



**Facultad de Ciencias Agrarias,  
Universidad Nacional de Lomas de Zamora.**

**Trabajo final de grado**

**Carrera: Ingeniería Agronómica**

**Evaluación del carbono orgánico total y la  
estabilidad de agregados del suelo en  
establecimientos hortícolas de Florencio Varela,  
Buenos Aires.**

**Autor: Gonzalez Facundo Hernán**

**Directora: Ing. Agr. Mag. Paladino Ileana Ruth**

**Codirectora: Ing. Agr. Mag. Sokolowski Ana Clara**

**Lugar y Fecha: 10 de Agosto de 2023**

**Lomas de Zamora.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Todo camino tiene un final. Y como todos los finales, este también se encuentra atravesado por millones de emociones. Es difícil no mirar atrás y recordar los momentos y las personas que influyeron en la persona que soy hoy en día y compararla con la que ingresó por primera vez a la facultad. Cada persona a la cual le agradezco tendrá por siempre un lugar fundamental en mi vida porque realmente me acompañó en este logro tan importante.

Principalmente quiero agradecer a mi familia, Carlos, María Elena, Gabriel, María Victoria y Cuyen, que me apoyaron desde el comienzo, aconsejando, escuchando, y alentando para mejorar dar lo mejor de mí. Sin ellos no lo podría haber logrado.

A la facultad de Ciencias Agrarias y todos sus docentes por transmitir la cultura del estudio y del trabajo duro. Es un orgullo pertenecer a esta casa y haber adquirido todo el conocimiento y valores que se enseñan.

A mi directora, la ingeniera y magister Ileana Paladino, por la paciencia, compañerismo y su ayuda en todo este proceso definitivo. A mi codirectora, la ingeniera y magister Ana Sokolowski, por acompañarme fundamentalmente en la parte práctica y su predisposición para que el trabajo sea siempre un poco mejor.

A mis compañeros, sin ellos, no tengo certezas de haber terminado este camino, me llevo grandes amistades convertidas en excelentes profesionales.

A mis tíos, primos y abuela, por preocuparse y las palabras de ánimo en cada reunión familiar.

A los productores de Florencio Varela, por abrir las puertas de sus quintas y compartir sus años de experiencia y sus producciones para poder llevar adelante este estudio.

# ÍNDICES

ÍNDICE GENERAL	
NÓMINA DE ABREVIATURAS	5
INDICE DE TABLAS	6
INDICE DE FIGURAS	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. OBJETIVOS	11
2.1. <i>Objetivo general</i>	11
2.2. <i>Objetivos específicos</i>	11
3. HIPÓTESIS	12
3.1. <i>Hipótesis general</i>	12
3.2. <i>Hipótesis específicas</i>	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1. <i>Caracterización del área de estudio</i>	13
4.1.1. Ubicación geográfica	13
4.1.2. Clima	13
4.1.3. Suelo	14
4.1.4. Sistema productivo y enfoques considerados	15
4.2. <i>Diseño del muestreo de suelo</i>	16
4.3. <i>Determinaciones de suelo</i>	17
4.3.1. Determinación del carbono orgánico total por Walkey & Black	18
4.3.2. Determinación de la estabilidad de agregados por Le Bissonnais	19
4.4. <i>Análisis estadístico</i>	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1. <i>Análisis exploratorio de propiedades edáficas</i>	26
5.1.a <i>Carbono orgánico total</i>	26
5.1.b <i>Estabilidad de agregados</i>	27
5.1.c <i>Distribución de tamaño de agregados para cada uso</i>	30
5.1.d <i>Distribución del tamaño de agregados por pretratamiento</i>	32

5.2. <i>Análisis de correlación entre carbono orgánico total y estabilidad de agregados</i>	36
5.3. <i>Análisis discriminante canónico</i>	38
6. <b>CONCLUSIONES</b>	42
7. <b>CONSIDERACIONES FINALES</b>	43
8. <b>BIBLIOGRAFÍA</b>	44

<b>NÓMINA DE ABREVIATURAS</b>	
-------------------------------	--

INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
UNLZ	Universidad Nacional de Lomas de Zamora

## ÍNDICE DE TABLAS

<a href="#">Tabla 1</a> : Clasificación del contenido de carbono orgánico total para el horizonte superficial.	19
<a href="#">Tabla 2</a> : Clases de estabilidad de agregados sobre la base de los valores de DMP después de la desagregación	25
<a href="#">Tabla 3</a> : Carbono orgánico total promedio, máximo, mínimo y desvío según uso del suelo.	26
<a href="#">Tabla 4</a> : Coeficientes de correlación de Pearson	37
<a href="#">Tabla 5</a> : Autovalores de $\text{Inv}(E)H$	38
<a href="#">Tabla 6</a> : Funciones discriminantes - datos estandarizados con las varianzas comunes	39
<a href="#">Tabla 7</a> : Clasificación cruzada	39

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<a href="#">Figura 1:</a> a) Ubicación de la Provincia de Buenos Aires en Argentina; b) Ubicación del partido de Florencio Varela en la Provincia de Buenos Aires.	13
<a href="#">Figura 2:</a> Valores históricos de precipitación media y temperatura media mensual máxima, mínima de Florencio Varela.	14
<a href="#">Figura 3:</a> Sitios de muestreo en Florencio Varela	17
<a href="#">Figura 4:</a> Determinación de carbono orgánico total por Walkey y Black	18
<a href="#">Figura 5:</a> Toma de muestras para determinación de estabilidad de agregados por el método de Le Bissonnais	19
<a href="#">Figura 6:</a> Acondicionamiento de muestras para someter a pretratamientos.	20
<a href="#">Figura 7:</a> Preparación de materiales para realizar los pretratamientos	20
<a href="#">Figura 8:</a> Muestra para pretratamiento Hrap	21
<a href="#">Figura 9:</a> Lavado de la muestra con etanol	21
<a href="#">Figura 10:</a> Muestra en erlenmayer con etanol para pretratamiento Heta	22
<a href="#">Figura 11:</a> Proceso de agitación de la muestra	23
<a href="#">Figura 12 a y b:</a> Realización del pretratamiento Hlen	23
<a href="#">Figura 13:</a> Proceso de tamizado para realizar el análisis de distribución de agregados.	24
<a href="#">Figura 14:</a> Diámetro medio ponderado (mm) para los diferentes pretratamientos y PROME.	27
<a href="#">Figura 15:</a> Distribución del peso parcial según el tamaño de agregados para cada uso de suelo.	30
<a href="#">Figura 16:</a> Distribución de agregados luego del pretratamiento Hrap para los diferentes usos de suelo	32
<a href="#">Figura 17:</a> Distribución de agregados luego del pretratamiento Heta para los diferentes usos de suelo	34
<a href="#">Figura 18:</a> Distribución de agregados luego del pretratamiento Hlen para los diferentes usos de suelo	35
<a href="#">Figura 19:</a> Gráfico de dispersión de observaciones en el espacio discriminante	40

