

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DESEMPEÑO DE CULTIVOS DE SERVICIOS INVERNALES EN LA PROVINCIA DE CORRIENTES, ARGENTINA

Winter service crops performance in Corrientes, Argentina.

Balbi, Celsa N.¹; Zapata, Nahuel; Vénica, Lucas¹; Pérez, Germán L.^{1,2}

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Sargento Cabral 2131, Corrientes Capital.

²Instituto Agrotécnico, Universidad Nacional del Nordeste, Av. Las Heras 727, Resistencia Chaco.

Email: cnbalbi@agr.unne.edu.ar

RESUMEN

Los cultivos de servicio (CS), también conocidos como cultivos de cobertura o abonos verdes, son plantas cultivadas con la finalidad de proporcionar beneficios al ecosistema o servicios ecosistémicos, sin la intención de ser cosechadas. Estos cultivos ofrecen una amplia gama de servicios, tales como la cobertura del suelo, la contribución de materia orgánica, la reducción de la dinámica poblacional de malezas, así como mejoras químicas, físicas y biológicas del suelo. En los últimos diez años, en Argentina, se observó un aumento significativo en la utilización de estos cultivos, con resultados variables según la especie empleada y los objetivos buscados. El objetivo fue evaluar la inclusión de cultivos de servicio invernales, en relación a la disponibilidad de agua en suelo, la biomasa generada y la cobertura aérea como beneficios potenciales para la producción agrícola de Corrientes. Se llevó a cabo un ensayo en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNNE. Se utilizaron vicia, avena y nabo forrajero como cultivos de servicio. También se observó la presencia de malezas e insectos plaga. A los setenta y siete días después de la siembra hubo diferencias en la biomasa de las tres especies. La producción fue superior en avena, seguida por vicia y nabo. El cultivo que presentó el mayor valor promedio de cobertura fue vicia, seguido por avena y nabo. Los cultivos de avena y vicia acumularon más agua a lo largo del ciclo. Tanto el cultivo de avena como el de vicia, brindaron los servicios de manera favorable.

Palabras clave: Agua del suelo; materia orgánica; suelo.

ABSTRACT

Service crops (SC), also known as cover crops or green manure, are plants grown with the purpose of providing ecosystem benefits or services, without the intention of being harvested. These crops offer a wide range of services, such as soil coverage, organic matter contribution, weed population dynamics reduction, as well as chemical, physical, and biological soil improvements. In the last ten years in Argentina, it was observed a significant increase in the use of these crops, with variable results depending on the species used and the goals sought. The objective was to evaluate the inclusion of winter service crops with respect to soil water availability, biomass production, and aerial coverage as potential benefits for agricultural production in Corrientes. A trial was carried out at the experimental field of the Faculty of Agricultural Sciences at UNNE. Vetch, oats, and forage turnip were used as service crops. The presence of weeds and insect pests was also observed. Seventy-seven days after sowing, differences in biomass among the three species were observed. Oat production was the highest followed by vetch and turnip. The crop with the highest average coverage was vetch, followed by oat and turnip. Oat and vetch accumulated more water throughout the cycle. Both oat and vetch crops provided ecosystem services favorably.

Keywords: Soil water; organic matter; soil.



INTRODUCCIÓN

La siembra tradicional de cultivos se ha orientado sobre todo hacia la obtención de cosechas. No obstante, en años recientes, la siembra de cultivos con propósitos distintos ha ganado una relevancia considerable. Se ha observado un cambio en la intención de siembra, con la aparición de objetivos diversificados que, en términos generales, pueden asociarse con la prestación de servicios ecosistémicos (SE) a suelos degradados. Estos objetivos abarcan desde la protección contra la erosión mediante cultivos de cobertura (CC), la incorporación de materia orgánica a través de abonos verdes (AV), hasta la retención de nutrientes y la fijación atmosférica de nitrógeno (N) con leguminosas. Además, se destacan funciones como la descompactación del suelo, el manejo del consumo de agua para reducir las napas, la cobertura del suelo para minimizar la evaporación, la competencia contra malezas e, incluso, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. A este tipo de cultivos se les atribuye el término "cultivos de servicio" (CS), integrándose en el marco teórico de los SE y desplazando el paradigma de la revolución verde enfocado en el cultivo hacia un nuevo enfoque agrícola orientado al ecosistema y sus servicios. El éxito de los cultivos de servicio radica en la canalización de la energía no interceptada por los cultivos de cosecha hacia nuevos SE, distintos a la mera provisión de alimentos. Este paradigma emergente demanda nuevas líneas de investigación agronómica, fundamentadas en la ecología de ecosistemas. Por ejemplo, en el manejo y desarrollo de especies (y combinaciones de especies) para mejorar la producción de raíces, el consumo eficiente de agua, la fijación biológica de N, la competitividad y la captación de nutrientes (Piñeiro, 2022; Morales et al., 2022).

