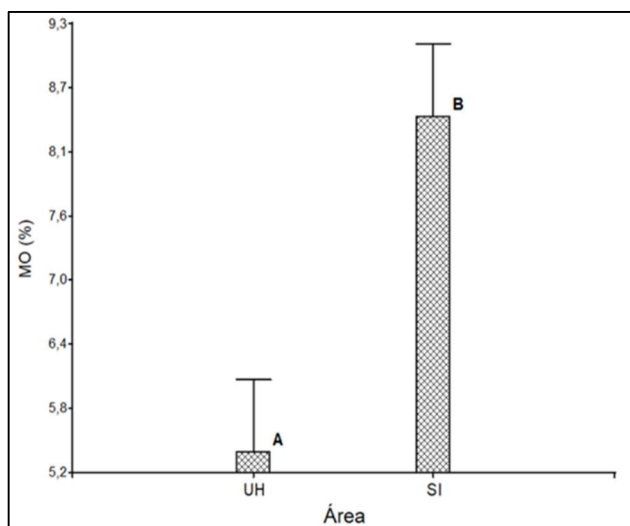


Figura 3. Contenido de materia orgánica total (MOT) en sectores con uso hortícola (UH) y sin intervención (SI). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre áreas.

el contrario, los laboreos anuales que se realizan sobre los suelos con UH provocarían la mineralización/pérdida de la MO con la consecuente reducción de EE. En este sentido, Tourn *et al.* (2020) detectaron correlaciones significativas entre la EE de los agregados del suelo y el carbono orgánico total, y por ende con la MO del suelo, ($r = 0,91 - 0,98$) en suelos de textura franca sometidos a diferentes usos y manejos al Sudeste bonaerense, Argentina, a través del método de De Leenheer y De Boott (1958). Díaz Martin *et al.* (2004) y Udhaya Nandhini *et al.* (2024) sostienen que en sistemas de cultivos con remoción periódica del suelo la protección física de los compuestos orgánicos es menos efectiva debido a que las labranzas

rompen los agregados del suelo y exponen la MO a la degradación microbiana. En estudios realizados por Díaz Martin *et al.* (2004), en un suelo pardo con carbonatos (Inceptisol), obtuvieron un 10 % más agregados estables en agua al comparar sistemas de agricultura convencional y bosque natural debidos a la mayor cantidad de compuestos orgánicos de éstos últimos, y por otra parte Udhaya Nandhini *et al.* (2024) reportaron 0,6 % más MO en suelos de sistemas silvopastoriles que aquellos con uso y manejo hortícola, atribuyendo esa diferencia a la remoción periódica de los suelos. Los resultados de este estudio concuerdan con los de estos autores, habiendo encontrado mejor EE en suelos SI que contenían 3,1 % más MO en valores absolutos, áreas donde no se realiza remoción del suelo y el aporte de residuos al sistema es continuo.

La matriz de correlación (Tabla 2) entre las variables de suelo permitió detectar relaciones positivas fuertes ($r > 0,69$; $p < 0,01$) de la Rs con la Ts, la HG y el contenido de MO, pero mostró una relación fuerte negativa ($r = -0,62$; $p < 0,01$) con el pH del suelo. De la misma manera, la MO presentó relaciones similares a las que tuvo la Rs con las otras variables. Esto indica que la Rs y la MO están condicionadas, en gran parte, por variaciones en la Ts, la HG, el pH del suelo, y además por el aporte de residuos orgánicos que realice la vegetación existente.

4. CONCLUSIÓN

Las diferencias encontradas entre los suelos con uso hortícola (UH) y el de las áreas sin intervención (SI) estarían influenciadas por la

Tabla 1. Coeficientes de correlación de Pearson entre las características del suelo.

Variables	Ts (°C)	Rs (mg CO ₂ /100ss)	HG (%)	pH	MO (%)
Ts (°C)	1				
Rs (mg CO ₂ /100ss)	0,69**	1			
HG (%)	0,51**	0,80*	1		
pH	-0,49*	-0,62**	-0,79**	1	
MO (%)	0,56**	0,85**	0,98**	-0,67**	1

*($p < 0.05$); **($p < 0.01$)

Referencias: Ts: temperatura del suelo, Rs: respiración del suelo, HG: humedad gravimétrica, pH: potencial hidrógeno y MO: materia orgánica total.

actividad antrópica y las condiciones medioambientales. Los suelos con UH, expuestos al laboreo continuo, poseen menor contenido de materia orgánica y una inestable estructuración; en consecuencia, ven reducida su capacidad productiva provocando fuerte dependencia de fertilizantes.

La cobertura vegetal permanente, como en las áreas SI, protege el suelo al actuar como barrera frente a factores erosivos tales como el viento, la lluvia y la radiación solar. Además, permite conservar la humedad, estabilizar la temperatura y mejorar la actividad biótica del suelo. Las áreas SI reciben aportes continuos de residuos vegetales, especialmente de las cortinas forestales, lo que mejora la calidad del suelo y genera un microclima favorable.

