

**Evaluación del impacto sobre el suelo y el rendimiento de un cultivo de maíz dulce para choclo fresco (*Zea mays*) con vicia (*Vicia villosa*) en un planteo hortícola comercial del suroeste de Río Negro**

Trabajo de tesina para obtener el título de grado de la carrera Licenciatura en Agroecología de la Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina, El Bolsón

Estudiante: Marcos Alfredo Ocampo

Directora: Ing. Agr. Martha Cecilia Riat

Codirectora: Ing. Agr. María Victoria Cremona

Julio 2023

## **Agradecimientos**

A la Universidad Pública que me dio la oportunidad de volver a estudiar, crecer y transformarme. A mis compañeros y compañeras por la cálida compañía en el camino. A los y las docentes que me abrieron puertas y ventanas hacia mundos maravillosos y fascinantes. A los y las no docentes cuyo apoyo, compromiso y calidez hicieron posible que hoy haya llegado a este punto.

A mis directoras Martha Riat y María Victoria Cremona por la exquisita combinación de libertad, orientación, apoyo, vuelo y confianza que me brindaron permanentemente.

A Claudia Cobelo por sus oportunas intervenciones, acertadísimas observaciones y necesarias palabras de aliento. A Alejandra Arroyo por la claridad con la que me llevó nuevamente al camino, el permanente apoyo y asesoramiento para llegar a destino.

A Ezequiel Villacide quien gracias a su dedicado trabajo, permanente predisposición, buen humor y constante apoyo hizo de las largas horas de laboratorio un espacio ameno, cómodo y confiable hasta en los momentos de mayor zozobra.

A mis padres y abuelos que me mostraron que el mundo es inmenso, maravilloso, lleno de oportunidades y me enseñaron a explorarlo en toda su exquisita vastedad.

A mi amiga Paula por las horas de acompañamiento, los sueños compartidos, el apoyo incondicional, el inmenso optimismo y por sobre todo por los años de compartir el camino.

A Sergio y Gustavo por estar siempre.

A mis amores Julián y Gabriel para con quienes todas las palabras de agradecimiento quedan cortas por todo el amor, el apoyo y la confianza sin los cuales me hubiera sido imposible esta maravillosa aventura.

## Índice

Introducción .....	3
Objetivos .....	5
Objetivo general .....	5
Objetivos particulares .....	6
Metodología .....	6
Descripción del lugar de trabajo .....	6
Toma de muestras.....	8
Muestreo de suelo .....	8
Mediciones a campo .....	9
Muestreo de planta.....	10
Pretratamientos o preparación de las muestras.....	12
Muestras de suelo .....	12
Muestras de biomasa .....	12
Análisis y determinaciones de laboratorio.....	13
Variables del suelo .....	13
Variables del cultivo .....	18
Análisis Estadístico .....	20
Entrevista y devolución al productor .....	21
Resultados y Discusión .....	22
Variables del suelo .....	22
Variables químicas.....	22
Variables biológicas.....	25
Variables físicas .....	25
Variables del cultivo .....	27
Biomasa .....	27
Calidad del rastrojo .....	28
Apreciación del productor.....	30
Conclusiones.....	32
Bibliografía.....	34
Anexo I Análisis Estadístico .....	40
Anexo II Encuentro con el Productor .....	48
Anexo III Muestras de Biomasa de Raíces.....	53

## Introducción

Los primeros sistemas agrícolas conocidos constaban de cultivos mezclados de especies deseables que suplirían las necesidades de la comunidad en cuanto alimento, fibras, u otras necesidades y -hasta cierto punto- imitaban al ecosistema natural y su diversidad. En este contexto histórico los monocultivos son una innovación relativamente reciente (Francis, 1989). Actualmente los cultivos múltiples ocupan la mayoría de las áreas cultivadas de África occidental, en las zonas tropicales de Latinoamérica gran parte de los cultivos básicos se producen bajo este sistema y también se los puede encontrar en zonas templadas en unidades productivas relativamente extensas, mecanizadas y con acceso al mercado de capitales (Liebman, 1999).

Los cultivos múltiples son una herramienta de intensificación en el tiempo y el espacio que se puede resumir como la siembra de más de dos cultivos en un mismo año en el mismo lote. Esta intensificación puede llevarse a cabo tanto como un cultivo secuencial o como un cultivo intercalado. Los cultivos secuenciales pueden ser de cosecha doble, triple o cuádruple en función de la cantidad de cosechas por año y en estos casos la intensificación se da en la dimensión temporal (Francis, 1989).

Dentro de esta secuencia de cultivos que se desarrollan en un mismo sitio y de manera consecutiva se suele incorporar cultivos que tienen como fin brindar otros servicios y que actualmente se denominan cultivos de servicio (CS). Los CS son cultivos de especies herbáceas, mayoritariamente gramíneas y leguminosas, que en la rotación son sembrados entre dos cultivos de cosecha o renta. Los CS han sido tradicionalmente cultivados con diversos objetivos tales como evitar la erosión, aumentar el carbono y nitrógeno del suelo, reducir la lixiviación de nitratos y aumentar la porosidad del suelo (Ruffo & Parsons, 2004). Al igual que una amplia variedad de tecnologías, han sido utilizados desde la antigüedad por varias culturas que observaron cómo esta práctica mejoraba los rindes de cultivos y se recuperaban tierras empobrecidas (Haider, Cheema, & Farooq, 2019).

Los CS nacen con el fin de mantener el suelo cubierto en los períodos de barbecho entre cultivos de cosecha y por ello originalmente se los llamó cultivos de cobertura, sin embargo con su utilización repetida se observó que estos cultivos generan múltiples beneficios y en función de ello se han propuesto diferentes nombres. Debido a su capacidad de absorber, retener e inmovilizar nutrientes del suelo evitando su pérdida se los ha llamado cultivos trampa; debido a que pueden cumplir varios propósitos al mismo tiempo se los ha denominado cultivos multipropósitos (Pinto 2012); y más recientemente comenzaron a ser denominados cultivos de servicio ya que además de hacer referencia a sus propósitos múltiples hace referencia a los servicios ecológicos que también brindan (Pinto & Piñeiro 2018).

Entre los cultivos múltiples también se encuentran los cultivos intercalados en los que la intensificación se da en tanto en la dimensión temporal como espacial y que incluyen los cultivos intercalados mixtos, en

hileras, en franjas y de relevos (Francis, 1989). La clave de estos policultivos está en que la implantación se ejecute con la proximidad espacial necesaria para que haya competencia o complementariedad y de ese modo aumentar los rendimientos globales al tiempo que se conforma un sistema más sustentable que conserva los recursos (Álvarez & Alayon Luaces, 2020).

Así como se han reportado múltiples ventajas también se han referido ciertas desventajas de esta práctica que incluyen la necesidad de un cuidadoso manejo para prevenir la competencia entre los cultivos, los altos requerimientos de mano de obra para el establecimiento y el manejo del cultivo, algunos CS se secan en la época de mayor peligrosidad de incendios siendo un serio riesgo, ciertas especies podrían tener un efecto alelopático en el cultivo siguiente, o la incorporación de cultivos con altas proporciones de carbono:nitrógeno (C:N) pueden reducir la disponibilidad de nitrógeno para el ciclo siguiente (Pound, 1999). En cultivos de secano en climas monzónicos -donde el agua puede ser una limitante- el consumo de agua almacenada en el perfil durante la temporada seca es un factor a tomar con cuenta (Prieto Angueira, Berton, & Ventura, 2019). Al aumentar la complejidad y los elementos involucrados se hace necesario realizar un detallado análisis económico con el fin de calcular el retorno del sistema de producción debido a sus múltiples costos (mano de obra, semillas, maquinaria, costo de oportunidad) y múltiples beneficios involucrados (Daryanto, Fua, Wang, Jacinthe, & Zhao, 2018).

La producción hortícola posee características propias que la diferencian claramente del resto de las producciones agrícolas y le imprimen una dinámica particular que condiciona su desarrollo y las tecnologías que en ella se aplican. En este sentido el uso intensivo de los factores productivos se refleja en el uso permanente del suelo con altas rotaciones y poco tiempo de descanso (Alliaume, Jorge, & Dogliotti, 2014), una alta inversión en equipamiento y una conspicua demanda de fuerza laboral en toda la cadena desde la producción primaria hasta la comercialización (Roveretti, Atucha, Lacaze, & Fulponi, 2016).

Entre los puntos críticos que las producciones hortícolas enfrentan para su sostenibilidad se encuentran los problemas relacionados con el suelo (Pedemonte, Molina, & Álvarez, 2014). Su uso intensivo implica la continua extracción de nutrientes, la disminución de materia orgánica del suelo y degradación de la estructura superficial (Carnicer, Sotelo, Pérez, Ballatore, & Castelán, 2020), debido a la alta frecuencia de cultivo y el consecuente laboreo intensivo, el mantenimiento del suelo descubierto dentro del cultivo, y la baja entrada de carbono al suelo (Alliaume, Jorge, & Dogliotti, 2014). En consecuencia los suelos pierden calidad y funcionalidad perjudicando la sustentabilidad del sistema debido -en general- a la hiperfertilización, aumento de la salinidad, alcalinidad y pérdida de la materia orgánica (Carnicer, Sotelo, Pérez, Ballatore, & Castelán, 2020).

En la horticultura en general, y en la comercial en particular, la intensidad de uso del suelo (Alliaume, Jorge, & Dogliotti, 2014) dificulta la implementación de CS de manera intercalada en el tiempo disminuyendo su uso como estrategia destinada al mantenimiento de la fertilidad del suelo.

Entre los puntos centrales del modelo de producción agroecológico en planteos hortícolas se encuentra la diversificación biológica -temporal y espacial- y el mejoramiento de la calidad de los suelos y entre las estrategias propuesta para su alcance se encuentran las asociaciones o policultivos (PC), los cultivos de cobertura o CS, los cercos y corredores biológicos, las rotaciones, los barbechos naturales y mantenimiento de especies silvestres en los cultivos, las labranzas conservacionistas, la aplicación de materia orgánica y rastros, la adecuada fertilización, y la integración de animales en el sistema (Pérez & Marasas, 2013).

En este sentido la utilización de CS junto con la disminución en la intensidad de las labranzas puede mejorar la calidad del suelo aunque en algunos casos se pudo ver la disminución de producción de los cultivos de cosecha (Alliaume, Jorge, & Dogliotti, 2014). Sin embargo los CS en sistemas hortícolas intensivos en contextos periurbanos es de difícil implementación ya que la intensidad de uso del suelo es crucial a la hora de mantener o aumentar los niveles de producción frente a la imposibilidad de aumentar la superficie de los establecimientos.

Por otro lado entre las estrategias más extendidas para la implementación de cultivos hortícolas de base agroecológica se encuentran los cultivos asociados o múltiples que, a diferencia de los CS, son cultivos de dos especies vegetales para cosecha que comparten el mismo espacio y tiempo de modo tal que se hace un uso más eficiente de los recursos (Rodiño Míguez, Santalla Ferradás, & Ron Pedreira, 2008). No obstante los cultivos asociados, múltiples o PC se plantean en la horticultura agroecológica principalmente con el fin de aumentar la diversidad tendiendo al control de plagas (Pérez & Marasas, 2013), enfermedades y malezas (Altieri & Nicholls, 2000). De modo tal que no se plantea dentro de estas estrategias la implantación de PC que asocien una especie cuyo objetivo sea mejorar la calidad del suelo junto con un cultivo de cosecha.

La asociación de un cultivo de cosecha y un CS, como un policultivo, en un planteo hortícola comercial intensivo podría significar un modo de mejorar la calidad del suelo al tiempo que la parcela no sale del sistema de rotación comercial para renta. A esta combinación, objeto de estudio del presente trabajo, se la denominará en adelante policultivo.

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar la implementación de un policultivo de maíz dulce para choclo fresco (*Zea mays*) y vicia (*Vicia villosa*) con cultivo antecesor de centeno (*Secale cereale*) y vicia en un planteo hortícola

comercial del suroeste de Río Negro sobre la performance del cultivo y el impacto sobre el suelo.

### **Objetivos particulares**

1. Evaluar el impacto de la práctica sobre la calidad del suelo a través de indicadores físicos, químicos y biológicos.
2. Evaluar el efecto del policultivo sobre el rendimiento comercial del cultivo a través de la cuantificación de sus diferentes componentes.
3. Analizar el aporte del policultivo sobre la biomasa que se incorporará al suelo al finalizar el ciclo mediante la estimación de la cantidad y calidad del rastrojo.
4. Analizar la percepción del productor sobre el impacto de la práctica, sus resultados y la aplicabilidad por medio de una actividad conjunta de devolución y debate.

## **Metodología**

### **Descripción del lugar de trabajo**

El presente trabajo se desarrolló en el establecimiento hortícola de Pablo Carretero ubicado en el fondo del valle de El Bolsón, en la zona periurbana al norte de la localidad del mismo nombre a 350 metros sobre el nivel del mar (Figura 1). Se trata de un valle andino de orientación norte-sur ubicado a los 42° de latitud sur y a los 71° 30' longitud oeste en el suroeste de la Provincia de Río Negro, Argentina. Según la clasificación Köppen (Kottek, 2006) presenta un clima categoría Csb: verano suave con una temperatura media del mes más cálido que no llega a los 22°C pero se superan los 10°C durante cuatro o más meses al año y a diferencia del mediterráneo presenta un verano más suave, pero al contrario que en el oceánico hay estación seca y esta ocurre en los meses más cálidos. La precipitación media anual de los últimos años se ubica en el orden de los 916 mm concentrados en los meses de invierno (DPA, 2012).

Pablo Carretero se dedica a la horticultura desde principios de la década de 1970, tiene más de 70 años de edad y en el año 1980 se estableció en El Bolsón dedicándose desde ese momento a la producción agrícola.

Se trata de un establecimiento hortícola comercial convencional de base empresarial tipo PyME en la que las decisiones son tomadas con una estructura empresarial y la mano de obra es mayormente asalariada (Cardozo, y otros, 2022). Se encuentra bajo producción hortícola desde el año 1980 y si bien a principios de la década de 2000 se vio forzado a vender una parte de la chacra para afrontar obligaciones financieras en los últimos años ha aumentado su superficie paulatinamente gracias al arrendamiento de tierras vecinas.

La generalidad de los suelos de se formaron a partir de cenizas volcánicas se clasifican como andisoles (U.S.D.A., 1975) con densidades aparentes menores a 0,8 g/cm<sup>3</sup>; retención de fosfatos

mayor al 85 % y pH en fluoruro de sodio superior a 9,4. Los suelos agrícolas cercanos a El Bolsón cumplen los parámetros mencionados para encontrarse dentro de este grupo de suelos aunque más próximos a los valores establecidos como límites. Presentan pH superficiales entre 6 y 6,2; el test de Fieldes ha arrojado tanto resultados positivos como negativos; la conductividad eléctrica registra valores menores a  $0,20 \text{ dSm}^{-1}$ , la materia orgánica en el horizonte superficial se encuentra en un promedio de entre el 8 y 9 %, el nitrógeno en un 0,42 % y las texturas reportadas corresponden a suelos franco arenosos y franco limosos. (Lanciotti & Cremona, 1999).