El momento de cortar el ciclo del CS ha sido largamente estudiado y los autores coinciden en que depende de los efectos que son necesarios en el sistema productivo, la búsqueda de relaciones carbono - nitrógeno altas es uno de los principales factores que optan por realizarlo en floración (Adetunji et al., 2021)

Definidos como coberturas vegetales vivas, temporales o permanentes, que cubren el suelo y se cultivan individualmente o en asociación con otros cultivos, los CC son herramientas insustituibles para mantener altos rendimientos en la agricultura (Alessandria, 2013). Su inclusión en la rotación debe estar en consonancia con los objetivos y limitaciones específicos de cada lote, destacando la importancia de evitar enfoques genéricos y optar por estrategias adaptadas a circunstancias particulares (Alessandria, 2013).

Existe un creciente interés en la utilización de cultivos de cobertura (CC), motivado por su capacidad para gestionar de manera temprana las malezas (Price et al., 2012). Los CC logran retardar la germinación y emergencia de malezas al dejar residuos en la superficie, con disminución de la temperatura en el suelo y puede evitar su crecimiento a través de la competencia por recursos (Price et al., 2012). La incorporación de cultivos de cobertura interrumpe el ciclo de plagas y enfermedades perjudiciales para el rendimiento de los cultivos, con la consiguiente reducción de las poblaciones específicas de plagas y reducción recurrente de ciertos agroquímicos, responsables de la generación de resistencia (Restovich et al., 2006) inclusive disminuye la población de patógenos humanos (Zhao et al., 2023). Sembrados entre dos cultivos de cosecha, tienen el propósito de aumentar el aporte de carbono, reducir la lixiviación de nitratos, disminuir la compactación y ampliar la cobertura; no se incorporan, pastorean ni cosechan (Restovich et al., 2006).

Además, contribuyen a prevenir la erosión del suelo, reducir el escurrimiento superficial, mejorar la estructura y el contenido de nitrógeno (Price et al., 2012).

En cuanto al control de la erosión, diversas gramíneas de invierno, al ser incluidas entre cultivos consecutivos de soja, protegen el suelo de procesos erosivos, contribuyen al aporte de carbono en sistemas productivos y a mantener la materia orgánica (Álvarez et al., 2006; Álvarez y Scianca, 2006).

En relación con la materia orgánica (MO), Galarza y colaboradores (2010), reconocen que los cultivos de cobertura influyen tanto en su cantidad como en su calidad. Esta MO desempeña un papel fundamental en la formación de la estructura del suelo, con mejoras en la estabilidad, reducción de susceptibilidad a la compactación y la densidad aparente máxima, y aumento de la macroporosidad. Estos factores facilitan la entrada y el movimiento del agua en el suelo, mejorando así la conductividad hidráulica.



La presencia de raíces generadas por esta fuente adicional de residuos vegetales facilita la captación del agua de lluvia durante el barbecho y los primeros estadios de los cultivos estivales, reduciendo el impacto de las gotas de lluvia en intensidades altas de precipitaciones. Las raíces también contribuyen a una mayor estabilidad de los agregados mediante la secreción de sustancias aglutinantes y la formación de entramados (Varela et al., 2010).

Los cultivos de cobertura, además de proporcionar protección física al suelo, capturan nitratos (NO_3^-) y los incorporan a su biomasa (Boccolini et al., 2010), minimizando su lixiviación durante el periodo de barbecho entre cultivos de verano (marzo-octubre), en especial en suelos de granulometría más gruesa (Fernández et al., 2005). Esto reduce la disponibilidad de nitrógeno (N) en la siembra de los cultivos estivales. La descomposición y mineralización de los residuos de los cultivos de cobertura liberan N durante el ciclo de los cultivos estivales (Boccolini et al., 2010).

Otra utilidad de los cultivos de cobertura es la reducción del nivel freático en suelos con la napa cercana a la superficie. Estos cultivos mejoran esta situación al consumir agua en los primeros centímetros del perfil, mejorando la transitabilidad de los suelos en períodos húmedos (Álvarez y Scianca, 2006).