# 1. INTRODUCCIÓN

La horticultura argentina se caracteriza por su amplia distribución geográfica y por la diversidad de especies que produce. Encontramos horticultores en todas las provincias del país y sus sistemas de producción son, en su mayoría, de origen familiar (INET, 2010).

La provincia de Buenos Aires concentra el 20 % de la producción hortícola Argentina (Rivas, 2010). Dentro de dicha provincia, se encuentra el cinturón hortícola del Gran Buenos Aires que abarca una superficie de 5510 km<sup>2</sup>, con una población superior a 4,5 millones de habitantes. En esta zona la superficie destinada a cultivos hortícolas es 16000 ha, con 1550 explotaciones hortícolas (Fernández Lozano, 2012). El área periurbana de la Ciudad de Buenos Aires es el mayor proveedor de verduras de hojas a dicha ciudad y en gran parte de todo el país (García, 2012).

Las características de los suelos y el régimen climático de esta zona producen altos rendimientos en los cultivos, comparados con los de otras zonas (Morello, 2000). Las prácticas de manejo, como las labranzas y la fertilización entre otras, tienen efectos positivos en el corto plazo sobre el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, si se realizan inadecuadamente, podrían perjudicar propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en el largo plazo, repercutiendo de manera directa sobre la sustentabilidad del sistema y el desarrollo de los cultivos (Wyngaard, 2010).

Uno de los problemas más importantes de las producciones hortícolas tradicionales de la zona es la degradación de los suelos. A los laboreos típicos de la producción como: Cincelado o subsolado, pasada de arado rotativo, construcción de lomos, desinfección del suelo y aplicación de cama de pollo previo a la siembra o plantación (Cuellas, 2017), se suman, en los sistemas tradicionales, un paquete de prácticas como el monocultivo y el uso desmedido de fertilizantes e insumos fitosanitarios. Estas prácticas generan numerosos problemas de degradación física, química y biológica de suelos, entre ellos, una marcada disminución de la materia orgánica (Balcaza, 2012).

La materia orgánica del suelo influye tanto en su capacidad para cumplir funciones agrícolas como para cumplir con funciones ambientales. La materia orgánica es la principal determinante de la actividad biológica del suelo e influye

en el ciclado de nutrientes y otras propiedades químicas y físicas. Al aumentar la materia orgánica en un suelo, mejora la agregación y la estabilidad de la estructura lo cual, incrementa la tasa de infiltración y la cantidad de agua disponible para las plantas, así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. También mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes para los vegetales (Andriulo e Irizar, 2017).

Por otro lado, aunque las propiedades físicas del suelo se ven severamente afectadas por la actividad intensiva de la horticultura, son escasas las publicaciones que presentan información sobre esta problemática en producciones hortícolas. El estado de la estructura edáfica es de vital importancia para el funcionamiento del suelo ya que regula el almacenamiento de nutrientes, flujo y almacenamiento de fluidos, lo cual influye en la actividad y desarrollo de los organismos vivos (Angers y Carón, 1998).

Al considerar las propiedades físicas de los suelos, la estabilidad de agregados toma un rol importante ya que reúne las condiciones necesarias para reflejar la degradación física de los suelos y para mostrar como los mismos son afectados según las prácticas de manejo (Orellana y Pilatti, 1994; Lupi y Mórtola, 2017). La medición de la estabilidad de agregados en laboratorio intenta reproducir alguno de los mecanismos de desagregación que se producen en el suelo. Hasta el momento se han identificado cuatro mecanismos de desagregación que involucran la participación de agua (Le Bissonnais, 1996):

- 1- La desagregación por compresión del aire ocluido que origina ruptura de los agregados (estallido).
- 2- El micro agrietamiento por hinchamiento diferencial de las arcillas.
- 3- La desagregación mecánica debida al impacto de las gotas de lluvia.
- 4- La dispersión por procesos físico-químicos (principalmente en suelos sódicos).

Estos mecanismos se diferencian según el tipo de fuerzas involucradas, las propiedades del suelo que controlan el mecanismo, los agregados resultantes de cada mecanismo y la intensidad de disgregación que producen (Le Bissonnais, 1996).

La determinación de la estabilidad de agregados y del carbono orgánico total del suelo (COT) (como medida indirecta de la materia orgánica), junto con otros parámetros, permiten detectar cambios tempranos en su bioquímica, grado

de compactación y otros efectos producidos por impacto antrópico (Alvear *et al.*, 2007).

La población mundial seguirá creciendo y en los próximos 15 años se sumarán unos 1000 millones de habitantes a los 7350 millones que hay actualmente en el planeta, lo cual supondrá mayor demanda de alimentos (INTA, 2016). Esta realidad nos impulsa a buscar la manera de producir alimentos de manera sustentable, preservando la calidad del suelo, cuidando la salud y el ambiente. El enfoque de producción agroecológica responde a estas demandas y, en este sentido, año tras año son más los productores que comienzan la transición hacia la agroecología no sólo en la Argentina, sino también en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

La agroecología utiliza la teoría ecológica para estudiar y gestionar los sistemas agrícolas con el fin de hacerlos más productivos y conservar mejor los recursos naturales. Este enfoque de sistemas completos para el desarrollo de los sistemas agrícolas y alimentarios se basa en una amplia variedad de tecnologías, prácticas e innovaciones, incluyendo el conocimiento local y tradicional, así como la ciencia moderna. Comprendiendo y trabajando con las interacciones entre plantas, animales, seres humanos y el medio ambiente dentro de los sistemas agrícolas, la agroecología abarca múltiples dimensiones del sistema alimentario, incluyendo la ecológica, la económica y la social (FAO, 2015).