Las variables aquí estudiadas, en especial la materia orgánica por su función clave en mejorar las propiedades del suelo, podrían utilizarse como indicadores de cambios en la calidad y el funcionamiento de los suelos en los sistemas hortícola de la región, y de esta manera implementar estrategias integradas de manejo del suelo que promuevan la recuperación de la fertilidad y prevengan el deterioro del suelo a largo plazo.

5. REFERENCIAS

- 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.
- Alef, K. (1995). Estimation of soil respiration. pp. 464-470. In: K. Alef and P. Nannipieri (eds.). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, New York, NY, USA.
- 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>.
- Belelli, C. (2021). Experiencia Profesional en la Chacra Valles Irrigados Norpatagónicos de AAPRESID [Universidad Nacional del Sur] <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5790>.
- 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.
- 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>.
- 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 region Eurasian. *Soil Sci.* 54, 1732–1745. <https://doi.org/10.1134/S106422932111003X>.
- De Leenher, L and De Boodt, M. (1958). Determination of aggregate stability by change in mean weight diameter. En: *Proc. Int. Symp. On Soil Structure*. Medeligen. Van de Landbowhoge School. Ghent, Belgium. pp 290-300.
- Diaz Martin, B.; Cairo Cairo, P.; Morales Sarmiento, M.; Torres Artiles, 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, jul.-dic., 2004.
- 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/>.
- 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.
- 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>.
- 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.
- 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.
- Martínez, 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.
- Udhaya Nandhini, D.; Senthilraja, K.; Venkatesan, S.; Somasundaram, E. and 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>.
- 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).
- 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).
- Sánchez-Sáenz, C.M.; Menezes de Souza, Z.; Eiji, M.; Edson y Salomão de Freitas y Natália, 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=.
- 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.
- Seba, N.; Cecchini, 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 agroecológicas 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>.
- Toledo, D.M.; Arzuaga, S.A.; Galantini, J.A. y Vázquez, S. (2018). Indicadores e índices biológicos de calidad de suelo en sistemas forestales. Ciencia Del Suelo, 36(2). Recuperado a partir de <https://ojs.suelos.org.ar/index.php/cds/article/view/282>
- Tourn, S.N.; Agostini, M. de los Ángeles; Domínguez, G.F. y Studdert, G.A. (2020). Evaluación de métodos de determinación de la estabilidad estructural en un molisol del sudeste bonaerense. Ciencia del suelo, 38(2).
- 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

NOTA TÉCNICA

EL HERBARIO ARC: UN TESORO BOTÁNICO EN LA FACULTAD

Gandullo Ricardo ^{1*}

1- Cátedra de Botánica Agrícola Sistemática, Departamento de Biología Aplicada. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Comahue

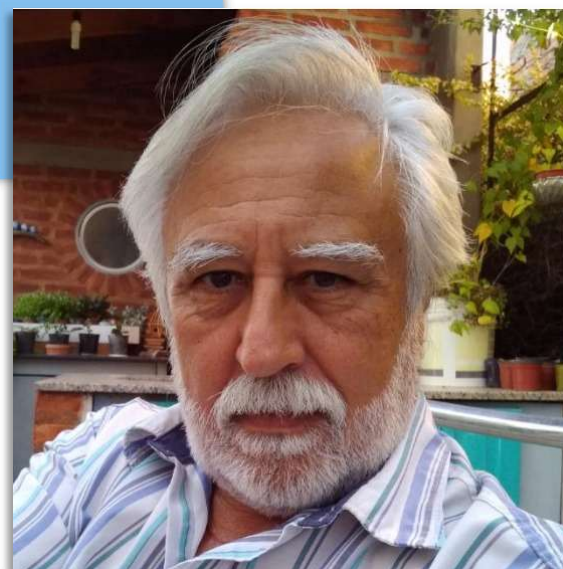
**E-mail: rgandullo@yahoo.com.ar*

Mi nombre es Ricardo Gandullo. Soy Ingeniero Agrónomo, Máster en Gestión y Auditorías Ambientales, Curador del Herbario Institucional denominado Agronomía Región Comahue (ARC) y Profesor Regular de la asignatura Botánica Agrícola Sistemática en la carrera de Ingeniería Agronómica, y el placer de dictar la materia Plantas Ornamentales II en la Tecnicatura Universitaria en Espacios Verdes (TUEV).

Desde hace años me dedico al estudio, la enseñanza y la conservación del conocimiento botánico, y desde ese lugar quiero compartir con ustedes algo que considero valioso y entrañable. Quisiera invitarlos a conocer un espacio poco visible pero fundamental en la vida académica, científica y cultural de nuestra Facultad: el Herbario Institucional ARC. Como curador de esta colección, tengo el privilegio de custodiar no solo un conjunto de plantas herborizadas, sino una parte viva de nuestra historia botánica regional.

Un herbario es, en esencia, una colección sistemáticamente ordenada de plantas o partes de plantas herborizadas. Pero decir solo eso sería reducirlo a una definición técnica. En realidad, un herbario es mucho más. Es una memoria vegetal, un archivo físico y científico que conserva especies vegetales, formas, colores, tiempos y lugares. Es testigo de campañas, investigaciones, descubrimientos, recorridos de campo, proyectos institucionales y también pasiones personales.