Los momentos de siembra y secado de los cultivos de servicio son fundamentales para que no resulten limitantes del rendimiento de los cultivos principales (Vaughan and Evanylo, 1998) ni fomenten la pérdida de N hacia las napas (Berntsen et al., 2005). La información al respecto de los momentos óptimos de intervención podría ser útil para mejorar la sincronización entre la liberación y la demanda de N del cultivo de verano siguiente, ya que, a diferencia de un laboreo con incorporación de los CS, bajo siembra directa la liberación de nutrientes de los residuos es más lenta. La tasa de descomposición de los CS depende de su naturaleza (composición química, relación C/N), de su volumen, de la fertilidad del suelo, del manejo de la cobertura y de las condiciones climáticas, principalmente precipitaciones y temperaturas. Estos factores influyen de manera directa en el metabolismo de los organismos descomponedores del suelo, principales agentes responsables por la descomposición de los residuos (Alvarenga et al., 2007). El número de días de crecimiento del cultivo determinará la producción de MS producida y el agua consumida. Por estos motivos resulta crucial definir el momento de supresión del CS. El productor debería restringir el crecimiento antes de que empiece el proceso de floración, ya que este es el momento donde comienza un aumento importante del consumo de agua. No obstante, en zonas con excesos hídricos o donde la recarga por precipitaciones tiene una muy alta probabilidad, el secado final puede retrasarse un poco.

La inclusión de especies designadas como cultivos de cobertura aporta múltiples beneficios a los sistemas de producción actuales. Además de posibilitar la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, favorecer el control de malezas, prevenir la erosión del suelo y mejorar el balance de carbono y las condiciones estructurales del suelo, su manejo inadecuado puede conllevar efectos adversos. El objetivo fue evaluar la inclusión de cultivos de servicio invernales, en relación a la disponibilidad de agua en suelo, la biomasa generada y la cobertura aérea como beneficios potenciales para la producción agrícola de Corrientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Didáctico Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste, situado sobre Ruta Nacional N° 12, Km 1031, Corrientes, Provincia de Corrientes.

El clima de la zona de trabajo es subtropical sin estación seca, por presentar temperaturas cálidas en la mayor parte del año, con temperaturas del mes más frío entre 0 °C y 18 °C y del mes más cálido con promedios mensuales superiores a los 22 °C (Bruniard, 2000; Murphy, 2008). Por otra parte, la temperatura media anual para la Ciudad de Corrientes Capital de 21,3°C. Si bien se desarrollan las cuatro estaciones del año, por su clima subtropical en relación con la latitud, los meses de otoño e invierno son más breves.

El régimen de precipitaciones es regular. Los promedios anuales en toda la Provincia oscilan entre los 1.100 y 1.900 mm (Bruniard, 2000) con una distribución de precipitaciones de noreste a sudoeste. Particularmente, el Departamento Capital (Corrientes) se encuentra ubicado entre las isohietas de 1.300 y 1.400 mm.



El suelo del sitio de experimentación ha sido clasificado como Entisol del subgrupo Udipsamentárgico, perteneciente a la serie de Ensenada Grande, se encuentra ubicado en la loma, presenta textura en superficie arenosa-franco y en la sub superficie textura franco arcillo arenosa, por lo que es susceptible a erosión hídrica como primer limitante y en segundo lugar susceptible a erosión eólica (Escobar et al., 1996).

Esta serie posee bajos tenores de materia orgánica (en general no llega al 1%) y de bases de cambio (0,44 a 7,60 cmol_c kg⁻¹). Su baja fertilidad natural y susceptibilidad a la erosión, ubica a estos suelos en Subclase IIe y IIIe (Escobar et al., 1996).

Preparación del lote y siembra

El experimento se desarrolló en un campo con maíz temprano como antecesor. La fase preparatoria se inició en abril con el control químico de malezas mediante la aplicación de glifosato a una dosis de 2,5 L.ha⁻¹.

El 15 de mayo, se llevó a cabo la siembra vicia y avena bajo el sistema de siembra directa. Se utilizó una máquina sembradora experimental de la marca SEMEATO, propiedad del INTA Corrientes, con un espaciado entre líneas de 0,20 m. La siembra se realizó a una profundidad de 3 cm. Para el nabo forrajero, la siembra se efectuó mediante el sistema de siembra al voleo. Las parcelas experimentales fueron de 100 m² con tres repeticiones en un diseño en bloques completo al azar.