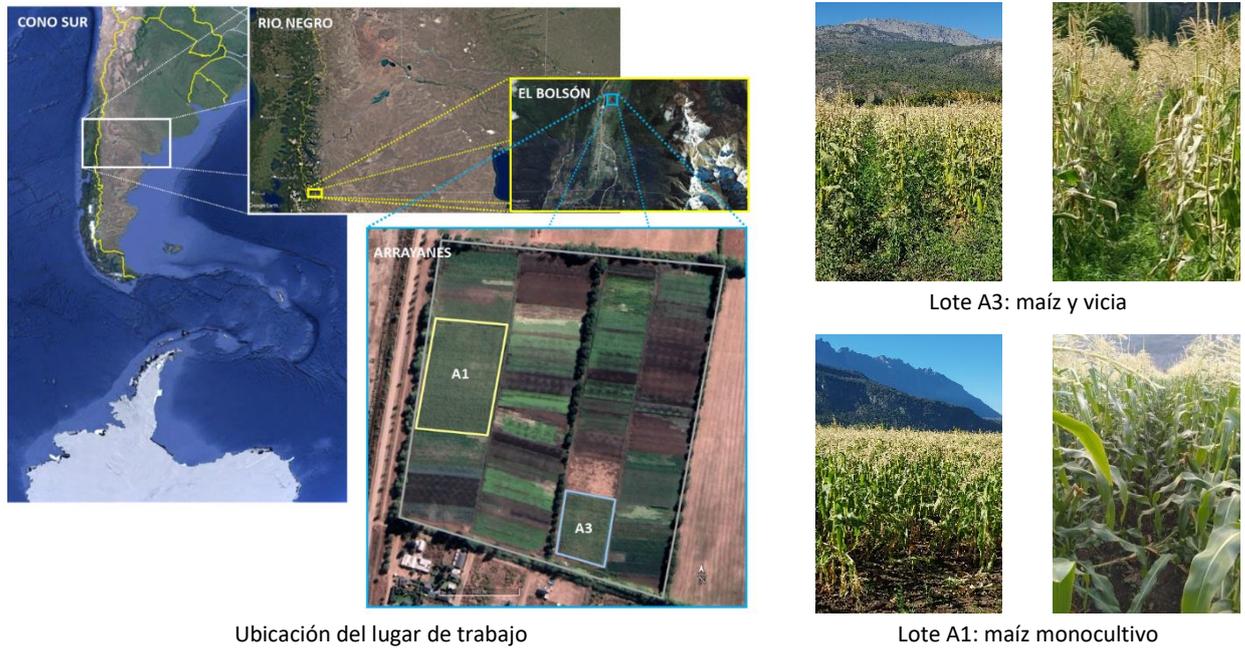
En este establecimiento se trabajó sobre dos fracciones diferentes y distantes a 100 metros entre sí, una del lote A3 ( $41^{\circ}56'23.42''\text{S} - 71^{\circ}31'36.46''\text{O}$ ) y otra del lote A1 ( $41^{\circ}56'17.37''\text{S} - 71^{\circ}31'43.11''\text{O}$ ) ubicadas dentro de la parcela denominada Arrayanes que se encontraban bajo producción comercial al momento de la realización del trabajo. Ambas fracciones provienen de manejos previos similares y se cultivaron con maíz dulce para choclo fresco. En la fracción del lote A3 el otoño previo a la siembra de maíz (otoño de 2020) se sembró una asociación de centeno (*Secale cereale*) y vicia (*Vicia villosa*) mientras que en el lote A1 en la misma época se sembró en el tercio oeste avena (*Avena strigosa*) y en el resto centeno, en ambos casos con el objeto de evitar dejar el suelo desnudo durante la época de lluvias y aportar materia orgánica al suelo en la primavera previo al cultivo de maíz. En ambos casos el CS se incorporó al suelo previo a la siembra de maíz pero por problemas operativos en el lote A3 el trabajo se retrasó unas semanas de modo tal que la vicia se incorporó mediante una labranza con las semillas ya maduras.

Previo a la siembra de maíz en ambos lotes se hizo una fertilización de base de fosfato diamónico de  $250 \text{ kg/ha}$ , el maíz se sembró durante el mes de octubre de 2020, durante el cultivo se realizaron dos aplicaciones de urea totalizando  $100 \text{ kg/ha}$ , se hicieron dos aporques manuales durante todo el ciclo de cultivo y el riego fue por surcos para ambos lotes.

La incorporación de la vicia con semillas maduras devino en que en el lote A3 se estableció vicia *guacha* -previo a la emergencia del maíz- que ocupó el espacio entre las plantas del cultivo de maíz cosecha resultando en un policultivo no intencional y ante esta situación se decidió manejar ambos lotes de manera diferenciada: del lote A3 como un cultivo asociado de maíz y vicia mientras que la fracción del lote A1 se manejó como un monocultivo de maíz con manejo convencional (Figura 1). En este sentido al lote A1 se le realizó la aplicación de un herbicida de preemergencia para hojas anchas. De este modo el lote A3 resultó en una secuencia de maíz asociado con vicia precedido por centeno y vicia como cultivo de servicio (al que llamaremos maíz en policultivo) mientras que el lote A1 resultó en una secuencia de maíz en monocultivo precedido por avena o centeno como cultivo de servicio (al que llamaremos maíz en monocultivo).

Comenzando la cosecha el productor y su asesor vieron que sería importante registrar la

experiencia e intentar obtener y sistematizar información que les permitiera mejorar la toma de decisiones, por lo cual se pusieron en contacto con personal de la Universidad para ofrecer la experiencia como tema de trabajo o investigación a partir de lo cual surge la presente tesis.



Ubicación del lugar de trabajo

Lote A1: maíz monocultivo

Figura 1: Ubicación y aspecto de los cultivos

### Toma de muestras

El muestreo se realizó de manera sistemática a partir del uso de siete transectas de sentido este - oeste paralelas a la línea del cultivo cortando a cada lote perpendicularmente a su lado más largo (Figura 2). Sobre las dos primeras y dos últimas transectas se realizó la menor cantidad de mediciones y sobre las centrales se aumentó el esfuerzo de muestreo con el fin de disminuir el efecto borde y abarcar toda la posible diversidad de cada lote. El mismo diseño se aplicó en ambos lotes y para cada toma de muestra o medición particular se adaptó a las particularidades o necesidades que en cada caso se indica.

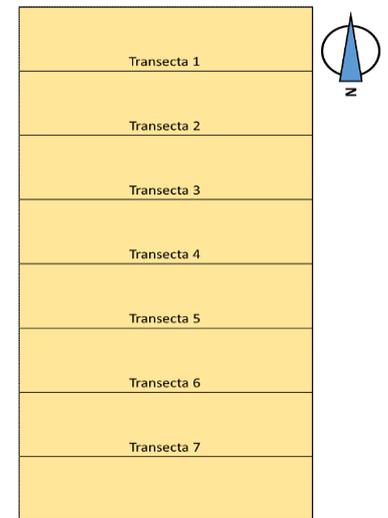


Figura 2: Diseño general de transectas para el muestreo

### Muestreo de suelo

#### Muestras Compuestas

Se tomaron 5 muestras (n=5) compuestas sobre las transectas de la Figura 2, conformadas por 5 submuestras tomadas en forma aleatoria dentro de cada transecta. Se utilizó un barreno a una profundidad 0-15 cm sobre el lomo de la línea en una posición apenas desplazada de la línea entre maíces. No se tomaron muestras en la entrelínea por encontrarse afectada al tránsito permanente de los cosecheros y la distribución del agua de riego superficial lo cual

puede alterar las variables a determinar a partir de estas muestras. Las muestras se tomaron a partir de los 5 metros del límite del lote para evitar el efecto borde.

Las muestras se identificaron y embolsaron para ser tratadas en el laboratorio. Allí se determinó pH, conductividad eléctrica (CE) en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , materia orgánica total (% MOT), materia orgánica particulada (% MOP), materia orgánica recalcitrante (% MOR), nitrógeno total (% NT), y respiración microbiana potencial en  $\text{ppm CO}_2/\text{h}$ .

### Densidad aparente

Para el cálculo de la densidad aparente (DAP) se tomaron 10 muestras ( $n=10$ ) de suelo ubicadas en cada una de las siete transectas. Se utilizó un sacabocados de volumen conocido sobre el lomo de la línea -para evitar la alteración que sobre la entrelínea ocurre por el tránsito y el riego- y en una posición apenas desplazada de la línea entre maíces. Estas muestras se embolsaron e identificaron para su posterior procesamiento. Se obtuvo la DAP expresada en  $\text{g}/\text{cm}^3$ .

### Muestras inalteradas

Las 10 muestras ( $n=10$ ) inalteradas se tomaron siguiendo el diseño de muestreo utilizado para las muestras de DAP. Se tomaron de manera superficial con pala tipo corazón sobre el lomo entre dos plantas extrayendo aproximadamente una porción de suelo de 15 cm de ancho, 20 cm de largo y 10 cm de profundidad manteniendo el pan de tierra en la condición original de modo de alterarlo del menor modo posible. Se colocaron individualmente en bandejas plásticas acordes al tamaño del pan, se embolsaron y guardaron en canastos plásticos a razón de dos muestras por canasto para evitar su alteración hasta su procesamiento en laboratorio. A partir de estas muestras se obtuvo la estabilidad de agregados en clases de estabilidad.

## Mediciones a campo

### Infiltración

Para la determinación de la infiltración se hicieron tres mediciones en cada uno de los lotes ( $n=3$ ). Estas mediciones se realizaron sobre las transectas 1, 4 y 7 de modo tal de evitar las cabeceras y pies de las unidades de riego que podrían alterar el suelo superficial. Las mediciones se realizaron en la base del surco.

La infiltración se evaluó utilizando el método del infiltrómetro de doble anillo (método de Müntz) registrando los datos tanto en planilla de campo como el registro en el cronómetro digital utilizado para realizar los cálculos posteriores. A partir de estas 3 repeticiones se obtuvieron los datos de infiltración en  $\text{mm}/\text{hora}$  para cada lote.

## Muestreo de planta

### Biomasa de maíz

La medición de la biomasa aérea del cultivo de maíz se hizo a partir de 10 unidades de muestreo ( $n=10$ ) ubicadas en cada una de las siete transectas de la Figura 2 evitando el borde.

Las líneas de 2 m de largo y 0,87 m representa una superficie de aproximadamente 1,75 m<sup>2</sup> considerando la distancia entre cada entrelínea a ambos lados (0,87 m). Se registró la cantidad de plantas y se cosechó la parte aérea de 3 plantas completas (la primera, la última y la central de la parcela) utilizando una tijera de podar para poda de frutales realizando un corte sobre el cuello de la planta. Se extrajeron y separaron los choclos de calidad comercial (grano en estado lechoso y espiga completa de granos) y las plantas se embolsaron e identificaron para su posterior tratamiento. Del número de plantas por parcela y su peso seco se obtuvo la biomasa de maíz a razón de kg/ha.

### Biomasa acompañante

Para la medición de la biomasa aérea del cultivo acompañante (para el caso de maíz con vicia) o la vegetación espontánea (para maíz solo) se establecieron 5 unidades de muestreo ( $n=5$ ) sobre las transectas de la Figura 2.

Las unidades de muestreo de 1 m de largo y 0,87 m de ancho ocupan desde una línea de maíz hasta la siguiente de modo tal que cada una contine una porción de entrelínea de 1 m de largo (incluyendo el medio lomo de ambas líneas y la entrelínea). Sobre esta superficie se procedió a la cosecha de toda la canopia de material vegetal -que no era maíz- con tijera de poda al ras del suelo embolsando e identificando cada muestra para su posterior tratamiento. A partir del procesamiento del material vegetal se obtuvo la biomasa seca de vegetación acompañante expresada en kg/ha que irá a rastrojo.

### Biomasa de raíces

La biomasa de raíces -conjuntamente del cultivo de cosecha como de su acompañante- se midió a partir de diez muestras de suelo por lote ( $n=10$ ), 5 tomadas sobre la línea y 5 tomadas en la entrelínea. Las muestras de la línea fueron tomadas sobre las transectas 1, 3, 4, 5 y 6 mientras que las de la entrelínea fueron tomadas en las transectas 2, 3, 4, 5 y 7 (Figura 2).

Las muestras de la línea se tomaron sobre el lomo de maíz desplazado de la línea de modo tal de evitar las raíces de anclaje, mientras que las muestras de la entrelínea se tomaron a media distancia entre las líneas de maíz. Se usó un barreno cilíndrico tipo sacabocados (22 cm de largo medio y 6 cm de diámetro) tomando muestras de suelo entre 0 y 22 cm de profundidad. Estas muestras se embolsaron, identificaron y mantuvieron en heladera

cerradas hasta su procesamiento, con el que se obtuvo el dato de la biomasa seca de raíces expresada en kg/ha que aportarán a la materia orgánica del suelo con la próxima roturación (Figura 3).



Saca bocado

Toma de muestra

Muestras en heladera

Figura 3: Herramienta, toma y conservación de muestras de suelo para obtención de biomasa de raíces

### Rendimiento comercial

Dado que de este cultivo el producto que se comercializa es el choclo fresco se muestrearon los choclos frescos de calidad comercial (grano en estado lechoso y espiga completa de granos - Figura 4) con el fin de calcular el rendimiento comercial a través de sus tres componentes de rendimiento: densidad de plantas, cantidad de choclos por planta y peso fresco de choclos.

Para ello se utilizaron las mismas 10 líneas que las usadas para la evaluación de la biomasa del cultivo. Se registraron la cantidad de plantas y el número de choclos por planta y se cosecharon todos los de la primera planta, la última y la central de la parcela del mismo modo que lo hacen los cosecheros (manualmente y por tracción en sentido inverso de la inserción en el tallo). Los choclos se embolsaron y se mantuvieron en lugar fresco y al abrigo del sol hasta su pesado. A partir de estos parámetros se obtuvo el rendimiento por parcela (n=10) y luego el rendimiento comercial de choclo fresco expresado kg/Ha.



Grano lechoso

Espiga completa

Espiga incompleta

Figura 4: Calidad comercial de choclos

## Pretratamientos o preparación de las muestras

### Muestras de suelo

#### Muestras compuestas

Las muestras compuestas se pretrataron según la Norma Argentina IRAM-SAGPyA 29578 primera edición, secando al aire y tamizando por 2 mm o 0,5 mm según corresponde a cada determinación, y se mantuvieron en bolsas cerradas e identificadas hasta su uso.

#### Muestras DAP

Estas muestras se secaron al aire y una vez secas se mantuvieron embolsadas e identificadas en bolsas de nylon para su posterior tratamiento en laboratorio.

#### Muestras inalteradas

Las muestras inalteradas se mantuvieron en las bandejas en las que se colocaron originalmente con las bolsas abiertas para su secado al aire y en canastos plásticos apilables a razón de dos muestras por canasto con el fin de evitar su alteración -por superposición o aplastamiento propios de la estiba- hasta su utilización.

### Muestras de biomasa

#### Biomasa de maíz

Con el fin de lograr un rápido secado del material vegetal proveniente de las 60 plantas de maíz y evitar su fermentación o la proliferación de hongos que pudieran consumir la biomasa se trozó todo el material con tijera de podar en trozos de aproximadamente 1,5 a 2 cm y se dispuso en cestos plásticos recubiertos en su interior con papel sulfito. Estos canastos se mantuvieron en ambiente seco y ventilado de manera permanente y se removió el material vegetal dentro de los canastos 3 veces al día para su secado homogéneo. Asimismo los canastos se rotaron de posición diariamente para asegurar una adecuada ventilación y secado. Este tratamiento se realizó hasta el secado total al aire. Una vez seca cada muestra de biomasa se separó en tres submuestras: tallos, hojas y espigas no comerciales ya secas. La separación en submuestras se hizo con el fin de poder tratar las diferentes fracciones -que poseen superficies relativas diferentes- con tiempos diferentes durante el secado en estufa hasta peso seco constante. Estas submuestras se ensobraron e identificaron individualmente en bolsas de papel para su posterior tratamiento.



Figura 5: Pretratamiento de la biomasa de maíz

### Biomasa de acompañante

Estas muestras se trataron de manera similar que las de la biomasa de maíz con la diferencia que se trozó en un tamaño mayor (5 cm) ya que se trata de tallos y hojas finos (< 0,5 cm  $\emptyset$ ) y no se separó en diferentes fracciones. Una vez secas se ensobraron e identificaron en sobres de papel para su posterior tratamiento en laboratorio.

### Análisis y determinaciones de laboratorio

Las tareas de laboratorio se desarrollaron principalmente en el laboratorio de docencia e investigación de la Sede El Bolsón de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) mientras que las determinaciones de nitrógeno y molienda de material vegetal se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Bariloche.

#### Variables del suelo

##### pH

La determinación de pH se realizó en una suspensión suelo agua 1:2,5 m/v (INTA - RILSAV, 2017). Con este análisis se obtuvo el pH de los suelos de cada uno de los lotes.

##### Conductividad eléctrica (CE)

La CE se determinó en suspensión suelo agua 1:2,5 m/v (INTA - RILSAV, 2010). A partir de este procedimiento se obtuvo la conductividad eléctrica en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

##### Nitrógeno total (NT)

El nitrógeno total en suelo se determinó con el método de destilación de Kjeldahl (Bremner, 1996). Con esta determinación se obtuvo el % de NT del suelo.

### Materia orgánica (MOT)

Esta determinación se realizó a partir de la metodología de determinación de carbono orgánico oxidable por mezcal oxidable fuerte, escala semi-micro, según la Norma Argentina IRAM SAGPyA 29571-2 (primera edición). Con esta determinación se obtuvo el % de MOT del suelo.

### Materia orgánica particulada (MOP) y materia orgánica recalcitrante (MOR)

Para la evaluación de materia orgánica particulada se utilizó la técnica de fraccionamiento físico de la materia orgánica del suelo por tamaño de partícula que sigue el protocolo de Galantini y Suñer (2008) adaptado de Cambardella y otros (2001).