El herbario ARC fue creado en 1979 en el seno de la Cátedra de Botánica Agrícola Sistemática por la Profesora Lucy Conticello, hoy cuenta con aproximadamente 12.000 ejemplares de plantas vasculares, recolectados mayoritariamente en las provincias de Río Negro y Neuquén. Esta colección no sólo representa la diversidad



florística del Comahue, sino que es una de las más importantes del país en lo que respecta a flora patagónica. Está acreditado nacional e internacionalmente, lo que nos permite integrarnos a redes de intercambio científico con instituciones de referencia en todo el mundo.

Muchos de los ejemplares que alberga fueron recolectados por colegas que han hecho historia en la botánica argentina. Es un honor para nosotros conservar materiales del Dr. Kurtz, del Dr. Ángel Cabrera, del Dr. Ruiz Leal, del Ing. Agr. Fidel Roig, de la Dra. Clara Movia, entre otros. Cada uno de estos nombres lleva consigo décadas de trabajo serio y comprometido con el conocimiento de nuestra flora patagónica.

Más allá de su valor histórico, el herbario es una herramienta activa y esencial en el trabajo cotidiano de quienes enseñamos, investigamos y gestionamos el conocimiento botánico. Sirve como base para estudios en sistemática, ecología, evolución, anatomía, conservación, biogeografía, etnobotánica, y también como

recurso pedagógico para estudiantes de nuestras carreras. Y lo más importante: está activo. Crece con cada nueva campaña, con cada especie identificada, con cada consulta o intercambio. Conservar un herbario es una tarea metódica y silenciosa. Implica pensar, herborizar, montar, etiquetar, almacenar, registrar digitalización y proteger. Pero también implica pensar, clasificar, vincular, enseñar. Muchas veces he visto cómo el asombro de las y los estudiantes se enciende cuando, por primera vez, observan con detalle una muestra bajo la lupa, cuando entienden que ese pequeño fragmento de naturaleza encapsula un paisaje entero, una historia ecológica, una posibilidad de descubrimiento.

Desde la cátedra, también ofrecemos servicios a terceros: identificación de materiales vegetales, participación en estudios de impacto ambiental, charlas y asesorías técnicas. Estas actividades permiten que el herbario dialogue con el territorio, que su conocimiento se aplique, se comparta y se proyecte.

Invito a toda la comunidad universitaria y a quienes se interesan por la botánica, la conservación y la biodiversidad, a acercarse, a visitar el herbario, a preguntar, a curiosear.

Y si lo desean, también pueden sumarse a colaborar en las tareas de digitalización del herbario, una actividad fundamental para preservar y difundir este valioso patrimonio científico. Nos encontramos en la sede de la UNCo de Cinco Saltos, en el Departamento de Biología Aplicada. Y estamos siempre abiertos a sumar miradas, manos, ideas. Porque conservar un herbario no es solo preservar plantas. Es cuidar un lenguaje. Es sostener la posibilidad de seguir nombrando, entendiendo y valorando nuestro entorno natural.



NOTA TÉCNICA

REAPERTURA DEL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS: UN ESPACIO CON HISTORIA Y COMPROMISO TERRITORIAL

Aschkar Gabriela^{1*}

1- *Cátedra de Edafología, Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, Cinco Saltos, Argentina.*

**E-mail: gabriela.aschkar@faca.uncoma.edu.ar*

Después de 11 años de permanecer cerrado, con gran satisfacción, el 16 de octubre del 2024 se realizó la reapertura del Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agrarias (FaCA) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo). Esta reapertura no solo marca el retorno a la actividad de un espacio clave para la docencia, la investigación y la vinculación con el medio, sino que también honra una historia profundamente ligada al desarrollo académico y productivo de nuestra región.



La historia del laboratorio se remonta a los primeros años de la Facultad. Fue la Dra. Yolanda López Alaniz, profesora de Edafología, quien impulsó en los años 70 la creación del laboratorio. Aunque se jubiló en 1974 sin ver concretado su anhelo, su iniciativa sentó las bases de lo que vendría. En 1975, el Ing. Agr. Julio Lucero, como profesor viajero desde la Universidad Nacional del Sur, dio continuidad al dictado de Edafología. Ese mismo año, en el Congreso de Suelos de Bahía Blanca, convocó al Ing. Agr. Jorge Irisarri, quien aceptó el desafío y se incorporó a la Facultad.

Hacia mediados de 1976 comenzaron a llegar los primeros equipos gestionados por López Alaniz. Así se inició el armado del Laboratorio de Química de Suelos, en el actual espacio del Laboratorio de Tecnología de Frutas, con la dirección del Ing. Irisarri y el valioso acompañamiento del Ing. Agr. Gustavo Crespo, la Lic. Ester Mussini y el personal de apoyo María Antiqueo. Simultáneamente, se instaló el área de Física de Suelos.