La densidad de siembra fue de 25 kg.ha⁻¹ para vicia (V) (*Vicia villosa* Roth.) inoculada con bacterias fijadoras de nitrógeno del Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo”, 40 kg.ha⁻¹ para Avena negra ITACUÁ (A) (*Avena strigosa* Schreb.) y 10 kg.ha⁻¹ para nabo forrajero variedad baracuda (N) (*Raphanus sativus* L.). Ambas variedades se caracterizan por tener un ciclo intermedio a largo y una excelente salud. Después de la siembra, se aplicaron 2 L.ha⁻¹ de glifosato.

La cobertura fue determinada con CobCal (www.cobcal.com.ar/), un software que permite calcular de forma rápida, sencilla y eficaz, el porcentaje y la superficie cubierta por un cultivo, rastrojo, maleza, o manchas de enfermedad. El funcionamiento del programa está basado en colorimetría, utiliza como entrada fotos digitales de la superficie muestreada.

Evolución de biomasa y cobertura

Para determinar la biomasa, se realizaron cuatro muestreos dentro del ciclo del cultivo (a los 28,48, 77 y 95 días desde la siembra) hasta alcanzar el 10% de floración de la vicia, momento en el cual se procedió a secar el cultivo de servicio, de acuerdo al método descrito por Adentuji et al. (2021). En cada una de las cuatro fechas de muestreo, se tomaron tres muestras. Para avena y vicia, se realizaron tres cortes lineales al azar de 30 cm cada uno, donde cada corte representaba 0,06 m². Para el nabo forrajero, se empleó un aro de 0,56 m de diámetro, equivalente a 0,25 m².

Las muestras fueron secadas en estufa a 60 °C durante 72 horas hasta peso constante y se determinó el peso seco en el área muestreada, para obtener la biomasa producida en kg.ha⁻¹.

Al momento de finalizar el cultivo se utilizó el control químico de los mismos, a través del empleo de distintos principios activos según la especie en cuestión y los cultivos que siguen en la rotación. En especies empleadas como CS, fundamentalmente gramíneas y nabos, con dosis normales de glifosato (48%), del orden de los 2,5 a 3 L.ha⁻¹ se lograron controles satisfactorios. En este caso utilizó glifosato (48%) en una dosis de 2,5 L.ha⁻¹.

Se determinó el agua en el perfil del suelo por método gravimétrico en tres momentos: antes de la siembra, antes de la floración y después del secado del cultivo. El muestreo se realizó con un barreno hasta 1,40 m de profundidad en capas de 0,20 m. Las muestras se colocaron en bandejas de aluminio, se determinó el peso húmedo y se llevó a estufa a 80°C hasta peso constante para calcular la humedad por diferencia expresados en milímetros de lámina de agua (Micucci et al., 2002).

Los datos que fueron analizados mediante el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2020). En el caso de encontrar diferencias significativas los datos se sometieron al test de comparación de medias LSD Fisher ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tiempo de desarrollo del cultivo de servicio fue de poco más de tres meses. Si bien los tres cultivos fueron secados en la misma fecha, avena y nabo forrajero fueron los primeros en alcanzar la floración, en tanto que vicia alcanzó el mismo estado de desarrollo pocos días después, lo que resultó en la floración más tardía.

En la figura 1 se puede observar que en la primera medición la avena tuvo un crecimiento inicial superior al nabo, teniendo como valor intermedio a la Vicia, no diferente estadísticamente, respecto a los otros dos tratamientos. A los 48 días la biomasa se igualó, no encontrándose diferencias estadísticas significativas. Posteriormente, se evidenció una diferencia significativa a favor de la avena, la cual se mantuvo hasta los 95 días. En esta última etapa, se apreciaron diferencias significativas de Avena con Vicia, seguida del Nabo forrajero, cuya contribución se mantuvo en niveles inferiores, destacándose según la bibliografía (Ríos & Estigarribia, 2018), por su papel como cincel biológico no evaluado en este trabajo. La Vicia, al comienzo, tuvo una producción de biomasa muy lenta pero al ir desarrollándose, se pudo observar un cambio notable en la producción de biomasa y terminó con valores muy buenos al momento de secado.