Para este procedimiento se pesaron 10 g de suelo tamizado por malla de 2 mm y se colocó en tubo tipo falcon de 50 ml, se le agregaron 30 ml de hexametáfosfato de sodio (0,5%) y se puso a agitar de manera horizontal por 18 horas a razón de 150 golpes por minuto. Concluido el agitado se tamizaron las muestras húmedas con agua desmineralizada sobre tamiz de 53  $\mu\text{m}$ , recogiendo las partículas en este último tamiz (fracción denominada  $F_{>53}$ ) consistente en residuos orgánicos asociado con la fracción más lábil de la materia orgánica del suelo (MOS) y una fracción de arena. Las partículas menores a 53  $\mu\text{m}$  se desecharon ya que esa fracción se asocia a fracciones más estables (MOR) de la MOS. La fracción de suelo  $F_{>53}$  se secó a 60° C durante 48 horas en estufa. Sobre esta fracción se determinó la materia orgánica a partir de la determinación de carbono orgánico oxidable con igual método que la MOT.

A partir de este procedimiento se obtuvo de manera directa el % de MOP de los suelos bajo estudio y mediante la aplicación del siguiente cálculo se obtuvo el % de MOR:

$$MOR = MOT - MOP$$

### Respiración potencial microbiana (RP)

La RP se evaluó a partir de la incubación en laboratorio de muestras compuestas tamizadas por malla de 2 mm secadas en estufa a 40° C por 48 horas y la utilización de un analizador infrarrojo de gases (IRGA EGM 4-PP System).

Para este procedimiento se fabricaron cámaras de incubación de vidrio con tapas herméticas con dos tubos de ventilación cerrado uno con un tapón y el otro con una llave de tres vías. Estas cámaras se numeraron, se pesaron sin la tapa, se marcaron a 1 cm del fondo interno, se calculó el área interna a esa altura y se midió el volumen correspondiente a la cámara hasta la altura de 1 cm desde el fondo. Los datos de área y volumen se promediaron y se utilizaron para los posteriores cálculos (Figura 6).

A las muestras de suelo se les determinó la DAP ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) tarando una probeta de 60  $\text{cm}^3$  y

llenándola hasta la mitad con suelo ( $30 \text{ cm}^3$ ) y registrando su peso (g). Este procedimiento se realizó con cada una de las muestras de los diferentes lotes y promediando los datos de cada lote. El dato de DAP se usó para calcular la cantidad de muestra a incubar mediante el siguiente cálculo:

$$\text{Peso muestra (g)} = \text{DAP (g.cm}^{-3}\text{)} \cdot A \cdot \text{sup}$$

En este cálculo A es la altura de la capa de suelo a incubar (1 cm) y sup es el área interna a 1 cm del fondo. Una vez calculada la cantidad de muestra a incubar se incorporó el peso de muestra en cada cámara de incubación y se compactó con 5 suaves golpes hasta alcanzar de manera aproximada la marca de 1 cm.

Las muestras en las cámaras, previo a la incubación, se humedecieron con agua desmineralizada para lograr un 60 % de poros llenos de agua que es considerado como óptimo para la respiración del suelo (Howard & Howard, 1993). Agregada el agua se registró el peso total de la cámara de incubación, el suelo y el agua agregada. Para la determinación de la cantidad de agua a agregar a la muestra se utilizó el siguiente cálculo:

$$\text{Vol. Agua (ml)} = \left( 0,6 \cdot \left( 1 - \frac{DA}{2,65} \right) \right) \cdot \text{vol}$$

En este cálculo  $1-DA/2,65$  es la porosidad del suelo (tomando el valor de densidad real estimado para suelos minerales de  $2,65 \text{ g/cm}^3$ ) y vol el volumen correspondiente a la cámara de incubación hasta la altura de 1 cm.

Con el fin de poner en régimen a la población microbiana del suelo se preincubaron las cámaras en estufa a  $25^\circ \text{ C}$  en oscuridad durante 52 horas con las llaves abiertas permitiendo el intercambio de gases con el fin de evitar anoxia y llevar a régimen/activar la población de microorganismos del suelo. Concluido ese tiempo se constató el peso para asegurar el 60% de poros llenos de agua y el agregado de agua si fuera necesario para luego incubar las cámaras cerradas herméticamente para evitar la pérdida de humedad y lograr un sistema cerrado que permita la acumulación del  $\text{CO}_2$  producto de la respiración de los microorganismos durante 44 horas.

Concluido el período de incubación se hizo la medición de  $\text{CO}_2$  usando el IRGA. Para ello se midió -en principio- la concentración de  $\text{CO}_2$  en el ambiente mediante 5 mediciones y se calculó un promedio. Para la medición dentro de la cámara se usó una jeringa de 10 ml con la que se tomó una muestra de aire a través del tubo con las llave de tres vías. La muestra de aire tomada con la jeringa se inyectó a una tasa de  $\approx 6 \text{ ml/seg}$  en el IRGA (Figura 6) y se registró el dato de concentración de  $\text{CO}_2$  en ppm una vez que su valor se estabilizó.

Para obtener la tasa de la respiración potencial se utilizó el siguiente cálculo:

$$RP \text{ (ppm CO}_2\text{/hs)} = \frac{CO_2 \text{ muestra (ppm)} - CO_2 \text{ ambiental (ppm)}}{\text{tiempo de incubación (hs)}}$$

Con esta determinación se obtuvo el la tasa de respiración potencial de los microorganismos del suelo en ppm CO<sub>2</sub> / hora.



Cámaras de incubación



Cámaras de incubación con muestras



Incubación de las muestras



Medición de CO<sub>2</sub>

Figura 6: Materiales para la incubación de muestras y medición de respiración potencial

### Densidad aparente (DAP)

La determinación de DAP se realizó a partir del secado en estufa de las muestras durante 48 horas a 80° C y su posterior pesado. Por otro lado se midió con calibre el alto y el diámetro del muestreador (saca bocados) para el cálculo de su volumen. En las muestras que contenían piedras se extrajeron antes del pesado y se midió su volumen por desplazamiento de agua en una probeta y ese dato se restó del volumen de la muestra para el cálculo particular. Con estos datos se calculó la densidad aparente en g.cm<sup>-3</sup>.

### Estabilidad de agregados

La estabilidad de los agregados se evaluó a partir de las muestras inalteradas (Figura 8) con el método de desleimiento o slake test (Soil Quality Institute (US), 1998). Este test mide la estabilidad de los agregados del suelo cuando se expone a una rápida humectación, es cualitativa y se hace sobre agregados de suelo secados al aire. Para esta evaluación se diseñaron y fabricaron una bandeja aforada y dos sets de pequeños tamices (Figura 7) adaptado según las medidas y recomendaciones contenidas en el Soil Quality Test Kit Guide (Soil Quality Institute (US), 1998).

Se extrajeron con cuidado 16 agregados de suelo de la superficie de cada muestra de aproximadamente 1 cm sin romperlos. Cada agregado se colocó en un tamiz y se llenó una bandeja con 2 cm de agua destilada (Figura 7), el agua y las muestras se mantuvieron en el

mismo ambiente con el fin de asegurar que la temperatura de ambos se encontrara dentro del mismo rango.



Figura 7: Muestras, instrumental, procedimiento y resultados del slake test

Cada uno de los tamices se introdujo, uno a la vez, en la bandeja con agua y se observó el fragmento de suelo durante los primeros 30 segundos. En este período se observó la pérdida del 50 % de la integridad estructural del agregado estableciendo la clase según la Tabla 1.

Tabla 1: Asignación de clase de 0 a 30 segundos

Pérdida de estabilidad (%)	Tiempo (s)	Clase
50	0 a 5	1
50	5 a 30	2

Si a los 30 segundos no se perdió el 50% de la estabilidad se esperó hasta los 5 minutos y se sacó el tamiz del agua para bajarlo luego hasta el fondo tomando un segundo para que la base del tamiz -junto con el agregado- quede fuera del agua y un segundo para regresar al fondo, repitiendo la inmersión 4 veces (un total de 5 inmersiones). La asignación de las clases estructurales se establece en función del porcentaje de suelo remanente sobre el tamiz luego del ciclo de 5 inmersiones (Tabla 2).

Tabla 2: Asignación de clase luego de 5 inmersiones

Suelo remanente sobre el tamiz (%)	Clase
< 10	3
10 a 25	4
25 a 75	5
> 75	6

El procedimiento completo y los criterios de asignación de clases se encuentran resumidos en la Figura 8.

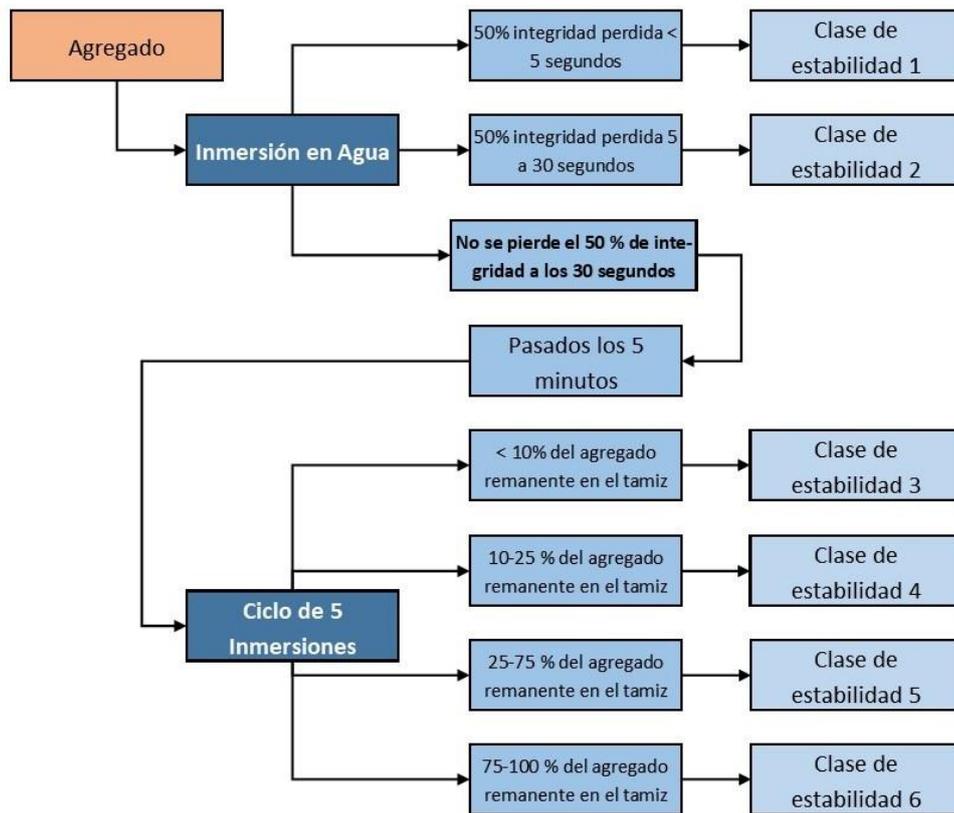


Figura 8: Gráfico del procedimiento para la evaluación de agregados

A través de este procedimiento se clasifica los agregados en una escala que va de 1 a 6 de agregados menos estables a más estables respectivamente.

### Variables del cultivo

#### Biomasa aérea de maíz (Rastrojo de maíz)

Para la determinación de biomasa de maíz se registró el peso de todas las muestras de material vegetal secado al aire en sus tres fracciones por separado. Luego se tomó una porción de cada muestra y se la llevó a estufa de secado a 60 °C hasta peso constante (aproximadamente 48 hs). Se registró el peso luego del secado y se calculó el peso seco para todas las muestras. A partir de estos datos y la superficie de las parcelas se obtuvo la cantidad de biomasa seca de maíz (kg/ha) que como rastrojo quedó disponible para ser incorporado al suelo.

#### Biomasa aérea de acompañante (Rastrojo de acompañante)

Para la determinación de biomasa de la vegetación espontánea para el lote A1 de maíz solo y la biomasa de vicia para el lote A3 de maíz con vicia se registró el peso de todas las muestras de material vegetal secado al aire. Luego se tomó una porción de cada muestra y se la llevó a estufa de secado a 60 °C hasta peso constante (aproximadamente 48 hs). Se registró el peso luego del secado y se calculó el peso seco para todas las muestras. A partir de estos datos se

obtuvo la cantidad de biomasa seca de vegetación espontánea y de vicia (kg/ha) que como rastrojo quedó disponible para ser incorporado al suelo.

### Biomasa de raíces

Estas muestras de suelo se mantuvieron en bolsas cerradas en heladera para evitar que se sequen y facilitar su procesamiento. Cada una de las muestras se tamizó meticulosamente en tamiz de 2 mm -con la humedad propia de la muestras- con movimientos suaves sobre una superficie blanca en un ambiente luminoso para separar del volumen de tierra tanto las raíces que quedaron en el tamiz como las más pequeñas que pasaron por la malla y cayeron sobre la superficie blanca. Para la tarea también se usaron pinza de disección punta curva y pincel de cerdas suaves.

Durante el tamizado de la muestra las todas raíces se fueron transfiriendo a un papel blanco en el cual se dejaron secar para separarlas -delicadamente- de los restos de suelo que les hubieran quedado adheridos. Una vez limpias se guardaron en sobres de papel, se llevaron a estufa a 60° C durante 48 horas y se registró el peso seco de la muestra.

El cálculo de la biomasa de raíces se hizo sobre un volumen de suelo de 22 cm de profundidad a partir del siguiente cálculo:

$$\frac{kg \text{ raíces}}{ha} = \frac{\text{raíces muestra (g)} \cdot 1000}{\text{volumen de la muestra (m}^2\text{)}} \cdot \frac{\text{volumen del suelo (m}^2\text{)}}{ha}$$

De este modo se obtuvo los kg/ha de raíces se quedarán en el suelo luego de su roturación.

### Rendimiento comercial

El rendimiento comercial se calculó en función de la cantidad de plantas, la cantidad de choclos comerciales por planta y el peso de los choclos. Los choclos frescos cosechados en el campo se pesaron el mismo día del muestreo y se obtuvo el peso promedio de choclo por parcela y por lote. La cantidad de plantas por parcela y de choclos por planta se registró al momento del muestreo a campo.

La cantidad de plantas por metro cuadrado se calculó a partir de la siguiente fórmula (Abadía, y otros, 2017):

$$\frac{\text{plantas}}{m^2} = \frac{\text{plantas por metro lineal} \cdot 100}{\text{distancia entre líneas (cm)}}$$

Para el cálculo final del rendimiento se utilizó el siguiente cálculo:

$$\frac{kg}{ha} = \frac{\text{plantas}}{m^2} \cdot \frac{\text{promedio choclos}}{\text{planta}} \cdot \text{peso promedio choclo (kg)} \cdot 10000$$

Obteniendo el rendimiento comercial en kg/ha de choclos frescos (el producto comercializable).

## Calidad de rastrojo

Para determinar la calidad del rastrojo tanto de maíz como de vegetación acompañante se procedió a determinar el carbono y el nitrógeno de la biomasa (BM) para establecer su relación C/N. Para ello en primera medida se procedió a moler todo el material vegetal hasta que toda la muestra pasó por un tamiz 1 mm y se homogeneizó para luego tomar las muestras necesarias para cada determinación analítica (Sadzawka R., y otros, 2007).

Para la determinación de nitrógeno se realizó con el método de destilación de Kjeldahl (Bremner, 1996) mientras que para la determinación de carbono se utilizó el método de pérdida de masa por calcinación según la Norma Argentina IRAM-SAGPyA 29571-1 primera edición ajustando el pretratamiento, los volúmenes de las muestras, tiempos y temperaturas de calcinación según Métodos de Análisis de Tejidos Vegetales (Sadzawka R., y otros, 2007). Para el cálculo de carbono orgánico (CO) se estimó que el 50 % de la biomasa perdida por calcinación es C (Suhui Ma, 2018).

## Análisis Estadístico

Dado que el diseño no cuenta con verdaderas réplicas de tratamiento y se supone que exista algún tipo de estructura de correlación entre las observaciones lo cual ocurre cuando se obtiene más de una observación por unidad experimental (Tognetti & Pérez, 2019) en el análisis estadístico se modeló la correlación de muestras dentro de cada unidad experimental.

Con el fin de salvar esta situación y poder analizar los datos se utilizó un modelo de análisis de la varianza de efectos mixtos. El modelo lineal mixto utilizado es el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + s_j + e_{ij}$$

Donde:

$y_{ij}$  representa las observaciones de la variable de interés para el tratamiento  $i$  y la repetición  $j$ .

$\mu$  es la media general del modelo para la variable de interés.

$\tau_i$  es el efecto fijo del tratamiento  $i$ .

$s_j$  es el efecto aleatorio de repetición de muestreo  $j$  que se supone con distribución normal y varianza  $\sigma^2_s$ .

$e_{ij}$  es el término de error aleatorio del modelo que se supone con distribución normal y varianzas homogéneas  $\sigma^2$ .