A lo largo de los años, se fueron sumando numerosos profesionales que hicieron crecer al laboratorio. En 1977 ingresaron el Qco. Héctor Bianco y la Técnica Química Avelina Antiqueo; en 1978 la Ing. Agr. Alicia Apcarián y en 1979 la Ing. Agr. Patricia Schmid, quien ya colaboraba como ayudante desde 1977.

logró desarrollar la capacidad de realizar análisis físicos, químicos, físico-químicos y biológicos de suelos con un alto grado de precisión, incluso incorporando metodologías específicas

para suelos con propiedades ándicas. A su vez, desde la cátedra de Edafología se gestionaron numerosos convenios con organismos provinciales y nacionales, permitiendo llevar a cabo importantes trabajos de cartografía de suelos y estudios de aptitud de uso en diversas provincias patagónicas, cuyos informes reposan hoy en la Biblioteca de la Facultad.

En 1982, el laboratorio y la cátedra de Edafología se trasladaron al edificio actual y se consolidó como Laboratorio de Suelos y Aguas, ampliando sus servicios. Con el paso de los años, se incorporaron nuevos técnicos como Mario Martínez (1988), Nancy Centeno (2006) y Lucía Ivanoff (2008). Desde 1998 hasta 2017, la Ing. Agr. Patricia Schmid fue responsable del laboratorio, dejando una huella profunda hasta su jubilación.

En 2013, un incendio afectó gravemente el edificio, lo que obligó a interrumpir sus actividades. Las tareas de refacción y adecuación a nuevas normativas de seguridad llevaron varios años, a cargo del Ing. Agr. Dr. Juan Manuel Mencia (2018-2022), pero permitieron renovar la infraestructura, respetando su historia y proyectando su futuro.

Desde sus orígenes, el laboratorio ha procesado más de 5.000 muestras de suelos y aguas, generando más de 50.000 datos analíticos que han sido fundamentales para tesis de grado y posgrado, investigaciones, servicios a productores, profesionales de la región y exestudiantes. También ha sido un espacio de formación para estudiantes secundarios a partir del convenio firmado en 1991 con el Ministerio de Educación de Río Negro, representado por la Escuela Industrial Dr. Armando Novelli.

Hoy celebramos con alegría y orgullo, la reapertura del Laboratorio de Suelos y Aguas, luego de un largo proceso de reconstrucción. Este renacimiento reafirma nuestro compromiso con la formación académica de excelencia, la producción científica de calidad y la transferencia de conocimiento al servicio del desarrollo sustentable de nuestra región.

Uno de los ejes fundamentales que se revitaliza con esta reapertura es el servicio a la comunidad agropecuaria regional. A través del análisis de muestras de suelo y agua, el laboratorio ha brindado históricamente información esencial para la toma de decisiones agronómicas,



mejorando la eficiencia en el uso de insumos, el manejo sustentable de los recursos naturales y el incremento de la productividad de los sistemas agrícolas y forestales. Muchos productores, ingenieros agrónomos y técnicos -muchos de ellos egresados de nuestra facultad - han contado y cuentan con el respaldo técnico del laboratorio para desarrollar sus actividades en distintas zonas de la Patagonia. Esta tarea de vinculación con el territorio representa uno de los aportes más valiosos de la Facultad al desarrollo regional, y se reafirma hoy como una línea estratégica prioritaria en esta nueva etapa.

Desde la Facultad de Ciencias Agrarias, agradecemos y reconocemos profundamente a todas las personas que hicieron posible este recorrido y que, con su trabajo y vocación, sentaron los cimientos para este nuevo capítulo. Agradecemos la colaboración de la Mg. Patricia Schmid y el profesor Juan Carlos Roca por su aporte a recuperar la historia del Laboratorio.

NOTA TÉCNICA

PATAGONIA AL FRENTE DE LA INNOVACIÓN AGRARIA: DOS EVENTOS CLAVE QUE MARCARÁN EL RUMBO DE LA POSCOSECHA Y LA AGRONOMÍA

Machuca, Y.^{1*}

1- Facultad de Ciencias Agrarias, Dpto. Producción, Cátedra de Tecnología de Frutas, Universidad Nacional del Comahue, Río Negro, Argentina.

**E-mail: yesinoe@gmail.com*

La Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue (FaCA-UNCo) reafirma su compromiso con el desarrollo agroindustrial de la Patagonia al asumir, con gran orgullo, el rol de coorganizadora del V Congreso Argentino de Biología y Tecnología Poscosecha (V CABTP) y de las I Jornadas Binacionales de Divulgación en Investigación y Extensión en Agronomía (JBIE) en el marco de las VII Jornadas de Divulgación 2025.

Esta iniciativa afianza el compromiso académico y su aporte estratégico al sector productivo, a la vez que subrayan su papel en la innovación y transferencia de conocimiento en el Alto Valle, una región vital para la economía agrícola nacional.

¡Conoce los detalles y sumate a estos espacios de innovación y desarrollo regional!