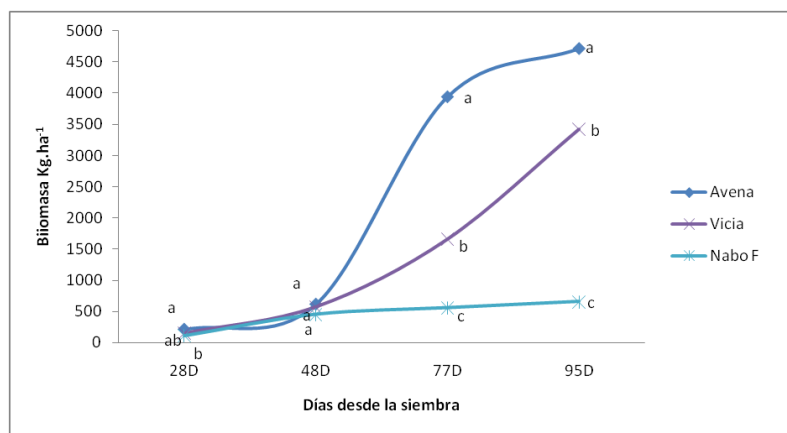


Figura 1. Biomasa aérea (kg ha⁻¹) de vicia, avena y nabo forrajero en distintos días después de la emergencia en Corrientes.

De acuerdo con los datos presentados en la figura 2, se observa que la cobertura de los cultivos exhibe un patrón distinto al de la biomasa. El cultivo que presentó el mayor valor promedio de cobertura fue vicia, seguido por avena y nabo. Es importante resaltar que vicia proporcionó desde temprano la mayor cobertura, lo que repercute en el control de malezas, aunque como contrapartida es la que tiene la menor persistencia en el tiempo. Esto se debe a que, como leguminosa, su descomposición es más rápida (Gentile et al., 2009).

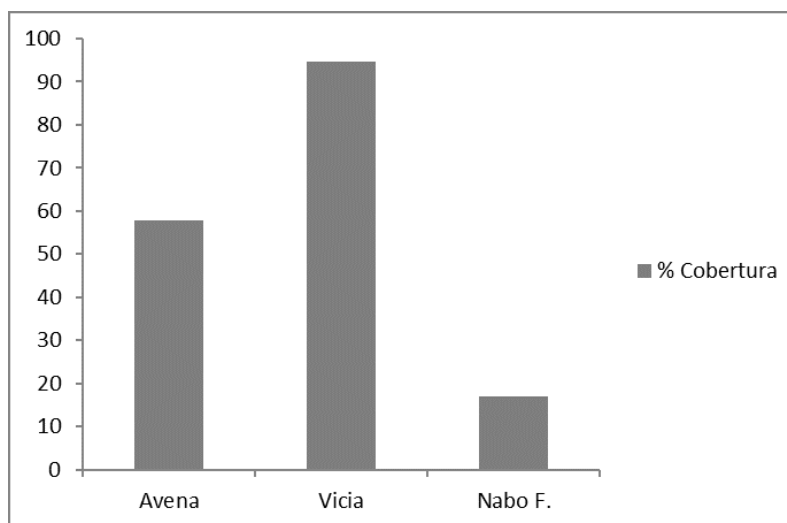


Figura 2. Cálculo de cobertura de los cultivos de servicio en distintas fechas con Cobcal, de cinco diferentes cultivos de servicio en Corrientes

Durante el período invernal, el consumo de agua puede influir en la disponibilidad de agua para el cultivo subsiguiente. Esta disponibilidad dependerá de varios factores: la capacidad de retención de agua útil en el momento de la siembra, el consumo del CS y las precipitaciones específicas de la zona y del año en cuestión (Bertolotto et al., 2017).

Las especies de crecimiento rápido pueden mejorar la Eficiencia de Uso del Agua (EUA), ya que cubren rápidamente el suelo, minimizando así las pérdidas de agua por evaporación directa desde el suelo. Por lo tanto, es crucial seleccionar especies que produzcan la mayor cantidad de materia seca (MS) con el menor consumo de agua, es decir, con alta EUA.

Se calculó también la eficiencia del barbecho (EB) para cada situación mediante la ecuación: agua al inicio menos agua al final sobre las precipitaciones. Los CS que logran producir una mayor cantidad de MS de manera anticipada permiten acelerar su secado, beneficiando a los cultivos estivales al aprovechar más eficientemente las precipitaciones que ocurren al principio de la primavera (Fernández et al., 2005).

Es importante aclarar el concepto de costo hídrico, que se define como la diferencia entre los contenidos hídricos de la cobertura en relación con el barbecho convencional. Este último está expuesto a pérdidas de agua por drenaje y evaporación, lo que subraya la ineficiencia de los barbechos convencionales para almacenar el agua de las precipitaciones (Fernández et al., 2005). Sin embargo, en muchos casos, la mayor infiltración y menor evaporación del agua caída después del secado del CS hacen que la humedad acumulada a la siembra del cultivo siguiente sea igual a la situación de barbecho.