El mantenimiento y aumento de la productividad de los sistemas agropecuarios, junto con la conservación de los recursos naturales son hoy uno de los mayores desafíos que deberá enfrentar la humanidad en las próximas décadas. Se requiere desarrollar sistemas agropecuarios que sean económicamente viables, suficientemente productivos, que conserven la base de recursos naturales y preserven la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global (Sarandón y Sarandón, 1993). En este sentido, son muchos los productores y organizaciones de productores que se encuentran en una etapa de “transición agroecológica” en el AMBA hacia el cambio en el paradigma productivo. Para poder monitorear este cambio es necesario generar información de situaciones de campo reales que nos permita reconocer tendencias, evidenciar procesos y conocer relaciones. El presente trabajo de tesis pretende contribuir en esos aspectos.

## **2. OBJETIVOS**

### ***2.1 Objetivo general***

Evaluar el carbono orgánico total y la estabilidad de agregados del suelo en establecimientos hortícolas de Florencio Varela bajo distintos usos.

### ***2.2 Objetivos específicos***

- 1- Analizar de manera exploratoria y clasificar, el contenido de carbono orgánico total y la estabilidad de agregados en distintos tipos de uso del suelo (suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados), en establecimientos hortícolas de Florencio Varela.
- 2- Analizar de manera exploratoria la capacidad de ruptura de agregados de los distintos pretratamientos de la metodología Le Bissonnais (1996), en distintos tipos de uso del suelo (suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados), en establecimientos hortícolas de Florencio Varela.
- 3- Determinar la correlación entre el carbono orgánico total y la estabilidad de agregados en distintos tipos de uso del suelo (suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados), en establecimientos hortícolas de Florencio Varela.
- 4- Identificar la capacidad discriminante entre grupos según el tipo de uso del suelo (suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados) de variables edáficas relacionadas con el carbono orgánico total y con la estabilidad de agregados.

## **3. HIPOTESIS**

### ***3.1 Hipótesis general***

La estabilidad de agregados y el carbono orgánico total son variables que cambian según el uso del suelo en establecimientos hortícolas de Florencio Varela.

### ***3.2 Hipótesis específicas***

1. Cada tipo de uso de suelo (suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados) se asocia con diferentes categorías de clasificación del suelo según su contenido de carbono orgánico total y estabilidad de agregados, en establecimientos hortícolas de Florencio Varela.
2. Los distintos mecanismos de desagregación poseen diferente capacidad de ruptura de agregados en suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados de establecimientos hortícolas de Florencio Varela.
3. Existe una correlación significativa entre la estabilidad de agregados y el carbono orgánico total del suelo en suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados de establecimientos hortícolas de Florencio Varela.
4. La capacidad discriminante, entre grupos según el tipo de uso del suelo (suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados) es diferente en las distintas variables edáficas relacionadas con el carbono orgánico total y con la estabilidad de agregados.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Caracterización del área de estudio

#### 4.1.1 Ubicación geográfica

El estudio se llevó a cabo en el partido de Florencio Varela, localizado en el AMBA ([Figura 1](#)) en la Latitud: -34.7975 y Longitud: -58.2761. El partido se encuentra a 27 km de distancia de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y a 11 km de la costanera de Quilmes.

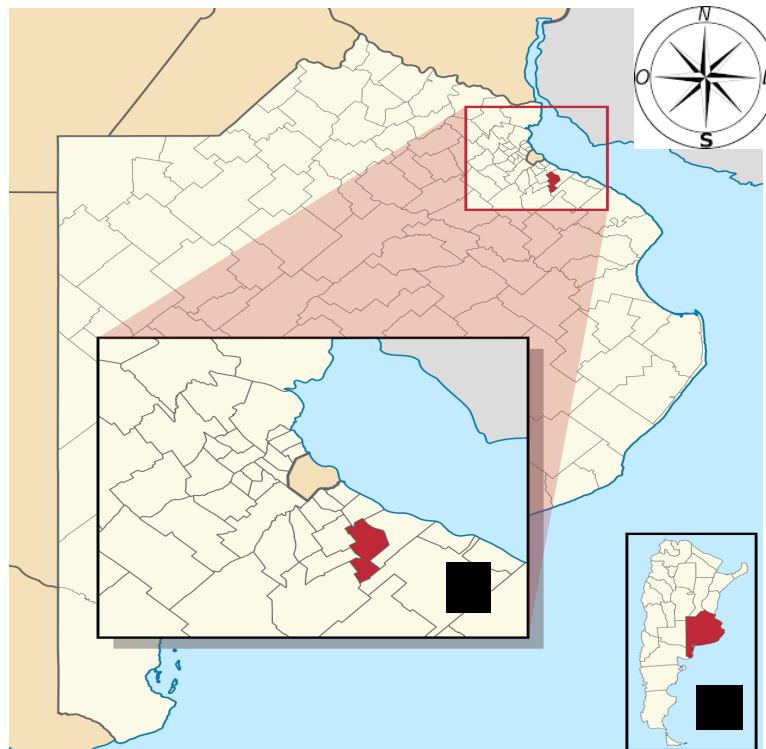


Figura 1: a) Ubicación de la Provincia de Buenos Aires en Argentina; b) Ubicación del partido de Florencio Varela en la Provincia de Buenos Aires. (Fuente: Elaboración propia)

#### 4.1.2 Clima

El clima es templado sin estación seca, con veranos calurosos e inviernos benignos. La temperatura media anual es 16 °C. El período libre de heladas es de 220 días (desde el 20 de octubre hasta el 10 de mayo) (Fernández Lozano, 2012). Con la difusión del uso de invernaderos la influencia de los condicionantes climáticos ha disminuido, pero los extremos de temperatura, elevada humedad relativa del aire y los excesos o déficit de luz, actúan como limitantes climáticas para la producción hortícola.

Las precipitaciones se encuentran entre 850 y 1000 mm anuales, distribuidas de forma más o menos uniforme en las cuatro estaciones. El régimen

de humedad en los suelos zonales es údico. El uso de riego es complementario en las producciones a campo y el agua utilizada para el mismo, se extrae del acuífero ubicado entre 55 a 60 m de profundidad (Fernández Lozano, 2012) (Figura 2).