V Congreso Argentino de Biología y Tecnología Poscosecha (V CABTP 2025)



Este evento de alcance nacional e internacional, se desarrollará del 21 al 24 de octubre de 2025 en el Complejo Cultural Cipolletti (Gral. Fernández Oro 57, Cipolletti, Río Negro), representando una valiosa oportunidad para fortalecer los vínculos entre la academia, los centros de investigación y el sector productivo. Organizado entre la FaCA-UNCo, el Centro de Investigaciones en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología del Comahue (CITAAC-CONICET-UNCo) y el INTA-EEA Alto Valle. El congreso cuenta con el aval del Consejo de Profesionales BioAgroindustriales de Argentina y el Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica de la Provincia de Río Negro (CPIA), la Cámara Argentina de Fruticultores Integrados (CAFI) y la Municipalidad de Cipolletti. A su vez recibe el acompañamiento de la fundación Williams, la revista Investigación

Joven de la Universidad Nacional de La Plata, la Fundación ArgenINTA, el Gobierno de la provincia de Río Negro y el Gobierno de la provincia de Neuquén junto al auspicio de empresas referentes del área.

Bajo el lema “*Hacia una poscosecha sostenible: integrando ciencia, tecnología y ambiente*”, el congreso busca consolidar un espacio interdisciplinario para abordar los desafíos globales en la conservación de productos frutihortícolas, promoviendo prácticas innovadoras y sostenibles.

El evento ofrecerá un programa integral que combina conferencias sobre temas relevantes de la poscosecha, mesas redondas para debatir soluciones innovadoras, sesiones de pósters sobre investigaciones aplicadas, comunicaciones orales de trabajos científicos seleccionados y ciclos de charlas cortas sobre temas emergentes. Se destaca la presencia de referentes internacionales y nacionales en las distintas temáticas.

Comenzando con el eje “Fisiología, biología y tecnologías de conservación para mantener la calidad de la fruta”, se compartirán los últimos avances científicos sobre la biología de la maduración y las tecnologías de conservación para preservar la calidad de los productos. El

segundo eje, “Eficiencia y Sostenibilidad”, estará dedicado a soluciones tecnológicas innovadoras que equilibren productividad y preservación ambiental junto a estrategias integradas para reducir pérdidas y optimizar recursos en la poscosecha. Para el tercer día, el foco girará en torno al “Agregado de valor, composición nutricional, comercialización y consumo”, explorando cómo la investigación y la innovación pueden mejorar la competitividad de los productos en el mercado, tanto en la calidad nutricional y organoléptica como en prolongar su vida útil. Como cierre, los participantes podrán vivir una experiencia práctica con una “Gira

Técnica”. Se visitará un establecimiento productivo y un empaque frutícola, donde se podrá observar *in situ* la aplicación de las tecnologías discutidas durante el congreso.

Este exclusivo programa representa una oportunidad sin precedentes para acceder a los últimos avances científicos y tecnológicos en el sector frutihortícola, con una mirada hacia los desafíos productivos de la Patagonia.

Para más información del V CABTP 2025 podrás visitar su página web: <https://cabtp2025.com.ar/>; ingresar al Instagram: @cabtp2025 o enviar un mail a cabtpv@gmail.com



I Jornadas Binacionales de Divulgación en Investigación y Extensión en Agronomía (JBIE) y VII Jornadas de Divulgación en Investigación y Extensión Facultad de Ciencias Agrarias 2025



Junto a la Universidad Católica de Temuco (Chile), la FaCA-UNCo organiza estas jornadas que se realizarán del 11 al 13 de noviembre de 2025 en la sede de la Facultad, ubicada en la ciudad de Cinco Saltos, en la provincia de Río

Negro. Las Jornadas cuentan con el aval de los consejos directivos de ambas Instituciones (FaCA-UNCo y UCT), dos Institutos de CONICET regionales (PROBIEN y CITAAC) y el Consejo de Profesionales BioAgroindustriales de Argentina (CPIA).

Este importante encuentro académico científico, que lleva como lema *"Un enfoque integral de las Ciencias Agrarias"*, representa una plataforma fundamental para visibilizar y potenciar las diversas líneas de investigación, desarrollo tecnológico y proyectos de extensión que actualmente se están ejecutando en el ámbito de las ciencias agropecuarias y ambientales con foco en la Patagonia argentino-chilena. El evento

está diseñado para crear sinergias entre las distintas disciplinas que conforman el quehacer agronómico, promoviendo el intercambio de conocimientos y experiencias entre los participantes.

Entre los objetivos centrales de estas jornadas se destacan: 1- La divulgación de los avances científicos más relevantes en el campo de la agronomía regional, 2- La creación de espacios de diálogo interdisciplinario que enriquezcan las perspectivas de investigación, 3- El fortalecimiento de los lazos de cooperación entre los ámbitos académico, productivo y social y 4- La identificación de problemáticas comunes y oportunidades de desarrollo conjunto entre ambos países.

El programa incluirá conferencias dictadas por especialistas nacionales e internacionales, en las que se presentarán y discutirán los últimos avances en el área. Se expondrán trabajos científicos bajo la modalidad de comunicaciones orales, paneles, pósters y stands, de manera de favorecer la interacción entre los asistentes. De

esta forma, se busca constituir un foro de naturaleza periódica, que sea lugar de intercambio de ideas y de conocimiento para todos los que trabajan en agronomía y áreas afines.