Los datos de agua del perfil de las tablas de los tres cultivos en las diferentes fechas se interpretan en las siguientes figuras: la figura 3a corresponde al cultivo de avena, se puede observar que la disponibilidad de agua antes de la siembra (14/05) es inferior en todas las profundidades muestreadas. Después de la implantación del cultivo, este fue acumulando agua en todas las profundidades, notando la mayor cantidad de mm acumulados a la profundidad de los 100cm después del secado del cultivo (28/08).

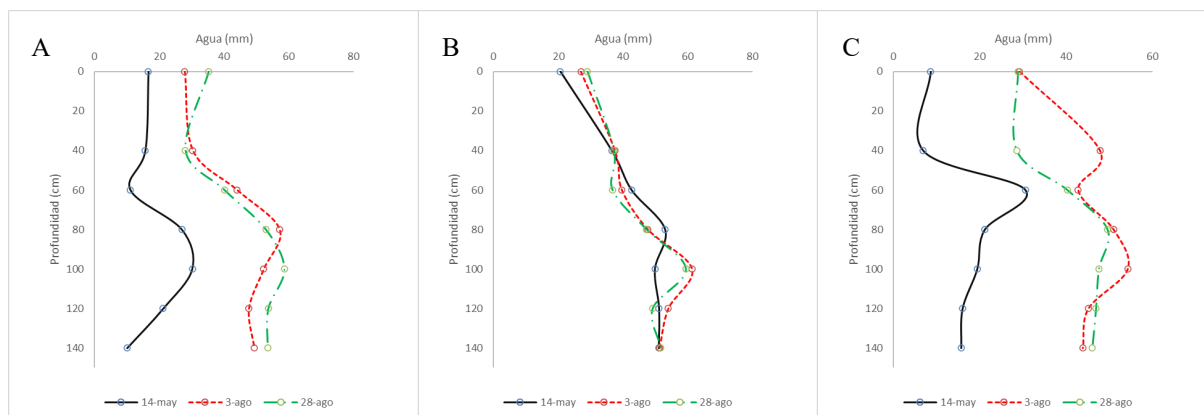


Figura 3. Disponibilidad de agua durante el ciclo del cultivo en las 3 fechas de muestreo para los cultivos de: A: Avena, B: Vicia, C: Nabo.

En la figura 3b, perteneciente al cultivo de vicia, se observa que la disponibilidad de agua antes de la siembra (14/05) fue inferior en todas las profundidades muestreadas. Sin embargo, tras la implantación del cultivo, este mostró una progresiva acumulación de agua en todas las profundidades, destacándose la mayor cantidad de mm acumulados a los 100cm de profundidad mientras el cultivo estaba en desarrollo (3/08).

Por otro lado, la figura 3c corresponde al cultivo de nabo forrajero. En este caso, no se observan diferencias contrastantes entre las tres fechas de muestreo. La disponibilidad de agua aumentó de manera similar a lo largo de las profundidades muestreadas y alcanzó la mayor cantidad de mm acumulados alrededor de los 100 cm.

Durante el período comprendido entre la primera medición y la siembra hasta el secado de los diferentes cultivos, las precipitaciones acumuladas fueron de 226,6 mm al 28/08 para avena, nabo y vicia.

Es sabido que las malezas compiten con las plantas cultivables por los nutrientes del suelo, agua y luz. Estas plantas indeseables sirven de hospederas a insectos y patógenos dañinos a las plantas cultivables. Sus exudados radicales y lixiviados foliares resultan ser tóxicos a las plantas cultivables. Las malezas también obstruyen el proceso de cosecha y aumentan los costos de tales operaciones. Además, al momento de la cosecha las semillas de las malezas contaminan la producción obtenida. De esta forma, la presencia de las malezas en áreas cultivables reduce la eficiencia de la fertilización y la irrigación, facilita el aumento de la densidad de otras plagas y al final los rendimientos agrícolas y su calidad decrecen severamente.

Se realizó monitoreo de malezas durante todo el ciclo cultivo encontrando al momento de la siembra algunas plántulas emergidas de *Acicarpa tribuloides* y *Cyperus sp.*, por lo cual se realizó el control químico mencionado anteriormente. El sector con avena y vicia, debido a su buen establecimiento, distanciamiento entre líneas de siembra y el efecto del herbicida residual, no presentó problemas con malezas durante el ciclo de crecimiento de ambas especies. Por otra parte, el nabo forrajero por el sistema de siembra al voleo y al no generar gran cobertura, permitió la emergencia de las malezas. En los monitoreos posteriores se volvió a ver solo algunas emergencias de *Acicarpa tribuloides* y *Cyperus sp.*, al final del ciclo y luego del secado se vio también *Richardia sp.* y *Conyza bonariensis*.