Para cada parámetro se realizaron dos ANOVA: en una se supuso una varianza homogénea entre tratamientos y en la otra se supuso una varianza heterogénea entre tratamientos, es decir una varianza para el tratamiento maíz solo y otra para maíz con vicia ( $\sigma^2_i$ ). Hechas ambas pruebas se

compararon los modelos seleccionando aquel que mostrara (para cada una de las variables) mayor eficiencia en función del menor AIC (Acaic Informatios Criteria) (Arroyo & Balzarini, 2007).

Este análisis se realizó utilizando el software general para análisis estadístico InfoStat (Di Rienzo, Casanoves, Balzarini, Tablada, & Robledo, 2020) ajustado mediante el uso de la interfaz del entorno de programación con enfoque al análisis estadístico *R*.

Toda la información relativa a la comparación entre modelos para cada variable, los criterios para seleccionar cada uno de ellos, el modelo aplicado en cada caso, valores *p*, y otros datos del propio análisis estadístico se encuentran en el Anexo I Análisis Estadístico.

### **Entrevista y devolución al productor**

Esta actividad permitió obtener información de las actividades a campo y sumar a las evaluaciones y los análisis la visión del productor sobre la práctica y sus impactos.

Para ello una vez obtenidos los resultados se realizó una actividad con el productor y quien es su asesor técnico con el fin de recopilar información sobre el manejo, compartir la información y resultados obtenidos así como debatirlos, analizar los alcances e impacto de la práctica y su aplicabilidad.

En esta actividad se utilizaron métodos y herramientas participativas apoyadas en técnicas de visualización que facilitan la participación de todos los involucrados independientemente de sus antecedentes técnicos o profesionales (Geilfus, 2002).

Con el objeto de recopilar los antecedentes y la práctica desarrollada se realizó una entrevista semi estructurada (Grundmann & Stahl, 2002) con los siguientes ejes:

- ✓ Cultivos predecesores
- ✓ Labores previas a la siembra CS
- ✓ Fechas de siembra de CS
- ✓ Labores y fechas post CS
- ✓ Labores previas a la siembra maíz
- ✓ Fechas de siembra de maíz
- ✓ Labores del cultivo de maíz
- ✓ Uso de insumos

Dado que entre la fecha de las actividades agrícolas y la actividad transcurrieron más de dos años se utilizaron como punto de partida para la charla croquis, fotos y esquemas (Figura 9) que facilitaron el proceso de reconstrucción de las prácticas (Geilfus, 2002).

Con la misma metodología de entrevista semiestructurada y tendiendo a crear un ambiente que facilite el diálogo y la discusión se presentaron los resultados en forma de tarjetas sobre el croquis

de la chacra poniendo de relevancia las variables que demostraron diferencias significativas relevando y poniendo en valor las opiniones y perspectivas sobre cada variable y su impacto sobre el sistema productivo dando validez al conocimiento experimental del productor (Norgaard & Sikor, 1999).

Los datos, visiones, ponderaciones y puntos de vista del productor y su técnico se registraron sobre los soportes visuales, en tarjetas y tomando notas sobre los puntos relevantes de la actividad y otros datos aportados por los participantes (Figura 9).

Los detalles de la actividad, su desarrollo y el material desarrollado como soporte visual se encuentran en el Anexo II Actividad con el Productor.



Momento de la actividad con el productor y el asesor técnico

Producto de la actividad

Figura 9: Actividad, materiales y producto de la actividad con el productor

## Resultados y Discusión

A continuación se presentan los resultados y discusión de las variables del suelo -químicas, biológicas y físicas- en primera medida para luego presentar y discutir las variables del cultivo. De este modo se presentan las características del suelo de ambos lotes con el fin de compararlas y definir si ellas han de influir de manera diferenciada entre los tratamientos para -a partir de ello- presentar y discutir los resultados relativos al cultivo en ambos tratamientos.

### Variables del suelo

#### Variables químicas

En la Tabla 3 se presentan los resultados de las variables químicas medidas en el suelo de ambos lotes muestreados.

Tabla 3: Variables químicas del suelo muestreado en ambos lotes

		Maíz con vicia		Maíz solo	
pH		5,5	(0,06)	5,7	(0,13)
Conductividad eléctrica	µsiemen/cm	429,3	(80,06)	332,3	(116,31)
Nitrógeno total del suelo	%	0,25	(0,01)	0,24	(0,01)
Materia orgánica del suelo	%	5,2	(0,18)	5,7	(0,18)
Materia orgánica particulada	%	3,5	(0,27)	3,1	(0,27)
Materia orgánica recalcitrante	%	1,7	(0,33)	2,6	(0,33)

Cada valor representa la media según el n correspondiente, entre paréntesis el desvío estándar y las diferentes letras reportan diferencias estadísticas significativas

Los andisoles son suelos que tienden a una reacción ácida que puede ser de fuerte a moderada (Giménez, 2020). Esta situación se puede explicar tanto por la presencia de precipitaciones lo suficientemente alta como para lixiviar cantidades apreciables de cationes básicos desde los horizontes superficiales como por la presencia de materia orgánica que se suma su efecto sobre la acidez del suelo. (Tosso, 1985). En suelos de origen volcánico de América del Norte la reacción es de moderada a ligeramente ácida con valores de pH entre 5,6 y 6,5 (Page-Dumrose, Miller, Mital, McDaniel, & Miller, 2007). Relevamientos anteriores indican que en horizontes superficiales cercanos al pueblo de El Bolsón se han encontrado pH de 6,0 a 6,2 (Lanciotti & Cremona, 1999). Según los resultados de laboratorio se trata de suelos que se encuentran en el límite inferior de los considerados moderadamente ácidos y en los cuales el pH es adecuado para la mayoría de los cultivos en cuanto a la disponibilidad de nutrientes (Hurtado, Morbidelli, De Dios Herrero, & Colazo, 2021), los valores de ambos lotes no poseen diferencias significativas y se encuentra dentro de los valores esperables para este tipo de suelos. Estos resultados se condicen con los reportados para un ensayo que compara maíz en monocultivo y maíz asociado con diferentes leguminosas (Moncada Jaramillo & Tocaín Maldonado, 2022).

Ambos lotes poseen suelos no salinos en función a su conductividad eléctrica lo cual indica que la cantidad de sales disueltas presentes no han de interferir en la germinación, el crecimiento ni en la absorción de agua del cultivo (Hurtado, Morbidelli, De Dios Herrero, & Colazo, 2021). La diferencia de esta variable entre los lotes no es significativa y posee valores que se condicen con un cultivo que se encuentra al final de su ciclo y ha sido fertilizado a su implantación. Por otro lado se encuentra dentro de los parámetros esperables para la zona (Lanciotti & Cremona, 1999). Asimismo en un ensayo que compara maíz en monocultivo y maíz asociado con diferentes leguminosas tampoco se encontraron diferencias significativas para esta variable (Moncada Jaramillo & Tocaín Maldonado, 2022).

El suelo de ambos lotes se encuentra bien provisto de nitrógeno con un buen contenido de este nutriente (Hurtado, Morbidelli, De Dios Herrero, & Colazo, 2021) coincidiendo con lo esperado para los suelos agrícolas de la localidad (0,25 a 0,40 %) dentro de los primeros 30 centímetros del suelo (Lanciotti & Cremona, 1999) y sin presentar diferencias significativas entre ambos. Esta diferencia no significativa pareciera inconsistente con la presencia de una leguminosa sobre uno de los lotes y su efecto como fijadora de nitrógeno atmosférico, pero esto se debe a que las leguminosas en simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógenos obtienen solo una parte del nitrógeno de la atmósfera y en el caso de la vicia la fijación biológica de nitrógenos solo corresponde al 50 % del nitrógeno que requiere (Enrico, y otros, 2020) por lo cual un

aumento del nitrógeno en el lote con vicia será percibido una vez que el cultivo se incorpore al suelo.

La materia orgánica total del suelo (MOS) presente en ambos lotes está dentro de los valores normales para la zona. Los valores reportados en diferentes trabajos indican para suelos sin actividad agrícola porcentajes que van del 16% en bosques de ciprés de la cordillera al 2% en estepas herbáceas (Giménez, 2020) y para suelos agrícolas estos porcentajes se encuentran en el orden del 8 al 9 % y con menores porcentajes en las zonas de terrazas bajas de río (Lanciotti & Cremona, 1999). Si bien la diferencia entre ambos lotes estadísticamente no es significativa las experiencias indican que se puede aumentar la MOS en andisoles con manejos que incluyan cultivos de cobertura (Wulanningtyas, y otros, 2021).

La materia orgánica particulada (MOP) tampoco mostró diferencias significativas entre ambos lotes. Esta fracción de la materia orgánica es sensible a los efectos del uso de la tierra por lo cual es factible de utilizarse como un indicador temprano sobre la calidad del suelo (Galantini & Suñer, 2008). Por otro lado los resultados obtenidos concuerdan con otros trabajos realizados sobre andisoles en los que se encontró el mayor porcentaje de la MOS como MOP (Quintero & Comerford, 2013). Si bien la utilización de cultivos de servicio -entre otros manejos- ha aumentado la MOP en el suelo (Quintero & Comerford, 2013) y la incorporación de vicia asociada a maíz podría tener un efecto sobre la MOP gracias a la calidad del rastrojo, esta es una variable que se modificará a corto plazo pero luego de la incorporación del cultivo al suelo (Vanzolini, 2011).

La materia orgánica recalcitrante (MOR) no dio diferencias significativas entre ambos lotes. Esto se debe a que la MOR es de ciclado más lento y para que las diferencias se puedan observar son necesarios muchos años (Galantini & Suñer, 2008) y si bien varias prácticas agrícolas, como fertilización, tienen claros efectos sobre las fracciones lábiles de la MOS las fracciones recalcitrantes no se ven tan claramente afectadas (Velásquez, y otros, 2016).

Las variables descriptas hasta este punto no presentan diferencias significativas entre ambos lotes situación que puede explicarse gracias al sistema de rotación intensiva que se utiliza en esta parte del establecimiento el cual tiende a homogeneizar las condiciones del suelo ya que los posibles impactos de los diferentes cultivos se terminan equilibrando en los diferentes lotes gracias a la rotación. Por otro lado estas diferencias no significativas estarían indicando que los resultados sobre las variables del cultivo no están relacionadas a diferentes condiciones de las variables del suelo sino con el manejo del cultivo.

## Variables biológicas

En la Tabla 4 se presentan los resultados de las variables biológicas medidas en el suelo de ambos lotes muestreados.

Tabla 4: Variables biológicas del suelo muestreado en ambos lotes

		Maíz con vicia		Maíz solo	
Respiración potencial	ppm CO <sub>2</sub> /h	28,7	(6,38)	33,8	(1,39)
Cada valor representa la media según el n correspondiente, entre paréntesis el desvío estándar y las diferentes letras reportan diferencias estadísticas significativas					

La tasa de respiración potencial medida en condiciones de laboratorio no presentó diferencias estadísticas significativas entre ambos lotes. Si bien estos resultados son un poco superiores a los encontrados en estudios similares realizados dentro de la misma zona productiva en cultivos hortícolas intensivos -con valores entre 17,3 y 21,3 ppm CO<sub>2</sub>/h- se encuentran dentro de rangos comparables. Se esperaba obtener una mayor respiración potencial en el lote con vicia en función de las mejores condiciones que pudieran presentar un suelo con mayor cantidad y diversidad de raíces, sin embargo la actividad biológica en general está relacionada positivamente a la cantidad de MOS (Pérez & Marasas, 2013) -especialmente a la MOP (Vallejo, Afanador, Hernandez, & D., 2018)- y en estudios que comparan la respiración potencial en suelos andisoles de la región con bosque y con pradera indican que la respiración de suelo está condicionada principalmente por la temperatura y humedad del suelo (Beas Beas, 2018) por lo cual a iguales contenidos de MOS, MOP, MOR y en mismas condiciones de incubación es esperable que la respiración potencial del suelo no arrojara diferencias significativas entre los lotes.

## Variables físicas

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las variables físicas medidas en el suelo de ambos lotes muestreados.

Tabla 5: Variables físicas del suelo muestreado en ambos lotes

		Maíz con vicia		Maíz solo	
Infiltración	mm/h	40,5	(0,10)	58,6	(12,77)
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,9	A (0,02)	0,8	B (0,02)
Estabilidad de agregados		5,5	A (0,10)	5,1	B (0,10)
Cada valor representa la media según el n correspondiente, entre paréntesis el desvío estándar y las diferentes letras reportan diferencias estadísticas significativas					

Los valores de infiltración medidos para ambos lotes se encuentran dentro de los valores reportados para otros andisoles bajo manejo agrícola, con valores promedio de 66 mm/h para andisoles de las Islas Canarias (Neris, Jiménez, Fuentes, Morillas, & Tejedor, 2012) y entre 7,8 y 72 mm/h a nivel local dentro de la misma zona productiva (Del Valle Gallegos, 2022). Si bien la diferencia entre ambos lotes no es significativa se esperaba que la presencia de vicia mejorara la infiltración (Farias, 2020).

La densidad aparente (DAP) de ambos lotes se encuentran en el límite de lo esperable un suelo andisol (U.S.D.A., 1975), por sobre valores reportados para andisoles sin agricultura en bosques de *Nothofagus sp.*, por debajo de valores para andisoles de régimen xérico en Neuquén (Giménez, 2020) y dentro de los valores de suelos andisoles forestales del centro oeste de Estados Unidos (Page-Dumrose, Miller, Mital, McDaniel, & Miller, 2007). A nivel local en suelos con uso agrícola intensivo dentro de la zona productiva donde se encuentra el establecimiento se han reportado valores de DAP de  $0,9 \text{ g/cm}^3$  (Sanchez, 2022) y entre  $0,91$  y  $1,18 \text{ g/cm}^3$  (Del Valle Gallegos, 2022). En ensayos de policultivos de leguminosas y maíz realizados en suelos arcillosos se observó que las leguminosas intercaladas disminuyeron la DAP luego de varios ciclos de cultivo (Latif, Mehuys, & Mackenzie, 1992). No obstante los resultados obtenidos indican que el suelo de maíz en monocultivo tiene una DAP menor que el de maíz con vicia. Estas diferencias podrían estar relacionadas con diferencias a nivel de micrositio que podrían haber disminuido estadísticamente al aumentar el  $n$  de muestras.

A través del análisis de la estabilidad de agregados se encontró que los agregados superficiales de maíz y vicia son más estables que los de maíz solo. Igualmente ambos lotes poseen en general agregados muy estables lo cual parece estar relacionado con el rol de la materia orgánica y el del aluminio que asociado a la materia orgánica favorecen la estabilización de la estructura en este tipo de suelos (Candan & Broquen, 2009). Por otro lado se ha reportado que la canopia propia de los cultivos de servicio reduce la erosión hídrica protegiendo el suelo del impacto de las gotas de agua y el consecuente encostramiento (Farias, 2020) y que la deshidratación reduce la capacidad de retención de agua y favorece la formación de costras superficiales (Giménez, 2020). En este sentido mientras se procesaban las muestras de suelo para este análisis se observó y registró la cantidad de muestras que presentaban encostramiento superficial resultando en que de las diez muestras de maíz nueve presentaron costras y de las diez de maíz con vicia solo una presentó costras. Los resultados obtenidos se condicen con lo reportado para policultivos intercalados de maíz con leguminosas -vicia entre ellas- en los que se encontraron mayor estabilidad de agregados que en monocultivo de maíz (Latif, Mehuys, & Mackenzie, 1992). En este caso la vicia estaría protegiendo al suelo tanto del impacto de la lluvia como de la desecación de modo tal que los agregados superficiales resultan más estables y no se generan costras.

Como era de esperar las variables físicas requieren de más tiempo para mostrar cambios siendo necesarios varios ciclos de cultivo con un manejo diferenciado, sin embargo -a pesar de la dificultad para su medición- la estabilidad estructural parece entre éstas la variable de más rápida respuesta a las mejoras del manejo del suelo. En el caso de cultivos asociados o policultivos se ha reportado que los efectos de las leguminosas inter sembradas tienen un efecto acumulativo

sobre algunas propiedades físicas del suelo (Latif, Mehuys, & Mackenzie, 1992). Por otro lado -y como ya se ha indicado- el sistema de rotación intensiva que se utiliza en esta parte del establecimiento tiende a homogeneizar las condiciones del suelo ya que los posibles impactos de los diferentes cultivos y/o manejos se terminan equilibrando en los diferentes lotes gracias a la rotación.

## VARIABLES DEL CULTIVO

### Biomasa

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la biomasa medidos a partir de las muestras del cultivo de ambos lotes muestreados.