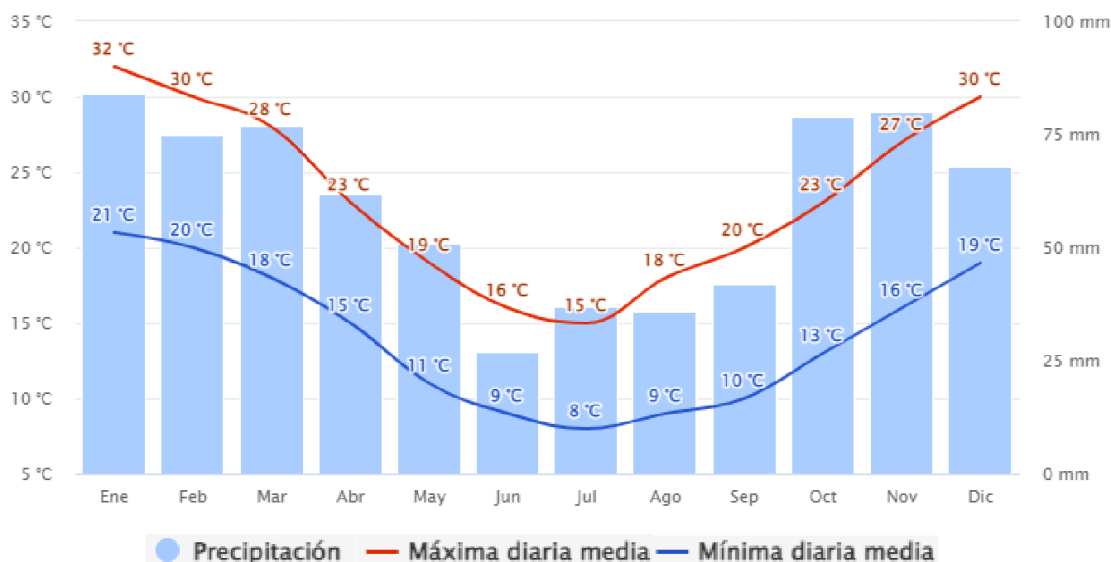


Figura 2: Valores históricos de precipitación media y temperatura media mensual máxima, mínima de Florencio Varela. Fuente: Meteoblue.

### 4.1.3 Suelo

La configuración geológica superficial del AMBA está compuesta por dos unidades: la Pampeana y la Postpampeana. Florencio Varela, se encuentra en su mayor parte, en la Pampeana (Rivas, 2010). Litológicamente están constituidas por limo arenoso arcilloso, calcáreo (loess), de tonalidad castaño clara en seco (Auge, 2006).

Geomorfológicamente, Florencio Varela corresponde a la región Pampa Ondulada, su relieve se caracteriza por suaves ondulaciones de pendientes largas y no muy pronunciadas. Los suelos productivos de la zona son en su mayoría Argiudoles típicos, se ubican en áreas bien drenadas y poseen en su mayoría perfiles desarrollados, con horizontes A oscuros, profundos y bien provistos de materia orgánica. Por debajo subyacen horizontes B con fuertes rasgos de iluviación y presencia de arcillas. Si bien estos suelos son de elevada capacidad productiva, los tenores de arcilla otorgan moderada a baja permeabilidad con elevada plasticidad y adhesividad, principalmente en los horizontes Bt (Giménez *et al.*, 1992). Los suelos de la zona, poseen un elevado contenido de arcillas

desde superficie que se incrementa subsuperficialmente, prevaleciendo la illita (arcilla de baja expansibilidad), y en segundo término la montmorillonita (arcilla expansible) (Hurtado *et al.*, 2006). En el caso específico de los suelos bajo estudio el contenido de arcillas relevado en el horizonte superficial en todos los establecimientos se encuentra en el rango entre 27 % y 42 % (datos no publicados).

#### **4.1.4 Sistema productivo y enfoques considerados**

La mayor superficie está ocupada por la producción a campo, siendo algo más de un 5 % la superficie destinada a producción bajo cubierta, no obstante, la combinación campo-invernadero incluye a una gran proporción de los productores del partido. Generalmente los productores arriendan pequeñas superficies de tierra y pueden tener 1-1,5 ha bajo invernáculos (Fernández Lozano, 2012). Las principales hortalizas cultivadas en invernaderos son, en orden de importancia: *Solanum lycopersicum L.* (tomate), *Espinacea oleracea L.* (espinaca), *Lactuca sativa L.* (lechuga), *Capsicum annun L.* (pimiento), entre otras de menor importancia. En las producciones al aire libre se destacan: *Lactuca sativa L.* (lechuga), *Beta vulgaris L. spp. vulgaris* (acelga), *Espinacea oleracea L.* (espinaca), *Solanum lycopersicum L.* (tomate), *Capsicum annun L.* (pimiento), *Cucurbita máxima var zapallito L.* (zapallito de tronco), *Brassica oleracea italica L.* (brócoli), *Brassica oleracea var capitata L.* (repollo), entre otras (Rivas, 2010).

Los productores hortícolas de la zona bajo estudio, suelen utilizar dos enfoques de producción contrastantes que serán analizados en este trabajo. Dentro del enfoque de producción tradicional, los productores trabajan sin planificación de la huerta, con una baja intensidad de las rotaciones, sin asociaciones de cultivos con una baja diversidad de especies no hortícolas como florales o aromáticas. Utilizan de manera desmedida fertilizantes inorgánicos como fuente de nutrientes para sus cultivos y aplican productos fitosanitarios de origen sintético para controlar plagas y enfermedades, donde los principios activos aplicados no siempre son recomendados para los cultivos hortícolas. Además, realizan una desinfección de suelo previa a la implantación de los cultivos, el desmalezado se realiza manualmente o químicamente y no se suelen dejar los rastrojos de cultivos anteriores. En cuanto a las labranzas, algunos utilizan arado de reja y vertedera o rastra de disco para el laboreo grueso del