Los distintos cultivos, desde el momento de su implantación, pueden ser afectados por diferentes plagas generando importantes pérdidas en el rendimiento si no se los detecta y controla a tiempo. El cultivo de avena suele ser atacado por un complejo de pulgones incluidos: el pulgón verde de los cereales, el pulgón amarillo de la avena y el pulgón de la espiga, principalmente en condiciones de frío y sequía. En el ensayo se observó en muy baja densidad la presencia del pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*) en el estado de inicio de macollaje. El cultivo de nabo forrajero se pueden observar distintos coleópteros, larvas de lepidópteros, dípteros minadores y pulgones entre otros. En el ensayo se pudo observar en muy baja densidad la presencia del pulgón de las crucíferas (*Brevicoryne brassicae*) en los primeros estadios. En el cultivo de vicia no se han observado problemas con insectos plagas.

CONCLUSIÓN

El tiempo del cultivo de servicio tardó poco más de tres meses. Si bien los tres cultivos fueron secados en la misma fecha, avena y nabo forrajero fueron los primeros en alcanzar la floración, en tanto que vicia alcanzó el mismo estado de desarrollo pocos días después, lo que resultó en la floración más tardía entre los tres.

En lo que respecta a la producción de biomasa, el nabo forrajero fue el que menos biomasa aérea produjo. Avena se sitúa en primer lugar desde el comienzo del cultivo y alcanza valores de 4.717,78 kg.ha⁻¹ al momento del secado; vicia, al comienzo, tuvo una producción de biomasa muy lenta pero al ir desarrollándose, se pudo observar un cambio notable en la producción de biomasa y terminó con valores muy buenos al momento de secado, sin embargo si se hubiera esperado unos días más hasta la floración podría, incluso, quedar con valores por encima de los de avena.

La cobertura de los cultivos de servicio va en conjunto con el control de malezas, en el caso vicia obtuvo porcentajes de cobertura por encima del 80% desde muy temprano logrando así un excelente control de malezas y casi al 100% de cobertura al momento de ser secado; Avena tuvo porcentajes entre el 50% y 60% de cobertura a lo largo de su ciclo y aun así el control de malezas fue excelente. En último lugar nabo forrajero, que alcanzó una cobertura del 65%, por lo cual el control sobre las malezas fue muy pobre.

La disponibilidad de agua en el perfil fue similar a lo largo del ciclo de nabo forrajero; sin embargo, los cultivos de avena y vicia lograron acumular mayor cantidad de mm a lo largo de su ciclo lo que resulta en un perfil con más agua para el siguiente cultivo.

A lo largo de este ensayo, tanto el cultivo de avena como el de vicia, brindaron los servicios de manera favorable. Ambos, generaron gran cantidad de biomasa, muy buena cobertura de suelo que se mantuvo por un buen tiempo luego de haber secado el cultivo, tuvieron una excelente respuesta frente al control de malezas, lograron acumular mayor cantidad de mm de agua en el perfil la cual queda disponible para el siguiente cultivo.



Las respuestas del cultivo de nabo forrajero estuvieron muy por debajo de los otros cultivos. Lo que se destacó fue el crecimiento de su sistema radical que podría ser muy útil y brindar servicio de descompactación de suelos subsuperficiales, en el caso de suelos que los necesiten.