Tabla 5: Resultados de la biomasa medida en ambos lotes

		Maíz con vicia		Maíz solo	
Biomasa aérea de maíz	kg/ha	2695,1	(354,25)	2113,9	(116,77)
Biomasa aérea de vegetación acompañante	kg/ha	1497,0	A (191,31)	361,7	B (191,31)
Biomasa total de raíces	kg/ha	1250,8	(152,96)	6522,6	(2365,06)
Rendimiento comercial	kg/ha	25551,8	B (984,90)	28053,1	A (984,90)
Cada valor representa la media según el n correspondiente, entre paréntesis el desvío estándar y las diferentes letras reportan diferencias estadísticas significativas					

La biomasa aérea de maíz de ambos lotes no presentó diferencias significativas. Si bien se esperaba que hubiera una mayor producción de biomasa en el lote de maíz con vicia como se ha reportado para policultivos de maíz con *Canavalia ensiformis* (Pinto Ruiz, Quiroga Madrigal, Medina, Guevara Hernández, & Gómez Castro, 2009) los resultados reportados no son unívocos. En otros ensayos no se han encontrado diferencias significativas entre maíz como monocultivo y maíz asociado con diferentes leguminosas (Castillo-Caamal, y otros, 2010) o por el contrario en maíz asociado con vicia el rendimiento fue menor comparado con el monocultivo de maíz (Javanmard, Machiani, Lithourgidis, Morshedloo, & Ostadi, 2020).

En el caso de la biomasa aérea de la vegetación acompañante, vicia para el lote de policultivo y vegetación espontánea para maíz solo, se observaron diferencias estadísticamente significativas con mayor producción de biomasa en el lote de maíz con vicia con un 400% más de biomasa que en el lote de monocultivo. Esta diferencia se debe al manejo diferenciado de los lotes en el lote de monocultivo bajo manejo convencional se aplicó un herbicida de preemergencia que suprimió gran parte de las plantas adventicias mientras que el policultivo no se aplicaron herbicidas lo que permitió el crecimiento de la vicia que ocupó el espacio entre las plantas de maíz hasta una altura de 1,8 metros produciendo la biomasa evaluada. Si evaluamos la cantidad total de biomasa producida por ambos lotes (biomasa de maíz y biomasa de acompañante) encontramos que en el lote de maíz con vicia se produjo un 69% más de biomasa

total que el maíz solo lo que se condice con resultados de policultivo de vicia y maíz que rindió un 48% más de biomasa total (Javanmard, Machiani, Lithourgidis, Morshedloo, & Ostadi, 2020).

La biomasa radicular de ambos lotes no reportó diferencias significativas asociadas a la alta variabilidad de las muestras. La producción y evaluación de biomasa radicular es de especial interés por su rol en el aporte a la formación de las diferentes fracciones de materia orgánica y carbono orgánico del suelo (Villarino, Pinto, Jackson, & Piñeiro, 2021). El sistema radicular del maíz se caracteriza por el desarrollo de raíces nodales entre los nudos 1 y 5 siendo las de los últimos nudos muy vigorosas y de desarrollo subsuperficial (Parera, 2017) mientras que en vicia alcanza mayor profundidad aumentando su desarrollo a partir de los 15 cm (Grahmann, Quincke, Barolín, & Ciganda, 2020). Por otro lado estudios realizados en suelos arenosos del este de La Pampa indican que alrededor del 40% de la biomasa de raíces en cultivo de vicia se encontró por debajo de los 20 cm de profundidad (Oderiz, y otros, 2017). Se supone que el tipo de muestreo en función del tipo de sistemas radiculares y su distribución en el suelo condicionaron los resultados en esta variable, lo que se vio reflejado en las diferencias notables en el tamaño de las raíces observados a simple vista en las muestras procesadas (Anexo III Muestras de Biomasa de Raíces).

El rendimiento comercial de choclo fresco para la venta fue un 9% inferior en el lote de policultivo. Este resultado se condice con los resultados generales para policultivos en los que evaluando individualmente el cultivo comercializable su rendimiento es menor comparado con el de los monocultivos de la misma especie (Liebman, 1999). En este sentido un ensayo realizado en una zona semidesértica del Asia menor en el que se cultivó alfalfa y maíz bajo policultivo los rendimientos de grano de maíz se redujeron entre un 23 y un 53% en comparación con el monocultivo de maíz (Ghosheh, Bsoul, & Abdullah, 2005). Sin embargo el rendimiento de maíz en policultivo con leguminosas y cucurbitáceas en los andes tropicales resultó superior al monocultivo (Moncada Jaramillo & Tocaín Maldonado, 2022). Si bien se esperaba un menor rendimiento de choclos en el policultivo es importante resaltar que esta baja de productividad debe ser evaluada a la luz del aporte de carbono y nitrógeno que suma el policultivo al suelo con el fin de ponderar pérdidas y ganancias totales.

### Calidad del rastrojo

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la calidad del rastrojo medidos a partir de las muestras del cultivo de ambos lotes muestreados.

Tabla 6: Resultados de la calidad de rastrojo medida en ambos lotes

		Maíz con vicia		Maíz solo	
Calidad de la biomasa de maíz	C:N	51,1	(3,62)	45,5	(1,39)
Calidad de la biomasa de acompañante	C:N	17,9	(2,32)	19,6	(2,32)
Nitrógeno de la biomasa de maíz	kg/ha	25,0	(3,07)	21,5	(1,66)
Nitrógeno de la biomasa de acompañante	kg/ha	34,3	A (4,49)	7,4	B (4,49)
Carbono de la biomasa de maíz	kg/ha	1249,5	(168,03)	960,0	(57,26)
Carbono de la biomasa de acompañante	kg/ha	608,5	A (79,71)	144,9	B (79,71)
Cada valor representa la media según el n correspondiente, entre paréntesis el desvío estándar y las diferentes letras reportan diferencias estadísticas significativas					

La relación C:N de la biomasa de maíz se encuentra un poco por lo debajo de lo reportado para la generalidad de los cultivos de maíz que oscila entre 60:1 y 80:1 (Llanga Ochoa, 2023) y no hubo diferencias significativas entre ambos lotes aunque se esperaba que el lote con vicia presentara una relación C:N menor gracias al N aportado por la vicia. Policultivos de maíz con *Cavanilla ensiformis* en tres años consecutivos reportaron un aumento del nitrógeno en follaje de maíz (Pinto Ruiz, Quiroga Madrigal, Medina, Guevara Hernández, & Gómez Castro, 2009). Si bien el cultivo intercalado de leguminosas tiende a mejorar el rendimiento del cultivo no leguminoso las interacciones entre ambos cultivos son específicas y pueden ir desde la competencia a la facilitación de fijación de N, por ello el N transferido de las leguminosas a las no leguminosas dependerá de la interacción particular entre cultivos (Valenzuela, 2023). El uso de leguminosas americanas en policultivo de maíz es una práctica tradicional utilizada desde la antigüedad (Francis, 1989) y es probable que se seleccionaran las especies y variedades que mejor interacción presentan; mientras que el uso de vicia -especie de origen euroasiático- como cultivo de servicio previo a la implantación de maíz es el más extendido y estudiado, su uso en un sistema de policultivos es poco común y no se encuentra dentro de las prácticas convencionales de uso y los datos sobre su interacción con maíz son escasos.

La relación C:N de la biomasa del acompañante no dio diferencias significativas entre lotes. Se esperaba que la vicia tuviera una mejor calidad en cuanto a su relación C:N que la vegetación espontánea que creció junto con el maíz en monocultivo y de lo observado mientras se tomaban las muestras se puede decir que la mayoría de la vegetación que acompañaba al maíz en monocultivo era quingüilla (*Chenopodium álbum* L.) mientras que en el policultivo la presencia de otra especie diferente a la vicia era prácticamente inexistente. La relación C:N de la vicia resultó superior a los valores de entre 10:1 y 12:1 que es lo reportado por la bibliografía (Ahunchain Crusich, Felló Rivero, & Soba Bentancur, 2022) es probable que esta diferencia esté relacionada con la fase del ciclo de vida en la que se encontraba el cultivo de vicia -floración y llenado de frutos- que según avanza aumenta su relación C:N (Kette Eberle, y otros, 2022). Por otro lado la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico que poseen las leguminosas está

condicionado por muchas variables y entre ellas las que podrían haber afectado en este caso son la temperatura del suelo inferior a los 10° C que reducen el crecimiento de los pelos radicales (Acero de Mesa, 1997), la ausencia del inóculo específico en el suelo que impide la infección de las raíces (Vanzolini, 2011) y la presencia de formas combinadas de nitrógeno en el suelo que retardan la nodulación o inhiben el funcionamiento del sistema fijador (Paredes, 2013) que a su vez tiene un mayor impacto en las etapas tempranas de la simbiosis (Abdel Wahab, Zahran, & Abd-Alla, 1996). Es probable que la simbiosis de vicia con las bacterias fijadoras de nitrógeno estuviera condicionada debido a las temperaturas de la región, a que se trataba de una semilla no inoculada y que al momento de la siembra de maíz se realizó una fertilización nitrogenada. Como dato complementario vale mencionar que durante el procesamiento y tratamiento de las muestras de raíces no se observaron a simple vista nódulos de ningún tipo (Anexo III Muestras de Biomasa de Raíces).

La cantidad de N contenido en la biomasa de maíz en ambos lotes resultó sin diferencias significativas mientras que el N contenido en el acompañante resultó superior para el lote bajo el sistema de policultivo y esto mismo ocurrió con el C contenido en la biomasa. Dado que la relación C:N para ambos cultivos en ambos lotes no registró diferencias significativas la variable que marca la diferencia, tanto para el N como para el C contenido en la biomasa, es la biomasa aérea producida por el acompañante. La biomasa aérea de vicia en el policultivo -400% superior- aporta un 464% más N y 420% más C que lo aportado por la vegetación espontánea del monocultivo. Esto significa que al finalizar el cultivo la biomasa total que se incorporará al suelo en el lote de maíz y vicia aportará -al menos- 26,9 kg/ha de N y 463,6 kg/ha de C más que la biomasa total incorporada en el lote de maíz solo. Por otro lado el N aportado por el rastrojo de vicia se liberará de manera paulatina en función de las tasas de descomposición y posterior mineralización del material orgánico (Leveron Rosa, 2020) pudiendo favorecer la sincronización de la oferta de N con la demanda del cultivo siguiente (Cafaro La Menza, y otros, 2022).

### **Apreciación del productor**

Desde la perspectiva del productor las variables relacionadas con la producción de biomasa que como rastrojo se incorporarán al suelo son muy interesantes ya que la intención del establecimiento es aumentar al aporte de materia orgánica, ya sea de cultivos propios como de aportes externos en forma de estiércol. Por otro lado expresó que (sic) “... *No hay que degradar la tierra, hay que mejorarla...*” y en ese sentido todo aporte de materia orgánica y nutrientes es positivo. En cuanto al rendimiento comercial no recordó haber notado alguna diferencia significativa pero sí recordaba que en el lote A3 (maíz con vicia) varias líneas habían fracasado por un problema a la siembra.

Actualmente están incorporando al establecimiento anualmente más de 800 m<sup>3</sup> de estiércol compostado con el fin de aumentar la cantidad de materia orgánica del suelo e incorporar nutrientes de fuentes no sintéticas con muy buenos resultados productivos, sin embargo entiende que esta práctica tiene un costo energético alto y que sería conveniente obtenerlo en la propia chacra o conseguirlo de fuentes más cercanas.

El asesor técnico del establecimiento vio el aporte de materia orgánica proveniente del rastrojo en el manejo de policultivo como algo muy positivo ya que se podría suplir parte de la materia orgánica que actualmente se aporta al suelo de la chacra de fuentes externas. Otra variable que destacó como importante fue la estabilidad de agregados -superior en el maíz con vicia- que entiende muy buena en cuanto a la protección y calidad de la estructura del suelo. En relación con el rendimiento comercial tenía el recuerdo de que el maíz solo había rendido menos que el maíz con vicia y cuando se le informó sobre el resultado en contrario se sorprendió, momento en el cual el productor aportó el dato de las líneas fracasadas en el lote A3. El aporte de N que se realizaría a partir de la biomasa de maíz y vicia incorporada al suelo le pareció muy interesante ya que se podría ahorrar un 30% del fertilizante sintético nitrogenado que se aplica como promedio en la chacra, disminuyendo la dependencia a insumos externos, reduciendo costos tanto de fertilizantes como de herbicidas y tendiendo a manejos más agroecológicos.

Desde el punto de vista operativo la implementación del policultivo de maíz y vicia podría ser una alternativa a la complejidad operativa de la incorporación de CS. Actualmente en el establecimiento se está trabajando en extender la temporada productiva hacia el otoño y de comenzar la temporada siguiente temprano en la primavera con el fin de reducir el bache productivo invernal. Esta situación les deja un tiempo de desocupación del suelo muy corto en un clima que no permite el uso de maquinarias durante la época invernal y dificulta el crecimiento por las bajas temperaturas. Estiman que para poder incorporar los CS en las rotaciones necesitarían un 20% más de superficie cultivable. Por otro lado la incorporación de los rastrojos de cereales -como centeno o maíz- aporta una complejidad más al sistema ya que por las bajas temperaturas y el régimen de lluvias el momento de la incorporación resulta tardío, los rastrojos -más ricos en C- no se descomponen a tiempo y se dificultan las siembras. Sin embargo saben que es importante incorporar CS con el fin de retener los nutrientes y disminuir la erosión durante la temporada invernal. En la última temporada no se produjo maíz para choclo en el establecimiento por un tema de mercado pero ambos coincidieron en que el uso de vicia con el maíz es una alternativa que les interesa y plantearon la posibilidad de realizar una siembra manual junto con la segunda aporcada del maíz así como destinar una superficie de la chacra para la producción de las semillas.

## Conclusiones

Las variables químicas y biológicas evaluadas no indican un cambio en la calidad del suelo relacionado con la implantación del policultivo en el corto plazo. Sería importante hacer un seguimiento de las variables durante el período invernal hasta la implantación del cultivo siguiente para evaluar los posibles cambios en la calidad del suelo que pudieran impactar sobre el ciclo siguiente.

En cuanto a las variables físicas del suelo la estabilidad de agregados superficiales fue mayor en el policultivo indicando una mayor calidad de suelo -durante el ciclo de cultivo- mientras que la infiltración y la densidad aparente no indican diferencias. El seguimiento de las variables físicas luego del fin del cultivo podría brindar más datos del impacto de la práctica a largo plazo sobre la calidad del suelo. Por otro lado la evaluación de la textura de manera analítica permitiría tener más información que permitan tener una idea más acabada de los suelos del establecimiento.

Si bien el rendimiento comercial resultó inferior en el policultivo esta merma no resultó significativa para el establecimiento, estimándola despreciable e incluso asociándola a otros temas operativos y no a la implementación del policultivo. En este sentido es importante continuar el trabajo con los productores de la zona sistematizando la información y experiencias desarrolladas en sistemas en producción que permita dar respuesta a las necesidades locales con una visión agroecológica.

La biomasa producida en el policultivo que como rastrojo se incorporará al suelo es superior, aporta 34 kg/ha de nitrógeno que supliría la incorporación de 61 kg/ha de urea que serían ahorrados para el siguiente cultivo. La incorporación de biomasa y su contenido de nitrógeno resulta importante para el sistema en tanto que se mejora la distribución en el tiempo de la dotación de N -que proviene de la descomposición de la MO- y no se aplica en forma puntual con riesgos de lixiviación. Y por otro lado desde el establecimiento se está trabajando en disminuir el uso de fertilizantes sintéticos y aumentar las prácticas agroecológicas.

La biomasa producida por las raíces es una variable de sumo interés por su aporte a las diferentes fracciones de carbono y materia orgánica del suelo. En este caso no se utilizó la técnica más acertada para evaluar dos sistemas radiculares que poseen una estructura y distribución en el suelo muy diferente por lo cual sería importante hacer muestreos a diferentes profundidades y a diferentes distancias de la línea que permitan dar cuenta de la producción de raíces en todo el perfil del suelo explorado por el policultivo en conjunto.

La incorporación del policultivo de maíz y vicia es una opción para suplir la dificultad de incluir a los cultivos de servicio dentro del esquema de rotaciones intensivas del establecimiento y afrontar la complicación de contar con más superficie para la expansión del establecimiento en un contexto suburbano dentro de un valle cordillerano.

La implementación del policultivo de maíz dulce para choclo y vicia en el establecimiento evaluado es

una práctica viable, operativamente ejecutable, que mejora la estabilidad de los agregados superficiales, que aumenta la biomasa disponible para ser incorporada al suelo como rastrojo disminuyendo el aporte de insumos externos, que cuenta con una apreciación positiva por parte del productor y que genera una merma en el rendimiento comercial que no es significativa para el establecimiento.