Estas jornadas están dirigidas a docentes, investigadores, becarios, estudiantes, no docentes, graduados y a toda la comunidad (organismos públicos, productores, estudiantes de los últimos años de secundaria) interesada en conocer las líneas de investigación y extensión que se desarrollan en el área de agronomía de la región.

Para más información de las JBIE podrás ingresar al Instagram: @JBIE2025 o enviar un mail

a secretaria.investigacion@faca.uncoma.edu.ar

Si buscas información sobre Inscripciones y Envío de resúmenes visita: <https://facaweb.uncoma.edu.ar/index.php/investigacion/i-jornadas-binacionales-de-divulgacion-en-investigacion-y-extension-en-agronomia/>



Con estas iniciativas, la FaCA-UNCo consolida su compromiso institucional de promover espacios de excelencia académico-científica que impulsen la innovación tecnológica y la sostenibilidad en el sector frutihortícola, contribuyendo al desarrollo regional con soluciones concretas basadas en conocimiento y experiencias. Invitamos a toda la comunidad académica, productores y empresas a sumarse a estos eventos.

REPORTE CLIMÁTICO

ESTACIÓN AGROMETEOROLÓGICA – REPORTE CLIMÁTICO 2ºSEMESTRE 2024; 1ºTRIMESTRE 2025

Forquera, Juan Carlos ^{1*}

1- Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas, Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias Agrarias, Cinco Saltos, Argentina.

**E-mail: jcforque@gmail.com*

REPORTE



Ubicación: Ciudad Cinco Saltos, campo FaCA; Provincia: Río Negro

Coordenadas: Lat.: -39°S Lg.: -68°O

Altura s.n.m.: 281

Link: <https://estacion-clima.faca.uncoma.edu.ar/chacra.php>

Temperatura media mensual (Tma°C); Amplitud térmica (AT); Grados día Acumulado Base 10°C (GDAcum°C)

El dato corresponde a 1,5 metros de altura monitoreada a intervalos de 10 minutos en sensor electrónico.

Quinquenio 2017-2021

Meses	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
Tma	5,9	8,4	12,1	14,8	18,7	21,5	22,7	21,6	18,1	16,0

Segundo Semestre 2022/Primer Trimestre 2023

Meses	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
Tma	6	7,7	11,7	14,4	21,5	22,8	23,6	21,6	18,9	16,5
AT	12,3	13,8	17,4	16,4	16,2	17,7	17,1	19,5	18,4	16,5
GDAcum		20	65	192	403	745	1195	1559		

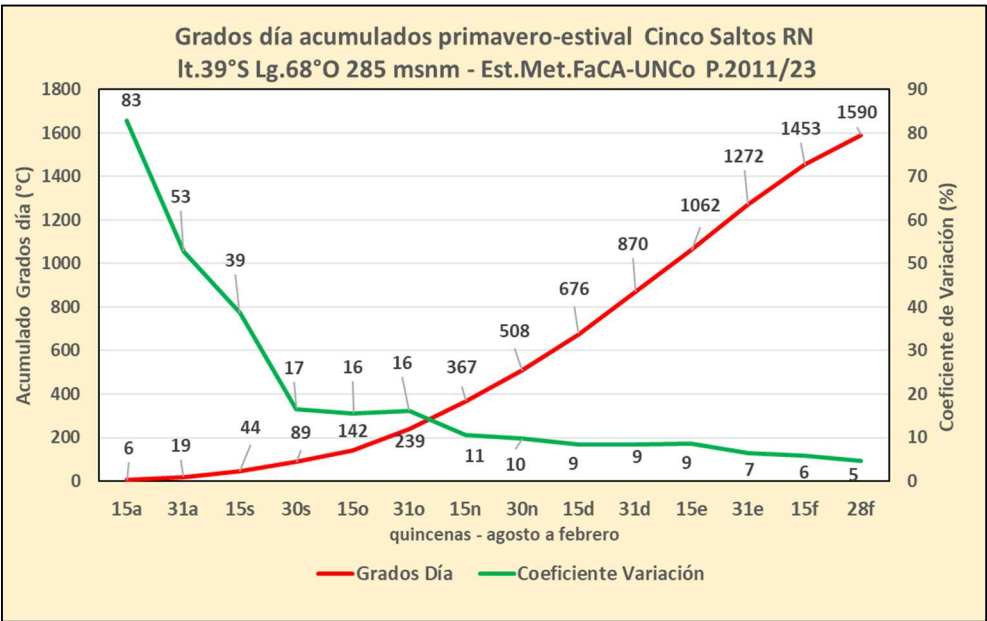
Segundo Semestre 2023/Primer Trimestre 2024

Meses	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
Tma	6,3	8,3	10,8	14,1	17,0	21,0	24,5	22,9	17,6	15,8
AT	12,4	13,7	13,7	15,2	16,7	17,5	17,5	16,7	18,2	15,7
GDAcum		20	64	192	405	748	1198	1572		

Segundo Semestre 2024/Primer Trimestre 2025

Meses	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
Tma	4,2	7,2	12,4	16,9	19,1	21,7	26,4	22,7	18,5	16,6
AT	16,2	16,7	16,4	17,4	17	17,3	17,9	17,7	16,2	17,0
GDAcum		6	84	297	569	920	1430	1780		

Figura 1. GD 2011-2023, desde el primero de agosto a fin de febrero; acumulados cada quincena.