REFERENCIAS

- Adetunji, A.T., Ncube, B., Meyer, A.H., Olatunji, O.S., Mulidzi, R. y Lewu, F.B.** (2021). Soil pH, nitrogen, phosphatase and urease activities in response to cover crop species, termination stage and termination method. *Heliyon*, 7(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05980>
- Alessandria, E. E., Arbornó, V. M., Leguía, H. L., Pietrarelli, L. T., Sánchez, J. V. y Zamar, J. L.** (2013). Introducción de cultivos de cobertura en agroecosistemas extensivos de la región central de Córdoba. En Álvarez, C., Quiroga, A.R., Santos, D.J. y Bodrero, M.L. (Eds.), *Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción* (pág. 128-137). INTA-EEA Anguil. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cultivos_de_cobertura_.pdf
- Alvarenga, R.C., Cruz, J.C. y Novotny, E.H.** (2007). Plantas de cobertura de solo. *Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção. Vol 13*.
- Alvarez, C. y Scianca, C.** (2006). Cultivos de cobertura en Molisoles de la región pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas. EEA INTA General Villegas. Boletín para profesionales. Jornada profesional agrícola.
- Álvarez, C., Scianca, C., Barraco, M. y Díaz-Zorita M.** (2006). Impacto de cereales de cobertura sobre propiedades edáficas y producción de soja. En: *Actas. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. I Reunión de suelos de la región Andina*. Salta-Jujuy.
- Berntsen, J., Petersen, B.M., Olesen, J.E., Eriksen, J. y Søgaard, K.** (2005) Simulation of residual effects and nitrate leaching after incorporation of different ley types. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.01.004>
- Bertolotto, M., y Marzetti, M.** (2017). Manejo de malezas problema. Cultivos de cobertura: bases para su manejo en sistemas de producción. REM-AAPRESID. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/blog/cultivos-cobertura-rem>
- Boccolini, M., Aimetta, B., Lorenzon, C., Cazorla, C., Baigorria, T., Conde, B. y Faggioli, V.** (2010). Resultados preliminares sobre el efecto de cultivos de cobertura y la fertilización en propiedades del suelo relacionadas al ciclo del nitrógeno. *Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Rosario, Argentina.
- Bruniard, E.** (2000). Los regímenes climáticos y la vegetación natural. Aportes para un modelo fitoclimático mundial. *Academia Nacional de Geografía*. p. 79. Publicación Especial N° 16. Buenos Aires, Argentina.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C.W.** (2020). InfoStat versión Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Escobar, H., Ligier D., Melgar, R., Matteo, H. y Vallejos, O.** (1996). Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales E.E.A INTA-Corrientes.
- Fernández, R., Funaro, D., y Quiroga, A.** (2005). Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. *Boletín de divulgación técnica*, (87).
- Galarza, C., Cazorla, C. y Bonacci, F.** (2010). Influencia de los cultivos de cobertura en algunas propiedades físicas del suelo en sistemas agrícolas en siembra directa. *XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. P: 59. Rosario. Argentina.
- Gentile, R., Vanlauwe, B., van Kessel, C., Six, J.** (2009) Managing N availability and losses by combining fertilizer-N with different quality residues in Kenya. *Agric Ecosyst Environ*, 131:308–314. doi:10.1016/j.agee.2009.02.003
- Micucci, F. G., Taboada, M. A., y Gil, R.** (2002). El agua en la producción de cultivos extensivos: i. El suelo como un gran reservorio eficiente.
- Morales, M. E., Iocoli, G. A., Villamil, M. B., y Zabaloy, M. C.** (2022). Efecto de los cultivos de cobertura invernales sobre el microbioma del suelo: revisión sistemática de la literatura. *Revista Argentina de Microbiología*, 54(1), 57-70. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2021.02.008>

- Murphy, G. M. (Ed.).** (2008). Atlas agroclimático de Argentina. República Federal Argentina, Editorial Facultad de Agronomía.
- Piñeiro, G.** (2022). Cultivos de servicio y su manejo. Especial Congreso AAPRESID, 30: 40-47
- Price, A, Balkcom, K.S., Duzy, L.M. y Kelton, J.A.** (2012). Herbicide and Cover Crop Residue Integration for Amaranthus Control in Conservation Agriculture Cotton and Implications for Resistance Management. *Weed Technology*, 26(3): 490-498. doi:10.1614/WT-D-11-00127.1
- Restovich, S., Andriulo, A., Sasal, C., Irizar, A., Rimatori, F., Darder, M. y Hanuch L.** (2006). Absorción de agua y nitrógeno edáfico de diferentes cultivos de cobertura. *Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*.
- Ríos, D., y Estigarribia, A.** (2018). Descompactación biológica, una alternativa de solución a la compactación del suelo. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 2(2), 73-83.
- Varela, M., Fernández, P.L., Rubio, G. y Taboada, M.A.** (2010). ¿Mejora la macroporosidad y la estabilidad estructural de los suelos limosos luego de la incorporación de cultivos de cobertura? *Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Rosario, Argentina.
- Vaughan, J.D. y Evanylo G.K.** (1998). Corn response to cover crop species, spring desiccation time, and residue management. *Agron. J.* 90: 536-544. <https://doi.org/10.2134/agronj1998.00021962009000040016x>
- Zhao, Y., Haley, O. C., Xu, X., Jaber-Douraki, M., Rivard, C., Pliakoni, E. D., Nwadike, L. y Bhullar, M.** (2023). The Potential for Cover Crops to Reduce the Load of *Escherichia coli* in Contaminated Agricultural Soil. *Journal of Food Protection*, 86(7). <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2023.100103>