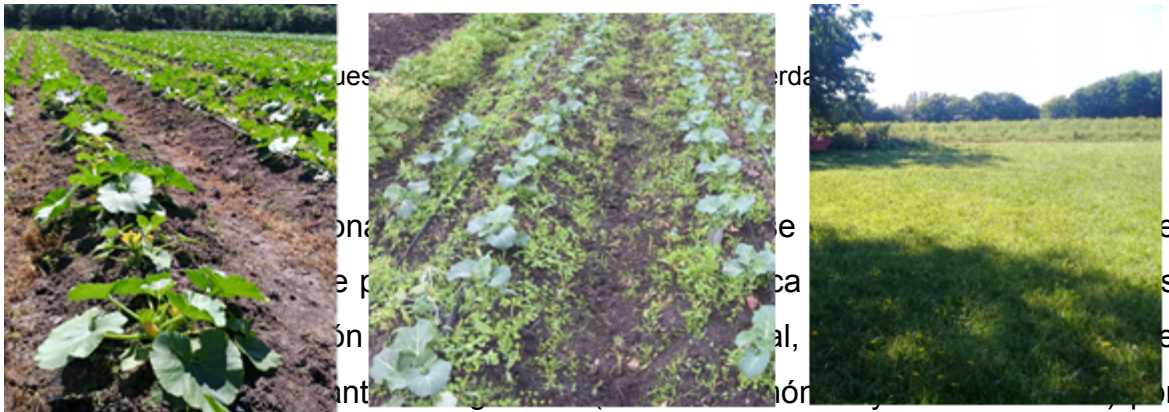
suelo y, el laboreo fino, se realiza utilizando un rotocultivador o motocultivador. Finalmente, se utiliza cama de pollo como enmienda orgánica y como complemento a la fertilización química. La misma, se aplica previo a la siembra de los cultivos y se incorpora con el motocultivador. En la mayoría de los casos no está correctamente compostada (no posee estabilidad ni madurez) ni se conocen sus características.

Por otro lado, bajo el enfoque de producción agroecológica los productores tienen un diseño y planificación de la huerta para el funcionamiento del sistema productivo. Estos consideran al sistema como un gran organismo, el cual es visualizado como un ser vivo, donde cada componente es un órgano del mismo, debiendo estar todo equilibradamente conectado. El objetivo de “diseñar” tiene el propósito de generar las condiciones para que el organismo funcione en base a los principios básicos de la agricultura ecológica, que son mantener y potenciar la biodiversidad. Por ello, además de las rotaciones de cultivos hortícolas dentro de las asociaciones se incluyen especies aromáticas, florales y hasta árboles frutales en las parcelas. El enfoque agroecológico propone un conjunto de prácticas y técnicas que promueven la vida en todo el organismo huerta, promoviendo la fertilidad orgánica de los suelos y mejorando las condiciones físicas, químicas, biológicas. Los laboreos de suelo son similares a los tradicionales y también utilizan cama de pollo en similares condiciones o en menor medida bocashi como enmienda orgánica. El uso de fitosanitarios es mínimo, no se aplican de forma sistemática, sino que se utilizan en alguna situación específica que lo requiera. La cantidad de fertilizantes aplicados por fertirriego son menores. Por otro lado, se utilizan algunos purines o preparados naturales para contrarrestar algunos insectos. En general, el desmalezado es manual o se mantiene parte de las malezas, y además se deja mayor cantidad de rastrojos comparado con el enfoque tradicional.

#### ***4.2 Diseño del muestreo de suelo***

Se tomaron 33 muestras totales de manera aleatoria en distintos establecimientos hortícolas de la zona bajo 3 usos de suelo. Los usos correspondieron a: suelos trabajados con enfoque de producción tradicional (T), suelos trabajados con enfoque de producción agroecológico (A) y suelos no

trabajados (NT) (Figura 3). Se muestrearon suelos de once parcelas (en distintos establecimientos) trabajadas con enfoque tradicional, con un historial de más de 20 años de horticultura. Otras once muestras fueron tomadas en establecimientos que desde hace entre 3 a 6 años, trabajan bajo un enfoque agroecológico, al menos en las once parcelas que fueron muestreadas. Estas últimas provenían de sistemas de producción hortícola con más de 20 años con enfoque tradicional. Las once muestras restantes, fueron tomadas en suelos no trabajados, dentro de los mismos establecimientos bajo estudio, en sitios que no han sido laboreados, cultivados, ni intervenidos antrópicamente durante mínimamente los últimos 20 años y poseen en superficie la típica cobertura con especies naturalizadas de la zona.



fertirriego, próximo a la siembra o plantación.

### **4.3 Determinaciones de suelo**

Sobre muestras de suelos tomadas, de 0 a 10 cm de profundidad, se determinó: el COT por el método de combustión húmeda de Walkley-Black (Jackson, 1964) y la estabilidad de agregados por el método de Le Bissonais (1996). La determinación del COT se realizó en una muestra compuesta por 15 submuestras de cada parcela. En el caso de la estabilidad de agregados, se sacaron tres muestras de cada parcela con pala y sin disturbar. Las mismas se mezclaron y homogeneizaron delicadamente para formar una muestra compuesta por cada parcela.

#### **4.3.1 Determinación del carbono orgánico total por Walkley-Black**

La técnica, consiste en someter una cantidad de suelo seco y tamizado a la acción oxidante de un exceso de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en medio de

ácido sulfúrico concentrado al 98 % ( $H_2SO_4$ ). El dicromato residual fue titulado con una sal ferrosa valorada y por diferencia fue calculado el carbono orgánico oxidado en estas condiciones. Este método no oxida completamente a la materia orgánica sino a la fracción más lábil. Se pesó y registró exactamente entre 100-120 mg de suelo seco y tamizado por 0,5 mm en tubo de ensayo. Se agregó con micro pipeta 1,5 ml de  $K_2Cr_2O_7$  1N (49,04 g de  $K_2Cr_2O_7$  disueltos en agua destilada y se llevó a 1000 ml en matraz aforado con agua destilada). Luego se agregaron 3 ml de  $H_2SO_4$  concentrado y se mezcló suavemente con movimiento de rotación. Se dejó en reposo durante 20 minutos a temperatura ambiente (18-22 °C) colocando los tubos dentro de una caja de telgopor para mantener la temperatura y evitar la pérdida de calor. Pasado el tiempo se agregó agua destilada hasta la mitad del tubo, se agitó y dejó enfriar en heladera durante 20 minutos. Antes de titular se agregaron 3 gotas de indicador Ferroína previamente homogeneizado, se mantuvo la agitación con un agitador de pecera hasta viraje del color (punto final rojo) (Figura 4). La titulación se realizó con sulfato ferroso o Sal de Mohr 0,3 N (se disolvieron 58,83 g de sal de Mohr en 100 ml de agua destilada y 10 ml  $H_2SO_4$  y se llevó a 500 ml con agua destilada, conservando en frasco de vidrio color caramelo para evitar su descomposición). Durante la titulación se mantuvo agitación constante mediante las burbujas producidas por el aireador, realizando simultáneamente ensayos en blanco. El COT se expresó en porcentaje (%).