### **Consideraciones finales**

Un tema no abordado en la presente tesis y que se estima muy importante para una evaluación integral de la práctica es la evaluación o balance económico. Esta práctica reduce el uso de insumos externos como fertilizantes, herbicidas y guanos pero por otro lado conlleva la reducción del rendimiento comercial, el uso de más semillas y la labor de siembra que debieran ser evaluadas económicamente para sumar otro nivel de análisis que facilite herramientas a la hora de la toma de decisiones dentro del establecimiento.

Otro tema que se estima interesante profundizar es la o las motivaciones que tiene el productor para seguir innovando y probando prácticas productivas alternativas en un contexto de interfase rural-urbano productivo complejo y mantener la producción agrícola cuando existen opciones de mercado económicamente más rentables.

Sería importante continuar las investigaciones sobre policultivos que incluyan cultivos destinados a mejorar la calidad del suelo como parte del pool de prácticas agroecológicas aplicables en planteos hortícolas en los que la incorporación de cultivos de servicios es compleja por la intensidad del uso del suelo y en superficies difícilmente ampliables.

El desarrollo de investigaciones sobre alternativas productivas desarrolladas en sistemas productivos en funcionamiento genera una alianza enriquecedora y beneficiosa entre el productor y la Universidad Pública. Es muy importante fortalecer esta situación de modo que se pueda trabajar en estas experiencias desde el comienzo y de manera integral con el fin de desarrollar el potencial existente en estas innovaciones y tecnologías alternativas.

La actividad con el productor resultó muy enriquecedora y permitió tener una visión más integradora de la práctica dentro del sistema y sus potencialidades. Por otro lado el productor y el asesor técnico se sorprendieron de manera positiva ya que no esperaban una actividad pensada y desarrollada como un espacio de trabajo en el que sus visiones y valoraciones tuvieran tanto peso como los resultados analíticos.

## Bibliografía

- Abadía, B., Abbte, P., Álvarez, C. A., Barraco, M., Bartosik, R., . . . Tulli, M. (2017). *Manual del Cultivo de Trigo*. (G. Divito, & F. García, Edits.) Acaassuso: International Plant Nutrition Institute. Obtenido de [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9f61f86f928f631e0325830e006c3082/\\$FILE/Manual%20de%20Trigo%20Anexos.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/9f61f86f928f631e0325830e006c3082/$FILE/Manual%20de%20Trigo%20Anexos.pdf)
- Abdel Wahab, A., Zahran, H., & Abd-Alla, M. (1996). Root-hair infection and nodulation of four grain legumes as affected by the form and the application time of nitrogen fertilizer. *Folia Microbiol*(41), 303-308. doi:10.1007
- Acero de Mesa, N. (1997). *Estudio de las rizobacterias de Vicia villosa: optimización de la productividad por técnicas biológicas*. Universidad San Pablo-CEU, Ciencias Experimentales y Técnicas. Madrid: Universidad San Pablo-CEU. Obtenido de <https://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcww7c9>
- Ahunchain Crusich, J., Felló Rivero, L., & Soba Bentancur, M. (2022). *Cobertura del suelo, captura y uso de radiación y el agua, por vicia y centeno como antecesor de soja*. Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo: Udelar. FA. Obtenido de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/32807>
- Alliaume, F., Jorge, G., & Dogliotti, S. (6 de Agosto de 2014). *Laboreo reducido y manejo de residuos en sistemas hortícola: Impacto en propiedades físicas del suelo*. Recuperado el 6 de Julio de 2021, de 1er Congreso Uruguayo de Suelos - VI Encuentro de la Sociedad Uruguaya de Ciencias del Suelo: <http://suelos.com.uy/pdf/08.pdf>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). *Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Mexico D.F., Mexico: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Álvarez, N., & Alayon Luaces, P. (2020). Evaluación de policultivos frutihortícolas agroecológicos del nordeste argentino. (R. Aguilar, Ed.) *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 55(2), 273-284. doi:10.31055/1851.2372.v55.n2.26899
- Beas Beas, N. (2018). *Efectos del cambio de uso y drenaje de un suelo ñadi sobre las propiedades biológicas y emisiones de gases de efecto*. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Dirección de Postgrado, Programa de Magíster en Ciencias Agronómicas, Chillán. Concepción: Universidad de Concepción. Obtenido de <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/2830>
- Bremner, J. M. (1996). Nitrogen- Total. En D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Leoppert, P. N. Soltampour, M. A. Tabatabai, . . . M. E. Summer (Edits.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Madison: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy.
- Cafaro La Menza, F., Carciocchi, W., Reussi Calvo, N., Rodríguez, M., L. A., Barbieri, P., & Sainz Rozas, H. (2022). Manejo de cultivos de cobertura para sincronizar la oferta y demanda de nitrógeno en maíz. (M. F. Castiglioni, & S. Vangeli, Edits.) *Actas XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, 459-464. Obtenido de <http://www.suelos.org.ar/sitio/cacs-2022-descarga-de-contribuciones>
- Cambardella, C., Gajda, A., Doran, J., Wienhold, B., & Kettler, T. (2001). Estimation of particulate and total organic matter by weight loss on ignition. En J. Kimble, R. Follett, & S. B., *Assessment methods for soil carbon* (págs. 349-359). CRC Press.
- Candan, F., & Broquen, P. (2009). Aggregate stability and related properties in NW Patagonian Andisols. *Geoderma*, 154(1-2), 42-47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.09.010>
- Cardozo, A., Barbosa, L., Sisoón Cñaceres, L., Mariño, J., Garis, G., Ojeda, J., & Ocariz, P. (2022). *Entramado hortícola de la Comarca Andina del Paralelo 42° Rio Negro y Chubut. Diseño de estrategias de*

- intervención*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Agencia de Extensión Rural El Bolsón. Bariloche: INTA.
- Carnicer, S., Sotelo, C., Pérez, G., Ballatore, B., & Castelán, M. (2020). Prácticas sustentables de mejoramiento de suelo en sistemas hortícolas en el marco de la extensión universitaria. *Agrotécnica*(30), 66-73. doi:10.30972/agr.0304658
- Castillo-Caamal, J., Caamal-Maldonado, J., Jiménez-Osornio, J., Bautista-Zúñiga, F., Amaya-Castro, M., & Rodríguez-Carrillo, R. (2010). Evaluación de tres leguminosas como coberturas asociadas con maíz en el trópico subhúmedo. *Agronomía Mesoamericana*, 21(1), 39-49.
- Daryanto, S., Fua, B., Wang, L., Jacinthe, P.-A., & Zhao, W. (2018). Quantitative synthesis on the ecosystem services of cover crops. *Earth-Science Reviews*(185), 357 - 373.
- Del Valle Gallegos, C. (2022). *Cromatografía circular de Pfeiffer en el diagnóstico de suelos*. Tesina para optar al título de Técnico en Producción Vegetal Orgánica, Universidad Nacional de Río Negro, Tecnicatura en Producción Vegetal Orgánica, El Bolsón.
- DPA. (2012). *Resumen Meteorológico 1991 - 2011 Estación El Bolsón*. Viedma: Departamento Provincial de Aguas.
- Enrico, J., Piccinetti, C., Barraco, M., Agosti, M., Ecclesia, R., & Salvagiotti, F. (2020). Biological nitrogen fixation in field pea and vetch: Response to inoculation and residual effect on maize in the Pampean region. *European Journal of Agronomy*, 115. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030120300241>
- Farias, E. (2020). *Cultivo de Cobertura una alternativa de manejo sustentable apuntando a la rentabilidad*. Trabajo Final de Grado, Universidad Empresarial Siglo 21, Licenciatura en Administración Agraria. Obtenido de <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/21106>
- Francis, C. A. (1989). Biological Efficiencies in Multiple-Cropping Systems. (N. Brady, Ed.) *Advances in Agronomy*, 42, 1-42. doi:10.1016/S0065-2113(08)60522-2
- Galantini, J., & Suñer, L. (2008). Las fracciones de la materia orgánica del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *AgriScientia*, 25(1), 41-55. doi:10.31047/1668.298x.v25.n1.274
- Geilfus, F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. san José, Costa Rica: IICA. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/4129>
- Ghosheh, H., Bsoul, E., & Abdullah, A. (2005). Utilization of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) as a Smother Crop in Field Corn (*Zea mays* L.). *Journal of Sustainable Agriculture*, 25(1), 5-17. doi:10.1300/J064v25n01\_03
- Giménez, J. E. (2020). Características y clasificación de suelos volcánicos. En P. Imbellone, & O. Barbosa (Edits.), *Suelos y vulcanismo: Argentina* (págs. 33-70). Buenos Aires, Argentina: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
- Grahmann, K., Quincke, A., Barolín, E., & Ciganda, V. (2020). Cultivos de cobertura: reducción de la erosión y aportes a la nutrición del suelo. *Revista INIA*, 71-74.
- Grundmann, G., & Stahl, J. (2002). *Como la sal en la sopa. Conceptos, métodos y técnicas para profesionalizar el trabajo en las organizaciones de desarrollo. Capacitación – Asesoría – Comunicación – Manejo de Proyectos – Contexto Organizacional*. Quito: ABYA-YALA.
- Haider, F., Cheema, S., & Farooq, M. (2019). Impact of cover crops in improving agro-ecosystems including sustainable weed suppression. *Pakistan Journal of Weed Science Research*(25 (1)), 47 - 62.
- Howard, D., & Howard, P. (1993). Relationships between co2 evolution, moisture content and temperature for a range of soil types. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(11), 1537-1546. doi:10.1016/0038-0717

- Hurtado, P., Morbidelli, M. E., De Dios Herrero, J., & Colazo, J. C. (2021). *¿Qué expresan los resultados de un análisis de suelo?* (Vol. Información Técnica 198). San Luis, San Luis, Argentina: EEA San Luis, INTA. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12123/10639>
- INTA - RILSAV. (14 de Mayo de 2010). Protocolo de Ensayo (PE) determinación de conductividad eléctrica en suelo. *Desarrollo e Implementación de un modelo de gestión en red para los laboratorios de suelo, agua y material vegetal INTA (RILSAV) (AERN 295531)*. (S. López, Recopilador) Bariloche, Río Negro, Argentina.
- INTA - RILSAV. (30 de Mayo de 2017). Protocolo de Ensayo (PE) determinación de pH en muestras de suelo. *Desarrollo e Implementación de un modelo de gestión en red para los laboratorios de suelo, agua y material vegetal INTA (RILSAV), PE Versión 3*. (S. López, Recopilador) Bariloche, Río Negro, Argentina.
- Javanmard, A., Machiani, M., Lithourgidis, A., Morshedloo, M., & Ostadi, A. (2020). Intercropping of maize with legumes: A cleaner strategy for improving the quantity and quality of forage. *Cleaner Engineering and Technology*. doi:10.1016/j.clet.2020.100003
- Kette Eberle, L., Maceda, N., Kloster, N., Pérez, M., Fernández, R., & Quiroga, A. (2022). Efecto de los cultivos de cobertura en tres momentos de secado sobre uso consuntivo agua dinámica de nitrógeno y rendimiento del cultivo de maíz tardío. *SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía*, 32(1), 41-52. doi:10.19137/semiarida.2022(01).41-52
- Kottek, M. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*(15), 259 - 263.
- Lanciotti, M. L., & Cremona, M. V. (1999). *Los suelos del área de influencia de la Agencia de Extensión Rural de El Bolsón*. Bariloche: EEA Bariloche.
- Latif, M., Mehuys, G., & Mackenzie, A. (1992). Effects of legumes on soil physical quality in a maize crop. *Plant Soil*, 140, 15-23. doi:10.1007/BF00012802
- Leveron Rosa, E. (2020). *Análisis de los beneficios de la utilización de cultivos de cobertura: Revisión de literatura*. Escuela Agrícola Panamericana, Carrera de Ingeniería Agronómica. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6893>
- Liebman, M. (1999). Sistemas de policultivos. En M. Altieri, *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable* (págs. 191-202). Montevideo, Uruguay: Nordan–Comunidad.
- Llanga Ochoa, L. (2023). *Evaluación de indicadores de calidad en un suelo agrícola bajo el efecto de la labranza, fertilización nitrogenada y rotación de cultivos*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito: UCE. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/29182>
- Moncada Jaramillo, S., & Tocaín Maldonado, G. (2022). *Evaluación de la producción de maíz (Zea mays) y propiedades del suelo en sistemas agroecológicos sustentables con asociaciones (leguminosas) y coberturas (cucurbitáceas) en el Centro Experimental San Francisco, provincia del Carchi*. Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Carrera de Agropecuaria. Tulcán: Universidad Politécnica Estatal de Carchi. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1696>
- Neris, J., Jiménez, C., Fuentes, J., Morillas, G., & Tejedor, M. (2012). Vegetation and land-use effects on soil properties and water infiltration of Andisols in Tenerife (Canary Islands, Spain). *CATENA*, 98, 55-62. doi:10.1016/j.catena.2012.06.006.

- Norgaard, R., & Sikor, T. (1999). Metodología y práctica de la agroecología. En M. Altieri, *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable* (págs. 15-28). Montevideo, Uruguay: Nordan-Comunidad.
- Oderiz, J., Uhaldegaray, M., Frasier, I., Quiroga, A., Amiotti, N., & Zalba, P. (2017). Raíces de cultivos de cobertura. Cantidad, distribución e influencia sobre el N mineral. *Ciencia del suelo*, 35(2), 249-258. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12123/3890>
- Page-Dumrose, D., Miller, R., Mital, J., McDaniel, P., & Miller, D. (2007). *Volcanic-ash-derived forest soils of the inland Northwest: Properties and implications for management and restoration. Proceedings RMRS-P-44*. Fort Collins, Colorado, Estados Unidos: Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Obtenido de <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/26202>
- Paredes, M. C. (2013). *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. Universidad Católica Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias. Buenos Aires: Universidad Católica Argentina. Obtenido de <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/393>
- Parera, C. (2017). *Producción de maíz dulce*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Pedemonte, A., Molina, C., & Álvarez, J. (Junio de 2014). Proceso de toma de decisiones relacionado al uso del suelo de explotaciones hortícolas familiares. *Agrociencia Uruguay*, 18(1), 41-52. Recuperado el 5 de Julio de 2021, de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482014000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S2301-15482014000100005&script=sci_arttext)
- Pérez, M., & Marasas, M. (Abril de 2013). Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas*, 22(1), 36-43. doi:10.7818/ECOS.2013.22-1.07
- Pinto Ruiz, R., Quiroga Madrigal, R., Medina, F., Guevara Hernández, F., & Gómez Castro, H. (2009). Experiencias del uso de especies leguminosas como cobertura para la producción sostenible de maíz. En C. Sepúlveda, & M. Ibrahim (Edits.), *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Cent* (págs. 127-144). Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Pinto, P. (2012). Evaluación de la fijación biológica de nitrógeno y la producción de raíces en distintos cultivos de servicios y sus efectos sobre las reservas de C y N orgánico del suelo. 94. Recuperado el 13 de Julio de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/186688185.pdf>
- Pinto, P., & Piñeiro, G. (2018). Intensificación ecológica en los agroecosistemas de la región pampeana: el rol de los cultivos de servicios. En *Manejo de Maíz Flint*. Rosario, Santa Fe, Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario.
- Pound, B. (1999). Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América Latina. En *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Prieto Angueira, S., Berton, M., & Ventura, J. (2019). Efecto de los cultivos de servicio sobre la disponibilidad de agua y nitrógeno y el rendimiento en el cultivo de maíz en Santiago del Estero. En A. C. Fertilizar, *Actas simposio de fertilidad: Conocer más. Crecer mejor* (págs. 272-277). Rosario. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/333631443\\_Efecto\\_de\\_los\\_cultivos\\_de\\_servicio\\_sobre\\_la\\_disponibilidad\\_de\\_agua\\_y\\_nitrogeno\\_y\\_el\\_rendimiento\\_en\\_el\\_cultivo\\_de\\_maiz\\_en\\_Santiago\\_del\\_Estero](https://www.researchgate.net/publication/333631443_Efecto_de_los_cultivos_de_servicio_sobre_la_disponibilidad_de_agua_y_nitrogeno_y_el_rendimiento_en_el_cultivo_de_maiz_en_Santiago_del_Estero)