En temperatura (tma°C) 2024-2025 supera al quinquenio, en inicio de primavera 1,5°C y en final de verano 2°C. La amplitud térmica (at°C) en final de invierno 2024 es de 2 a 3°C superior a los periodos anteriores. La acumulación de grados día (gd°C) en base 10, 2024-2025 de septiembre a febrero es superior en un 18% a los periodos anteriores y en 10% a periodo de trece años (figura 1).

Evapotranspiración potencial etp (mm)

Método de radiación de la estación meteorológica automática.

Datos promedios de trece años 2010-2022

Meses	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
Etp día	1,3	2,0	3,1	4,0	5,2	6,0	5,8	4,8	3,7	3,9
Etp mes	40	62	93	124	156	186	180	134	115	
Etp acum	40	102	195	319	475	661	841	975	1090	

Segundo Semestre 2024/Primer Trimestre 2025

Meses	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
Etp día	1,5	1,9	3,2	4,4	5,4	6,5	6,0	4,7	3,7	4,1
Etp mes	46	59	96	136	162	201	186	132	115	
Etp acum	46	105	201	337	499	700	886	1018	1133	

La estimación de evapotranspiración potencial (etp mm) de las tablas anteriores, incrementó en el período 2024-2025, en la ventana temporal donde existe desarrollo vegetativo. De la misma forma se puede observar un incremento de eventos de vientos en los meses estivales de 2024-2025.

Frecuencia evento ráfagas de viento mensual (fv)

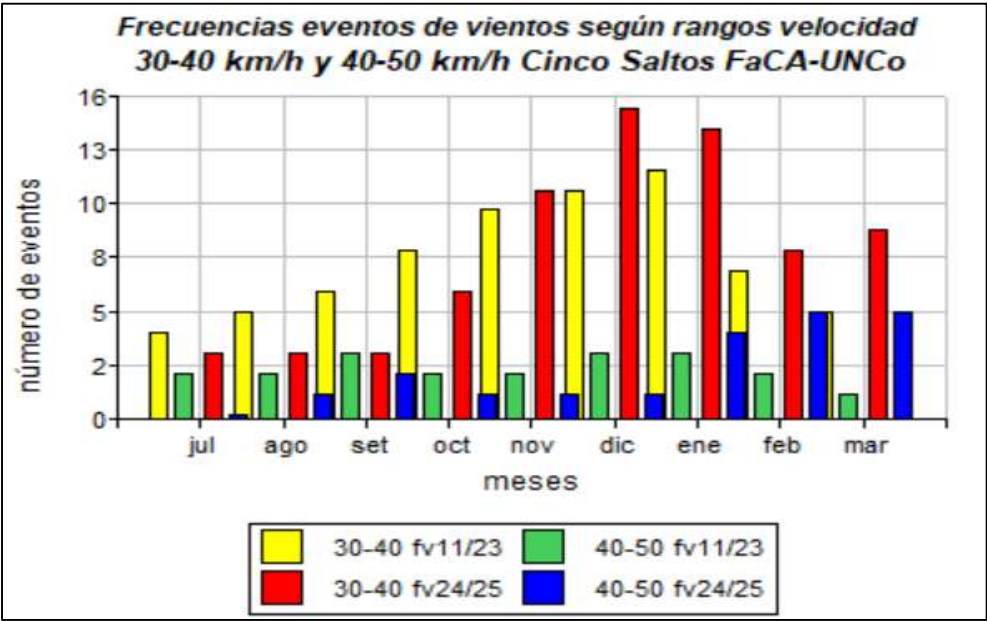
Datos promedios de trece años 2011-2023

Rango velocidad	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
30-40 km/h	4	5	6	8	10	11	12	7	5	7
40-50 km/h	2	2	3	2	2	3	3	2	1	2

Segundo Semestre 2024/Primer Trimestre 2025

Rango velocidad	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
30-40 km/h	3	3	3	11	10	15	14	8	9	8
40-50 km/h	0	1	2	1	2	1	4	5	5	2

Figura 2. Frecuencias absolutas eventos de viento.