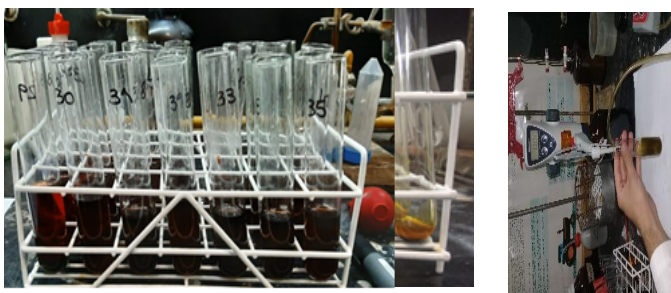


Figura 4: Determinación de carbono orgánico total por Walkley-Black

Los resultados fueron comparados con la escala de clasificación para suelos hortícolas según su contenido de COT propuesta por Vázquez y Terminello (2008) (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación del contenido de carbono orgánico total para el horizonte superficial.

Rango COT	Interpretación
< 1,5 %	Altamente desprovisto
1,5 - 2,5%	Pobremente provisto
2,5 - 4,5 %	Moderadamente provisto
4,5 - 6,5 %	Bien provisto
> 6,5 %	Muy bien provisto

COT: carbono orgánico total. Tomado de Vázquez y Terminello, 2008.

#### 4.3.2 Determinación de la estabilidad de agregados por Le Bissonnais:

Para la extracción, se utilizó una pala de punta y una bolsa de polietileno. En ella se depositaron entre 1,5 y 2 kg de suelo con la precaución de mantener su estructura original (Figura 5).



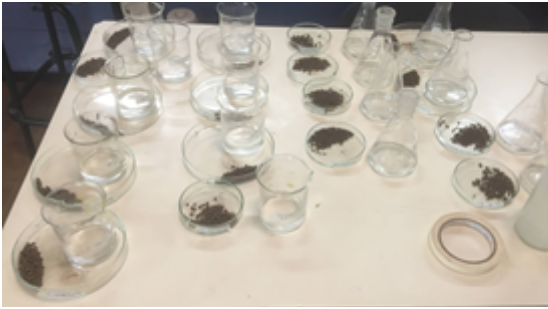
Las muestras de suelo para la determinación de estabilidad de agregados por el método de Le Bissonnais fueron transportadas en cajas rígidas de telgopor al laboratorio. Allí se descubrieron para su secado al aire libre a capacidad de campo. Cuando se alcanzó la capacidad de campo, las muestras pertenecientes a la misma parcela se fragmentaron en pedruzcos cada vez más pequeños hasta alcanzar un diámetro de 3 mm. Los agregados de 3 y 5 mm y los que quedaron al aire hasta alcanzar una humedad constante. Previo al comienzo de los pretratamientos, se dejaron secar a temperatura ambiente para homogeneizar el contenido de humedad (Figura 6).



Figura 6: Acondicionamiento de muestras para someter a pretratamientos.

### Pretratamientos:

El método consiste en someter, entre 5-10 g de agregados homogeneizados, a tres pretratamientos de laboratorio para el cálculo del diámetro medio ponderado (DMP) y estimar la estabilidad de agregados (EA) de los mismos ([Figura 7](#)).



ales para realizar los pretratamientos.

Identificar la acción de distintos mecanismos que pueden reproducir el comportamiento de los agregados en las condiciones hídricas en los que puede ocurrir la desagregación bajo lluvias naturales de distinta intensidad.

#### *1) Humectación rápida por inmersión en agua (Hrap)*

El pretratamiento de humedecimiento rápido por inmersión en agua (Hrap) en un suelo seco, permite identificar el estallido, como mecanismo de desagregación que se produce al sumergir los agregados en agua destilada ([Figura 8](#)).

#### Procedimiento:

- a) Se pesaron 6 gr de agregados de 3-5 mm (peso inicial).
- b) Se colocaron 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitados y luego se vertieron los agregados.
- c) Se dejó reposar 10 minutos y se realizó la observación visual de la desintegración.



Figura 8: Muestra para pretratamiento Hrap. peso de agua.

los agregados a un tamiz de 0,05 mm para su posterior ([Figura 9](#)).



Figura 9: Lavado de la muestra con etanol

2) *Disgregación mecánica por agitación después de prehumectación en etanol (Heta)*

Este pretratamiento pretende poner a prueba la cohesión de los materiales independizándose del estallido a partir de una humectación previa. Esto se logra gracias al uso de un líquido polar y miscible con el agua como el etanol. Este pretratamiento simula el efecto que ocurre al impactar las gotas de lluvia sobre el suelo, de esta manera se evalúa el fraccionamiento por disgregación mecánica. Procedimiento:

- a) Se pesaron 6 gr de agregados de 3-5 mm.
- b) Se colocaron 50 ml de etanol en un vaso de precipitados y luego se vertieron sobre los agregados.
- c) Se dejó reposar 3 minutos y luego se evacuó el exceso de etanol.
- d) Se vertió 50 ml de agua destilada en un erlenmeyer y se traspasaron los agregados [\(Figura 10\)](#).



Se muestra en erlenmeyer con etanol para pretratamiento Heta del agua destilada a 250 ml. Se agita el erlenmeyer haciendo movimiento rollover 10 veces. El rollover consiste en sostener con la palma de una mano la base y con la otra el cuello del Erlenmeyer. Luego se extienden los brazos a la altura de los hombros y se realizó un movimiento de vaivén hacia la derecha y luego a la izquierda. Este movimiento tiene la finalidad de homogeneizar bien la muestra, dado que la agitación se realiza con fuerza.