- Quintero, M., & Comerford, N. (2013). Effects of Conservation Tillage on Total and Aggregated Soil Organic Carbon in the Andes. *Open Journal of Soil Science*, 3(8), 361 - 373. doi:10.4236/ojss.2013.38042.
- Rodiño Míguez, A., Santalla Ferradás, M., & Ron Pedreira, A. (2008). Mejora de la adaptación en sistemas de cultivo asociado. En C. Avila Gómez, *La adaptación al ambiente y los estreses abióticos en la mejora vegetal* (págs. 479-493). Sevilla, Andalucía, España: Junta de Andalucía-Consejería de Agricultura y Pesca. Recuperado el 12 de Julio de 2021, de [http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/la%20adaptaci%C3%B3n\\_baja.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/la%20adaptaci%C3%B3n_baja.pdf)
- Roveretti, M., Atucha, A., Lacaze, M., & Fulponi, J. (2016). Estrategias productivas y resultados económicos en la horticultura marplatense 1993-2012: un análisis insumo - producto. *FACES, Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales*, 22(46), 9-27. Recuperado el 11 de Agosto de 2021, de <http://nulan.mdpu.edu.ar/2515/>
- Ruffo, M., & Parsons, A. (Marzo de 2004). Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*(21).
- Sadzawka R., A., Carrasco R., M. A., Demanet F., R., Flores P., H., Gres Z., R., Mora G., M. d., & Neaman, A. (Septiembre de 2007). Métodos de análisis de tejidos vegetales. *Serie Actas Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 40, 1-139. Recuperado el 7 de Septiembre de 2022, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR34664.pdf>
- Sanchez, P. (2022). *Evaluación de la aplicación de biofertilizantes como herramienta para el manejo de la nutrición de cultivos en sistemas agroecológicos*. Tesina para la obtención del título de grado en Licenciatura en Agroecología, Universidad Nacional de Río Negro, Licenciatura en Agroecología, El Bolsón.
- Soil Quality Institute (US). (1998). *Soil quality test kit guide*. Washington: Soil Quality Institute, National Resources Conservation Service, US Department of Agriculture. Obtenido de [https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil\\_Quality\\_Test\\_Kit\\_Guide.pdf](https://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/WI/Soil_Quality_Test_Kit_Guide.pdf)
- Suhui Ma, F. H. (2018). Variations and determinants of carbon content in plants: a global synthesis. *Biogeosciences*, 15, 693–702. doi:10.5194/bg-15-693-2018
- Tognetti, P., & Pérez, A. (2019). Introducción a los modelos mixtos. En S. Perelman, L. Garibaldo, & P. Tognetti, *Experimentación y modelos estadísticos* (págs. 259 - 284). Buenos Aires, Argentina: Facultad de Agronomía UBA.
- U.S.D.A. (1975). *Taxonomi Soil*. Washington: United States Department of Agriculture.
- Valenzuela, H. (2023). Ecological Management of the Nitrogen Cycle in Organic Farms. *Nitrogen*, 4(1), 58 - 84. doi:103390
- Vallejo, V., Afanador, L., Hernandez, M., & D., P. (2018). Efecto de la implementación de diferentes sistemas agrícolas sobre la calidad del suelo en el municipio de Cachipay, Cundinamarca, Colombia. *Bioagro*, 30(1), 27-38. Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/ba/v30n1/art03.pdf>
- Vanzolini, J. (2011). *La Vicia villosa como cultivo de cobertura efectos de corto plazo sobre el suelo y la productividad del maíz bajo riego en el valle bonaerense del Río Colorado*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12123/6999>
- Velásquez, G., Calabi Floody, M., Poblete Grant, P., Rumpel, C., Demanet, R., Condrón, L., & Mora, M. (2016). Fertilizer effects on phosphorus fractions and organic matter in Andisols. *Journal of soil science and plant nutrition*, 16(2), 294-309. doi:10.4067/S0718-95162016005000024
- Villarino, S., Pinto, P., Jackson, R., & Piñeiro, G. (2021). Plant rhizodeposition: A key factor for soil organic matter formation in stable fractions. *Science Advances*, 7(16). doi:10.1126/sciadv.abd3176

Wulanningtyas, H., Gong, Y., Li, P., Sakagami, N., Nishiwaki, J., & Komatsuzaki, M. (2021). A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation. *Soil and Tillage Research*, 205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104749>.

## Anexo I Análisis Estadístico

### pH

#### Modelos probados

Varianzas homogéneas								Varianzas heterogéneas									
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	9,58	9,90	-0,79	0,22	0,13	0,13			10	9,42	9,82	0,29	0,13	0,13	0,13		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>								<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>									

#### Modelo más eficiente

Varianzas heterogéneas

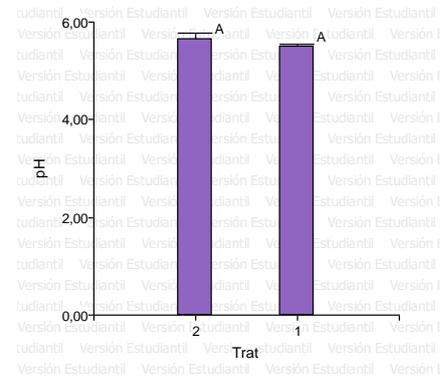
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,3329

Trat	Medias	E.E.		
1	5,49	0,06	A	
2	5,65	0,13	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



### Conductividad eléctrica

#### Modelos probados

Varianzas homogéneas								Varianzas heterogéneas									
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	120,46	120,77	-56,23	223,26	0,06	0,06			10	121,91	122,31	-55,95	179,02	0,06	0,06		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>								<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>									

#### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

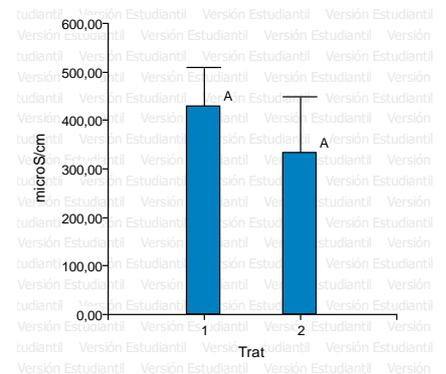
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,5299

Trat	Medias	E.E.		
1	429,30	80,06	A	
2	332,30	116,31	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



### Nitrógeno total del suelo

#### Modelos probados

Varianzas homogéneas								Varianzas heterogéneas									
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	-29,97	-29,65	18,99	0,02	0,15	0,15			10	-28,03	-27,63	19,01	0,02	0,15	0,15		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>								<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>									

#### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

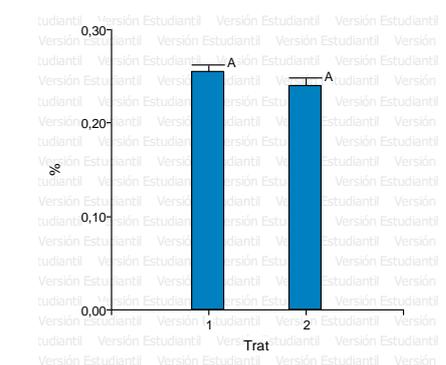
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,2962

Trat	Medias	E.E.		
1	0,25	0,01	A	
2	0,24	0,01	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Materia orgánica del suelo

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	18,81	19,13	-5,41	0,36	0,38	0,58			10	20,81	21,20	-5,40	0,36	0,38	0,58		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>									<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>								

### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

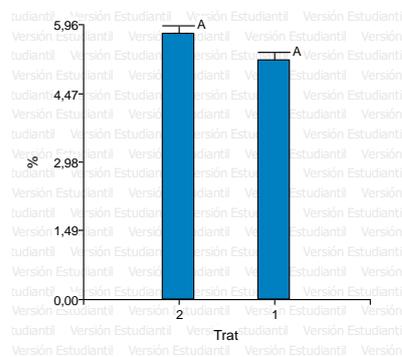
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0705

Trat	Medias	E.E.		
1	5,19	0,18	A	
2	5,74	0,18	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Materia orgánica particulada

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	24,61	24,93	-8,31	0,41	0,10	0,78			10	26,47	26,87	-8,24	0,34	0,10	0,76		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>									<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>								

### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

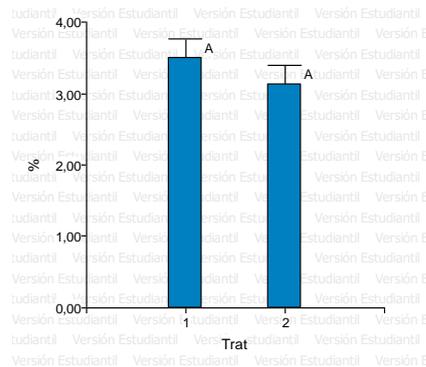
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,2388

Trat	Medias	E.E.		
1	3,49	0,27	A	
2	3,13	0,27	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Materia orgánica recalcitrante

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	28,12	28,44	-10,06	0,55	0,33	0,77			10	29,32	29,72	-9,66	0,71	0,33	0,71		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>									<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>								

### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

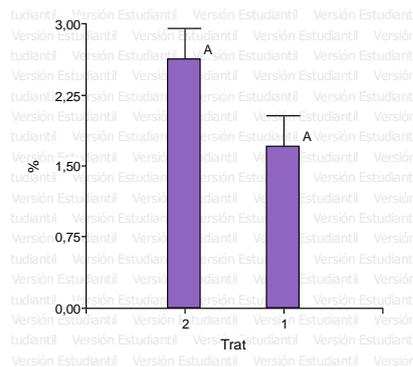
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0567

Trat	Medias	E.E.		
1	1,70	0,33	A	
2	2,62	0,33	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Respiración potencial

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	71,29	71,60	-31,64	10,33	0,07	0,07	10	66,28	66,68	-28,14	14,27	0,07	0,07				
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>										

### Modelo más eficiente

Varianzas heterogéneas

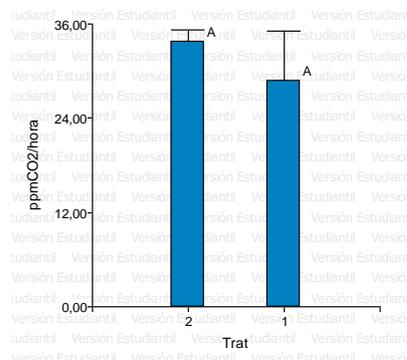
### Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,4814

Trat	Medias	E.E.		
1	28,73	6,38	A	
2	33,80	1,39	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Infiltración

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
6	43,55	41,09	-17,77	15,64	0,33	0,33	6	29,01	25,94	-9,50	0,18	0,33	0,33				
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>										

### Modelo más eficiente

Varianzas heterogéneas

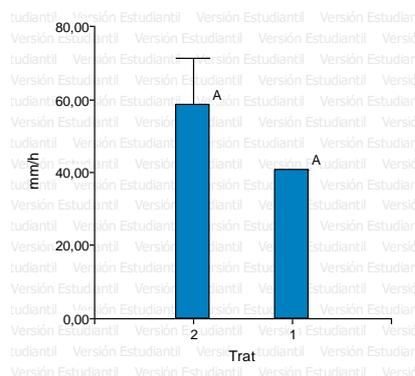
### Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,2925

Trat	Medias	E.E.		
1	40,53	0,10	A	
2	58,61	12,77	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Densidad aparente

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
20	-34,86	-31,30	21,43	0,05	0,23	0,80	20	-33,97	-29,52	21,99	0,03	0,23	0,75				
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>										

### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

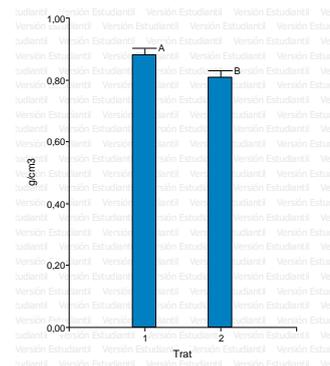
### Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0076

Trat	Medias	E.E.		
1	0,88	0,02	A	
2	0,81	0,02		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Estabilidad de agregados

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	10,41	10,72	-1,20	0,23	0,52	0,52			10	11,48	11,88	-0,74	0,17	0,52	0,52		
AIC y BIC menores implica mejor									AIC y BIC menores implica mejor								

### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

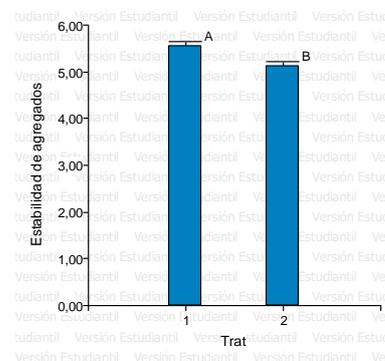
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0435

Trat	Medias	E.E.		
1	5,54	0,10	A	
2	5,11	0,10		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Biomasa aérea de maíz

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
20	305,83	309,40	-148,92	834,06	0,12	0,12			20	298,48	302,93	-144,24	1120,25	0,12	0,12		
AIC y BIC menores implica mejor									AIC y BIC menores implica mejor								

### Modelo más eficiente

Varianzas heterogéneas

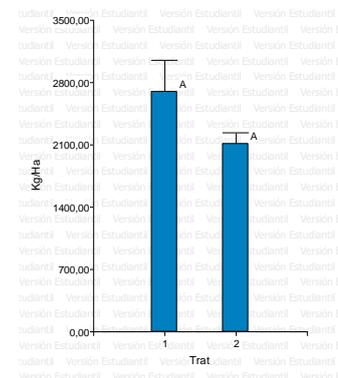
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,1537

Trat	Medias	E.E.		
1	2695,06	354,25	A	
2	2113,92	116,77	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



## Biomasa aérea de vegetación acompañante

### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	130,80	131,11	-61,40	399,95	0,69	0,76			10	131,36	131,76	-60,68	509,52	0,69	0,75		
AIC y BIC menores implica mejor									AIC y BIC menores implica mejor								

### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

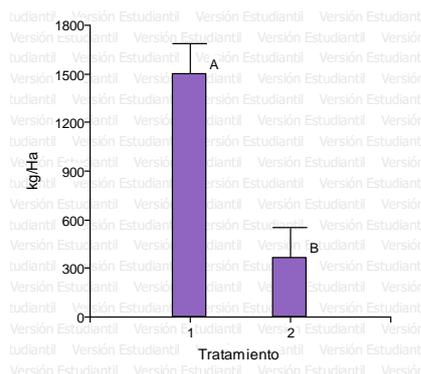
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0109

Trat	Medias	E.E.		
1	1496,98	191,31	A	
2	361,69	191,31		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



### Biomasa total de raíces

#### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas						
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1
20	373,26	376,82	-182,63	5277,43	0,21	0,30	20	337,47	341,92	-163,74	0,14	0,21	0,25
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>						

#### Modelo más eficiente

Varianzas heterogéneas

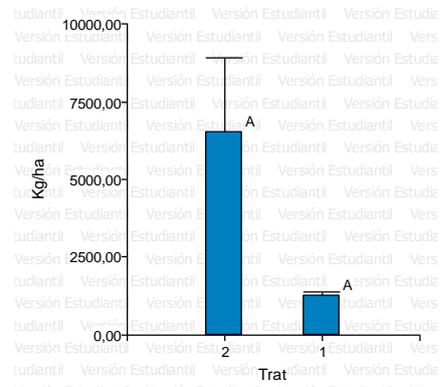
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0524

Trat	Medias	E.E.		
1	1250,81	152,96	A	
2	6522,60	2365,09	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )				



### Rendimiento comercial

#### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas						
n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	n	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1
20	351,43	354,99	-171,71	2351,51	0,15	0,72	20	353,42	357,87	-171,71	2394,96	0,15	0,72
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>						

#### Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

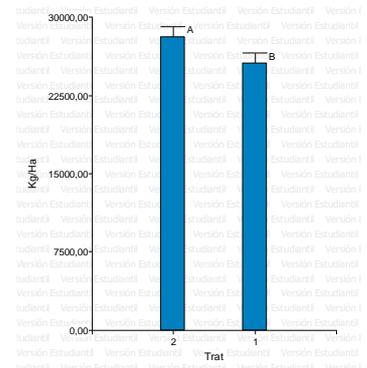
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0413

Trat	Medias	E.E.		
1	25551,84	984,90		B
2	28053,10	984,90	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )				



### Calidad de la biomasa de maíz (C:N)

#### Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas						
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1
20	141,46	145,02	-66,73	8,67	0,10	0,10	20	136,24	140,69	-63,12	11,45	0,10	0,10
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>						

#### Modelo más eficiente

Varianzas heterogéneas

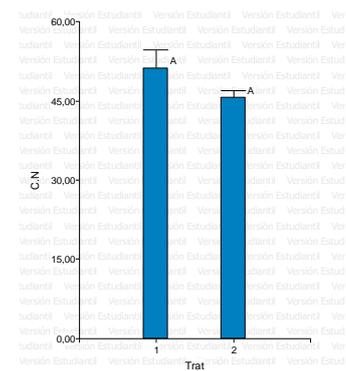
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,1866

Trat	Medias	E.E.		
1	51,08	3,62	A	
2	45,54	1,39	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )				



### Calidad de la biomasa de acompañante (C:N)

Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	60,24	60,56	-26,12	5,18	0,03	0,03			10	61,43	61,83	-25,71	3,92	0,03	0,03		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>										

Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

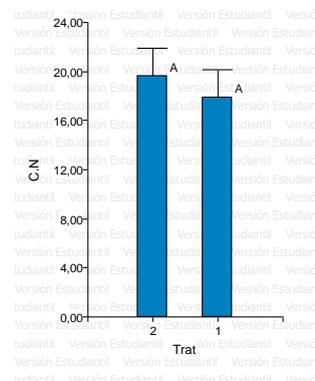
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,6281

Trat	Medias	E.E.		
1	17,87	2,32	A	
2	17,87	2,32	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



### Nitrógeno de la biomasa de maíz

Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
20	137,65	141,21	-64,83	7,80	0,06	0,06			20	136,41	140,86	-63,21	9,72	0,06	0,06		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>										

Modelo más eficiente

Varianzas heterogéneas

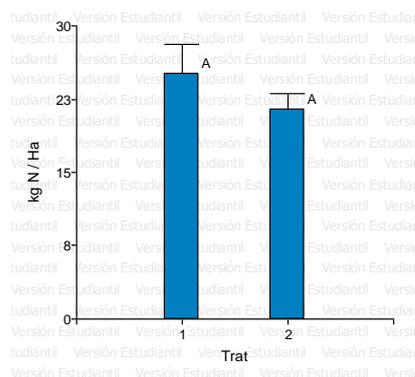
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,3319

Trat	Medias	E.E.		
1	25,03	3,07	A	
2	21,45	1,66	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



### Nitrógeno de la biomasa de acompañante

Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas										
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0	R2	1
10	70,82	71,13	-31,41	10,03	0,69	0,69			10	70,90	71,30	-30,45	12,76	0,69	0,69		
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>										

Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

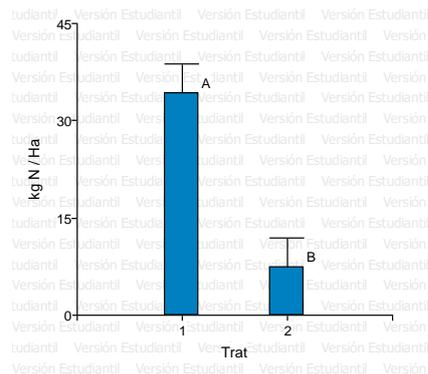
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0134

Trat	Medias	E.E.		
1	34,27	4,49	A	
2	7,43	4,49	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				



### Carbono de la biomasa de maíz

Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas						
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1
20	279,10	282,66	-135,55	396,94	0,13	0,13	20	272,23	276,68	-131,11	531,34	0,13	0,13
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>						

Modelo más eficiente

Varianzas heterogéneas

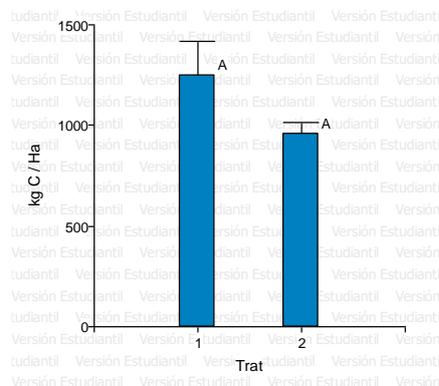
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,1374

Trat	Medias	E.E.		
1	1249,54	168,03	A	
2	960,04	57,26	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )				



### Carbono de la biomasa de acompañante

Modelos probados

Varianzas homogéneas							Varianzas heterogéneas						
N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1	N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2 0	R2 1
10	116,64	116,96	-54,32	156,75	0,68	0,80	10	116,78	117,18	-53,39	208,42	0,68	0,78
<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>							<i>AIC y BIC menores implica mejor</i>						

Modelo más eficiente

Varianzas homogéneas

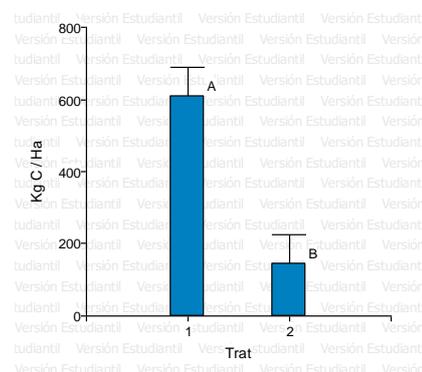
Medias ajustadas y errores estándares

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Valor p: 0,0095

Trat	Medias	E.E.		
1	608,45	79,71	A	
2	144,86	79,71		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )				



## Resumen de todos las variables

	Modelo*	T 1 <sup>+</sup>		T 2 <sup>+</sup>		p value
pH	VarHet	5,49	(0,06)	5,65	(0,13)	0,3329
Conductividad eléctrica $\mu$ siemen/cm	VarHom	429,3	(80,06)	332,3	(116,31)	0,5299
Nitrógeno total del suelo %	VarHom	0,25	(0,01)	0,24	(0,01)	0,2962
Materia orgánica del suelo %	VarHom	5,19	(0,18)	5,74	(0,18)	0,0705
Materia orgánica particulada %	VarHom	3,49	(0,27)	3,13	(0,27)	0,2388
Materia orgánica recalcitrante %	VarHom	1,7	(0,33)	2,62	(0,33)	0,0567
Respiración potencial ppm CO <sub>2</sub> /h	VarHet	28,73	(6,38)	33,8	(1,39)	0,4814
Infiltración mm/h	VarHet	40,53	(0,10)	58,61	(12,77)	0,2925
Densidad aparente g/cm <sup>3</sup>	VarHom	0,88	A (0,02)	0,81	B (0,02)	0,0076
Estabilidad de agregados	VarHom	5,54	A (0,10)	5,11	B (0,10)	0,0435
Biomasa aérea de maíz kg/ha	VarHet	2695,06	(354,25)	2113,92	(116,77)	0,1537
Biomasa aérea de vegetación acompañante kg/ha	VarHom	1496,98	A (191,31)	361,69	B (191,31)	0,0109
Biomasa total de raíces Kg/ha	VarHet	1250,81	(152,96)	6522,60	(2365,06)	0,0524
Rendimiento comercial kg/ha	VarHom	25551,8	B (984,90)	28053,1	A (984,90)	0,0413
Calidad de la biomasa de maíz C:N	VarHet	51,08	(3,62)	45,54	(1,39)	0,1860
Calidad de la biomasa de acompañante C:N	VarHom	17,87	(2,32)	19,59	(2,32)	0,6281
Nitrógeno de la biomasa de maíz kg/ha	VarHet	25,03	(3,07)	21,45	(1,66)	0,3319
Nitrógeno de la biomasa de acompañante kg/ha	VarHom	34,27	A (4,49)	7,43	B (4,49)	0,0134
Carbono de la biomasa de maíz kg/ha	VarHet	1249,54	(168,03)	960,04	(57,26)	0,1374
Carbono de la biomasa de acompañante kg/ha	VarHom	608,45	A (79,71)	144,86	B (79,71)	0,0095
* Modelo lineal mixto utilizado (más eficiente): VarHom = Varianzas homogéneas, VarHet = Varianzas heterogéneas.						
+ T1 Policultivo de maíz con vicia. T2 Monocultivo de maíz						

## Anexo II Encuentro con el Productor

### Objetivos

1. Recopilar la historia del lote
2. Hacer una devolución de los resultados
3. Discutir los resultados

### Metodología

1. Entrevista semi estructurada teniendo como ejes:
  - ✓ Cultivos predecesores
  - ✓ Labores previas a la siembra CS
  - ✓ Fechas de siembra de CS
  - ✓ Labores y fechas post CS
  - ✓ Labores previas a la siembra CR
  - ✓ Fechas de siembra de CR
  - ✓ Labores CR
  - ✓ Uso y cantidad de insumos (Fertilizantes, herbicidas, etc)
  - ✓ Motivación uso de CS
2. Exposición con soporte físico de los resultados comparando la diferencia entre ambos lotes con énfasis en las variables que presentaron diferencias significativas y que significaron o podrían significar un beneficio o impacto inmediato a corto o largo plazo sobre la producción:
  - ✓ Rendimiento comercial
  - ✓ Nitrógeno aportado por la biomasa
  - ✓ Carbono aportado por la biomasa
  - ✓ Biomasa aportada
  - ✓ Estabilidad de agregados
3. Charla debate poniendo en discusión los resultados y a partir de ello evaluar la relevancia de la practica sobre el sistema evidenciando los beneficios (ahorro de fertilizante nitrogenado, ahorro en el aporte de materia orgánica, ahorro de insumos en general, etc.), las desventajas (rendimiento comercial, complejidad de implementación, molestias en la cosecha, etc.) y su percepción y valoración.

### Desarrollo

- A. Introducción

- a Presentación general del tema de la tesis y la relevancia de la práctica desarrollada en el lote con vicia así como la ventaja de un lote convencional para poder comparar situaciones.
  - b Presentación de una línea del tiempo, croquis del establecimiento y fotos del policultivo y del monocultivo con el fin de poner en tiempo y en espacio lo relacionado con el cultivo de maíz del que se va a comenzar a hablar.
- B. Recopilación de la historia del lote
- a Utilizando la línea de tiempo, el croquis del lote y las fotos como herramienta interpretativa y sumando un croquis con la ubicación de los lotes se comienza con la entrevista semi estructurada.
  - b En la línea del tiempo y el croquis se van anotando datos de manejo y la época del año en la que se realizaron las labores, insumos, prácticas, toda información relevante y cualquier dato aportado por los participantes. También se les ofrecen marcadores para que hagan anotaciones o indiquen algo que les parezca relevante.
  - c Los puntos que se esperan relevar se irán mencionado en la conversación siguiendo la dirección que planteen los participantes de tal modo que a partir de sus recuerdos y experiencias se pueda reconstruir la historia del lote.
  - d Es importante que los datos aportados e información relevante se anoten en la línea de tiempo y en el croquis de manera de visualizar las actividades de manera temporal y geográfica facilitando la reconstrucción de la historia del lote y relacionarla con los lotes utilizados.
- C. Presentación de los resultados
- a A partir del croquis con los lotes utilizados se presentan los resultados en tarjetas.
  - b En un juego de tarjetas blancas se presentan las variables que no presentaron diferencias significativas. En otro juego de tarjetas de diferentes colores (un color para cada variable) se presentan las que sí presentaron diferencias significativas ubicándolas al lado de cada lote y en el mismo orden con el fin de poder visualizar la variable para cada lote y poder compararlas a simple vista.
  - c Por otro lado se entrega una hoja con los resultados de los análisis a cada participante según la tabla que conta al fin de este anexo.
- D. Discusión de los resultados de la práctica
- a Con los resultados a la vista y organizados como se explicó anteriormente se recaba cuáles de los resultados son vistos como positivos, negativos o neutros para cada

tratamiento en función de la comparación entre lotes. Esta ponderación puede hacer con signos positivos (+), negativos (-) o iguales (=) -según sea positivo, negativo o neutro- que se pueden anotar en las tarjetas.

- b Esta parte de la actividad se conducirá a través de la preguntas y repreguntas no direccionadas tendiendo a relacionar los parámetros y las posibles implicancias productivas.
- c A través de la misma metodología de preguntas y repreguntas no direccionadas se intentará indagar, explorar o poner en discusión las implicancias operativas de la práctica como siembra del policultivo, cosecha, etc. anotándolas en nuevas tarjetas de un diferente color e intentando valorar su impacto sobre el sistema productivo.

#### E. Cierre

- a Una vez finalizada la actividad se brindará la visión y ponderación que hasta el momento se tiene de los resultados obtenidos poniendo de relevancia que la visión y ponderación de los resultados que se hacen desde la unidad productiva son tan válidos como los resultados y ponderaciones hechas desde las actividades de gabinete y laboratorio.

#### Aclaraciones sobre el desarrollo

- i. La actividad está planteada de manera analógica con el fin de utilizar medios que puedan ser desarrollados en sitios sin buena conexión, sin acceso a la energía eléctrica, al aire libre y de manera más amigable y amena con los participantes.
- ii. El uso de tarjetas, botones y figuras en papel pegados con cinta permiten poder organizar, ordenar, modificar y re estructurar la información según se desarrolle la actividad, entendiendo que es un sistema flexible que se puede ir adaptando a cómo los participantes entienden y organizan la información.
- iii. El registro de la actividad se realiza anotando sobre los soportes físicos, tomando notas sobre los puntos relevantes de la actividad y otros datos aportados por los participantes, tomando fotografías, la organización de las tarjetas y lo escrito en los croquis ha de quedar construido como una especie de mapa conceptual en el cual se vuelca la visión desde la unidad productiva sobre la práctica evaluada.

#### Materiales

Línea del tiempo en papel sulfiteo

Croquis lotes en papel sulfiteo

Fotos de los lotes (con marcos de diferentes colores)

2 fotos seleccionadas de cada lote

Tarjetas de datos:

14 tarjetas blancas para variables sin diferencias significativas:

- ✓ Biomasa aérea de maíz
- ✓ Biomasa total de raíces
- ✓ Nitrógeno de la biomasa de maíz
- ✓ Carbono de la biomasa de maíz
- ✓ Calidad de la biomasa de maíz
- ✓ Calidad de la biomasa de acompañante
- ✓ Infiltración
- ✓ pH
- ✓ Conductividad eléctrica
- ✓ Nitrógeno total del suelo
- ✓ Materia orgánica del suelo
- ✓ Materia orgánica particulada
- ✓ Materia orgánica recalcitrante
- ✓ Respiración potencial

12 tarjetas de 6 diferentes colores para las variables con diferencias significativas

- ✓ Biomasa aérea de vegetación acompañante
- ✓ Nitrógeno de la biomasa de acompañante
- ✓ Carbono de la biomasa de acompañante
- ✓ Densidad aparente
- ✓ Estabilidad de agregados
- ✓ Rendimiento comercial

Marcadores de colores varios

Cinta de papel



Fotos de los tratamientos



Línea del tiempo

Croquis de los lotes



Tarjetas de variables sin diferencias significativas

Ensayo de la dinámica



Tarjetas de variables con diferencias significativas

Tabla con resultados presentado a los participantes

### Resultados de Análisis de Laboratorio

		Maíz con Vicia		Maíz Solo	
pH		5,49		5,65	
Conductividad eléctrica	µsiemen/cm	429,3		332,3	
Nitrógeno total del suelo	%	0,25		0,24	
Materia orgánica del suelo	%	5,19		5,74	
Materia orgánica particulada	%	3,49		3,13	
Materia orgánica recalcitrante	%	1,7		2,62	
Respiración potencial	ppm CO <sub>2</sub> /h	28,73		33,8	
Infiltración	mm/h	40,53		58,61	
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0,88	A	0,81	B
Estabilidad de agregados		5,54	A	5,11	B
Biomasa aérea de maíz	kg/Ha	2695,06		2113,92	
Biomasa aérea de vegetación acompañante	kg/Ha	1496,98	A	361,69	B
Biomasa total de raíces	Kg/Ha	1250,81		6522,60	
Rendimiento comercial	kg/Ha	25551,8	B	28053,1	A
Calidad de la biomasa de maíz	C:N	51,08		45,54	
Calidad de la biomasa de acompañante	C:N	17,87		19,59	
Nitrógeno de la biomasa de maíz	kg/Ha	25,03		21,45	
Nitrógeno de la biomasa de acompañante	kg/Ha	34,27	A	7,43	B
Carbono de la biomasa de maíz	kg/Ha	1249,54		960,04	
Carbono de la biomasa de acompañante	kg/Ha	608,45	A	144,86	B

## Anexo III Muestras de Biomasa de Raíces

### Muestras del lote de maíz con vicia



Muestra L2



Muestra L3



Muestra L4



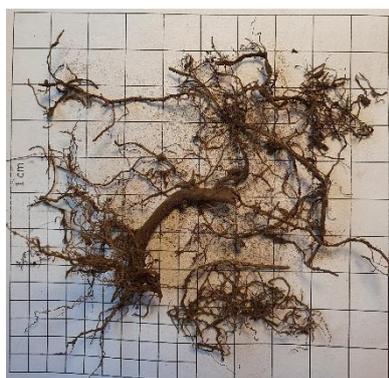
Muestra L5



Muestra EL1



Muestra EL2



Muestra EL3



Muestra EL4



Muestra EL5

### Muestras del lote de maíz solo



Muestra L1



Muestra L2



Muestra L3



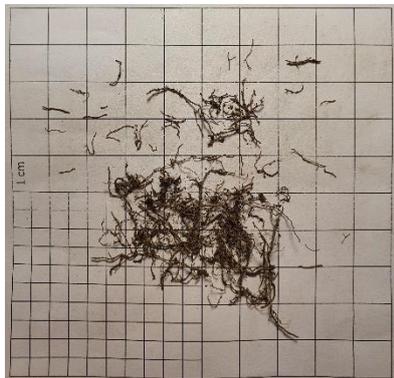
Muestra L4



Muestra L5



Muestra EL1



Muestra EL2



Muestra EL3



Muestra EL4



Muestra EL5