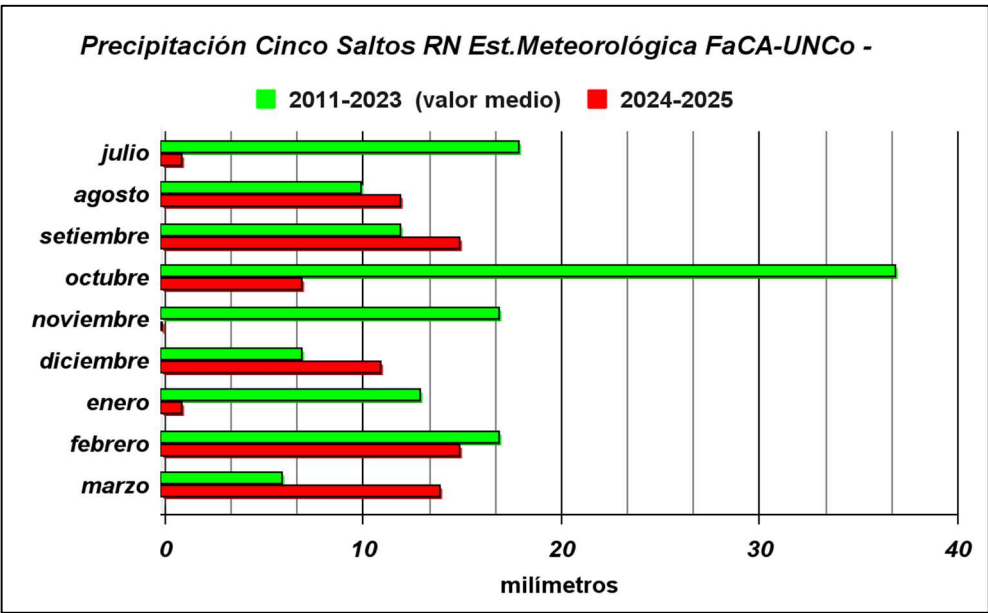


La frecuencia alta de vientos (30-40) de trece años es notoria entre julio y octubre. Ver que en 2024-2025 en el mismo rango, la frecuencia es alta de diciembre a marzo.

Precipitación mensual Pp (mm)

Pp\meses	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	suma
2011-2023	17,6	10,1	11,9	37,2	16,9	7,2	12,5	17,2	5,9	135,8
2024-2025	0	12,4	2,8	6,6	0	11,0	0	14,8	14,2	61,8

Figura 3: Precipitación en período vegetativo.

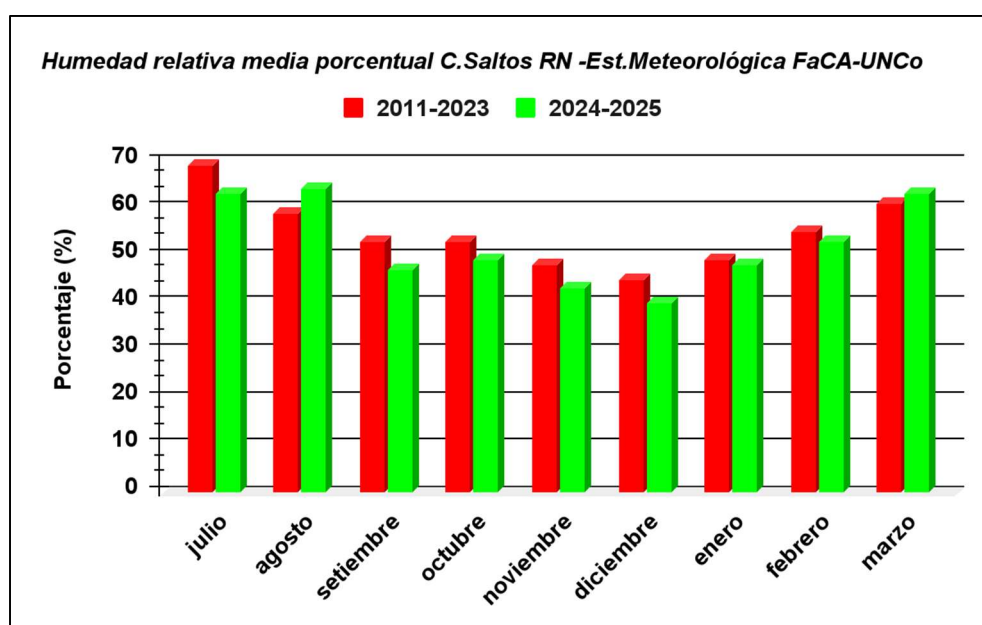


La precipitación anual normal de la región es 200 milímetros, el quinquenio 2015-2019 en Cinco Saltos fue de 188,7 y en 2020-2024 de 171,3 milímetros. En el año calendario 2025 el registro fue de 118,1. En la figura 3 se observa en 2024-2025 una disminución mayor al 50% en lluvias respecto de 2011-2023.

Humedad relativa media porcentual Hrp (%)

Hrp\meses	jul	ago	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	promedio
2011-2023	69	59	53	53	48	45	49	55	60	54
2024-2025	63	64	47	49	43	40	48	53	63	52

Figura 4. Humedad atmosférica expresada en porcentaje.



La marcha de la humedad del aire respecto del estado de saturación denota una disminución del 2% en el valor medio del período vegetativo. En general el período mensual 2024-2025 es algo inferior al de referencia y se observa en los meses de septiembre a diciembre una merma promedio del 5%.

Radiación Solar Global (Rdg)

Medida en Mega Joule metro cuadrado (MJ/m^2) y analizado el período de referencia 2011-2023 con $18,5 \text{ MJ/m}^2$, la media 2024-2025 muestra un leve incremento a $18,8$. Diferencias en julio, octubre y enero.