- f) Se dejó reposar 30 minutos observándose decantación [\(Figura 11\)](#).
- g) Se eliminó el exceso de agua.
- h) Se transfirieron los agregados a un tamiz de 0,05 mm para su posterior tamizado en alcohol.



Figura 11: Proceso de agitación de la muestra

*Humectación por capilaridad (Hlen)*

El procedimiento de humedecimiento lento (Hlen) la fuerza involucrada es la presión interna producida por el hinchamiento diferencial

de las arcillas, que produce el microagrietamiento del agregado (Le Bissonnais, 1996).

Procedimiento:

- a) Se pesaron 6 gr de agregados de 3-5 mm (peso inicial).
- b) Se dispusieron los agregados sobre un papel de filtro, colocados sobre un material absorbente (esponja) parcialmente sumergido en una lámina de agua de 3 cm, que asciende por capilaridad humedeciendo al papel de filtro y a la muestra [\(Figura 12\)](#).
- c) Se esperó a que se produzca la humectación de los agregados por 60 minutos.
- d) Se transfirieron los agregados a un tamiz de 0,05 mm para su posterior tamizado en alcohol.



a b  
Figura 12 a y b: Realización del pretratamiento Hlen

#### Determinación del tamaño de los agregados:

Una parte del ensayo es determinar el resultado de la desagregación causada por los pretratamientos evitando al máximo cualquier otra desintegración. El procedimiento fue idéntico para los tres pretratamientos y se hizo en dos etapas.

- Etapa 1: Las muestras dispuestas en el tamiz de 0,05 mm luego de cada uno de los pretratamientos, se tamizaron en etanol para lograr una primera separación de tamaños. Este procedimiento se llevó a cabo con el agitador de Feodoroff. El agitador de Feodoroff, consta de un soporte (brazo) que sostiene el tamiz con la muestra. El agitador realiza un movimiento helicoidal vertical sumergiéndolo en el etanol provocando la humectación de la muestra.
- Etapa 2: Se recuperó la fracción mayor a 0,05 mm en un vaso de vidrio y se la secó a 40° C durante 48 horas para luego tamizarla en una columna de seis tamices con el fin de lograr la distribución de agregados para los tamaños: > 2 mm, 2-1 mm, 1-0,5 mm, 0,5-0,2 mm, 0,2-0,1 mm y 0,1-0,05 mm. El tamizado se logró mediante el movimiento manual de giro (a la altura de los hombros) en plano horizontal y vertical repitiendo el movimiento 20 veces. De este último tamizado se recuperaron las distintas fracciones retenidas en cada tamiz para ser pesadas [\(Figura 13\)](#).



se tamizado para realizar el análisis de distribución de agregados.

Después de pasar cada una de las fracciones retenidas en cada tamiz, el peso de la fracción menor a 0,05 mm se obtuvo mediante la diferencia entre el peso de la muestra y el peso de la sumatoria de todas las fracciones retenidas en los diferentes tamices. Luego, se calculó el porcentaje de cada fracción respecto al peso inicial obteniéndose una distribución de frecuencias.

Posteriormente se procedió al cálculo del diámetro medio ponderado (DMP). El DMP representa el tamaño promedio de los agregados resultante luego de la desagregación; a mayor DMP, mayor es la estabilidad de agregados. El DMP se obtiene ponderado el valor del diámetro medio de cada fracción por el peso del material recuperado en cada tamiz mediante la siguiente fórmula:

$$DMP = \frac{(3,5mm \times [\% > 2mm]) + (1,5mm \times [\% 1 - 2mm]) + (0,75mm \times [0,5\% - 1mm]) + (0,35mm \times [0,2\% - 0,5mm]) + (0,15mm \times [\% 0,1 - 0,2mm - 0,5mm]) + (0,075mm \times [\% 0,05 - 0,1mm]) + (0,025mm \times [\% < 0,05 - 0,1mm])}{100}$$

Finalmente se calculó el índice promedio (PROME) de los DMP de los tres pretratamientos obteniéndose un valor de síntesis de la estabilidad de los agregados, que resume la información obtenida en los pretratamientos evaluados. Los resultados fueron comparados con la escala de “Clases de estabilidad” propuesta por Le Bissonnais (1996) ([Tabla 2](#)).

Tabla 2: Clases de estabilidad de agregados sobre la base de los valores de DMP después de la desagregación

DMP (mm)	Estabilidad
menor 0,4	Muy inestable
0,4 - 0,8	Inestable
0,8 - 1,3	Moderadamente estable
1,3 - 2,0	Estable
mayor a 2,0	Muy estable

DMP: Diámetro medio ponderado. Tomado de Le Bissonnais, (1996).

#### **4.4 Análisis estadístico**

Se efectuaron medidas de estadística descriptiva. La relación entre el COT y la estabilidad de agregados se evaluó estadísticamente mediante un análisis de correlación y se realizó un análisis de discriminante usando el paquete estadístico Infostat 2013 (Di Rienzo *et al.*, 2012).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Análisis exploratorio de propiedades edáficas

#### 5.1.a Carbono orgánico total

En la [Tabla 3](#) se presentan, para cada uso del suelo, los resultados del análisis exploratorio respecto al contenido de carbono orgánico total del suelo.

Tabla 3: Carbono orgánico total promedio, máximo, mínimo y desvío según uso del suelo.

	% COT NT	% COT A	% COT T
Promedio	3,54	1,81	1,60
Valor máximo	4,72	2,86	1,90
Valor mínimo	2,30	1,46	0,85
Desvío	0,60	0,41	0,27

COT: carbono orgánico total; NT: suelos no trabajados; A: suelos trabajados con enfoque de producción agroecológico; T: suelos trabajados con enfoque de producción tradicional.

De acuerdo a los valores encontrados en COT, tanto los suelos trabajados bajo enfoque de producción tradicional como los suelos trabajados bajo enfoque de producción agroecológica se clasificaron como pobremente provistos. Por otro lado, los suelos no trabajados se clasificaron como moderadamente provistos ([Tabla 2](#)).

El valor promedio de COT de suelos no trabajados resultó ser 95,5 % más alto que los valores encontrados en suelos trabajados bajo enfoque de producción agroecológica y 121 % más alto que los valores encontrados en suelos trabajados bajo enfoque de producción tradicional. Las prácticas de manejo de cultivos y del suelo permiten regular el aporte y determinar el resultado del balance carbono (Domínguez y Studdert, 2006). Por un lado, la extracción de materia seca durante las cosechas, el rendimiento, la especie, entre otras variables, afectan directamente la cantidad de carbono que ingresa al suelo. El laboreo convencional resulta en una mayor tasa de mineralización del carbono orgánico y una pérdida neta de carbono en el suelo. En contraste, sistemas de laboreo reducido o no laboreo promueven una mayor estabilidad de los agregados del suelo y protegen la materia orgánica de la degradación, lo que resulta en una menor tasa de mineralización de carbono y una mayor retención de carbono en el suelo (Smith *et al.*, 2016). En este estudio, los valores de COT promedio encontrados en suelos

no trabajados, podrían ser atribuidos a la presencia de cobertura constante, siendo el aporte de carbono al suelo es continuo. Asimismo, no existe extracción de materia seca y no se realizan laboreos. Roldán (2012), encontró que el contenido de COT en suelos cultivados fue menor que en los suelos prístinos o pseudo prístinos. Numerosos autores observaron que las caídas del contenido de COT al cultivar suelos vírgenes se deben a cambios en el contenido de carbono orgánico particulado (Campbell y Souster, 1982; Pikul *et al.*, 2007).

### 5.1.b Estabilidad de agregados

Los valores de PROME permiten diferenciar clases de estabilidad. La estabilidad del suelo aumenta a medida que los valores de diámetro medio ponderado se incrementan (Taboada-Castro *et al.*, 2011). En la [Figura 14](#) se presentan, para cada uso del suelo, los resultados del análisis exploratorio respecto a los valores de diámetro medio ponderado de cada pretratamiento y el PROME, expresados en mm.

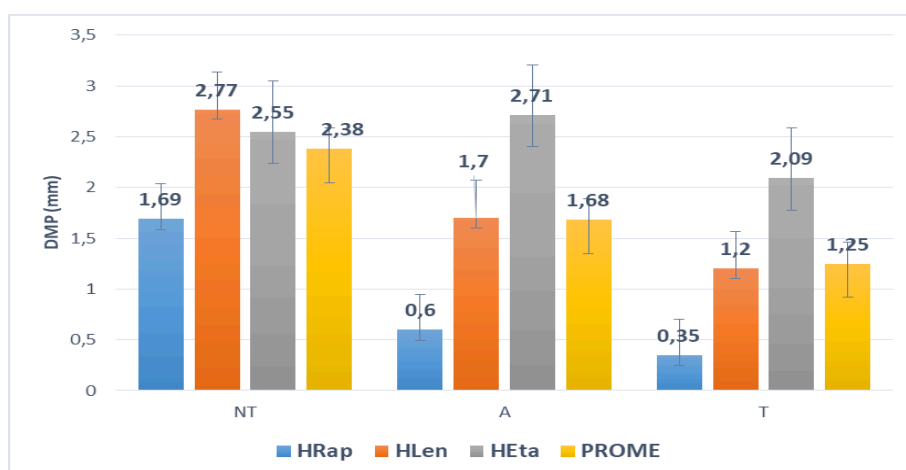


Figura 14: Diámetro medio ponderado (mm) para los diferentes pretratamientos y PROME. Hrap: humectación rápida por inmersión en agua, Heta: disgregación mecánica por agitación después de prehumectación en etanol y Hlen: humectación lenta por capilaridad; PROME: promedio de la estabilidad de agregados; NT: suelos no trabajados; A: suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica; T: suelos trabajados con enfoque de producción tradicional. Líneas verticales sobre las barras señalan el desvío estándar.

Según los valores encontrados en PROME, los suelos no trabajados se clasificaron dentro del rango de suelos muy estables. En el caso de los suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica, estos se ubicaron dentro

del rango de suelos estables y, los suelos trabajados con enfoque de producción se clasificaron dentro del rango de moderadamente estables ([Tabla 2](#)).

En este caso, el valor de DMP para PROME de los suelos no trabajados es 41,6 % más alto que el valor encontrado en suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y 90,4 % más alto que el valor encontrado en suelos trabajados con enfoque de producción tradicional. Estos valores encontrados en suelos no trabajados, podrían estar justificados por la falta de intervención antrópica (sin laboreos, ni extracción de materia orgánica y bajo condiciones de vegetación natural), es decir, provienen de un equilibrio semejante al de un campo natural, con cobertura vegetal continua, aporte de materia orgánica y consecuentemente mayores contenidos de carbono orgánico total del suelo. Como se vio en el punto anterior, los suelos no trabajados fueron clasificados como moderadamente provistos de COT; variable generalmente relacionada con el incremento de la estabilidad de agregados (Le Bissonnais, 1989; Dimoyiannis *et al.*, 1998; Taboada-Castro *et al.*, 2011) ya que los agentes orgánicos contribuyen con la formación de agregados. La actividad de los microorganismos, particularmente hongos y bacterias, es otro de los factores importantes en la agregación del suelo debido a que generan sustancias cementantes, haciendo los agregados más estables al agua (González-Chávez *et al.*, 2004). En un suelo sin intervención antrópica, se genera un ambiente natural que permite el desarrollo de un entramado radical voluminoso, una biota edáfica rica y un incremento constante de la materia orgánica, lo cual contribuye significativamente al aumento de la estabilidad de agregados. Investigaciones de Lehmann *et al.* (2017) y Lal (2016) enfatizan la relevancia de la materia orgánica en la mejora de la estabilidad de agregados y su capacidad para retener carbono. Asimismo, estudios de Six *et al.* (2004) y Tecon y Or (2017) destacan la importancia de los procesos biológicos y la biodiversidad microbiana en la formación de agregados estables en el suelo.

Por otro lado, al analizar Hrap, los valores de los suelos no trabajados resultaron ser 181,6 % más alto que los valores de los suelos trabajados bajo enfoque de producción agroecológica y 382,8 % más alto que los valores de los suelos trabajados bajo enfoque de producción tradicional. Estos resultados coinciden con los de Gilardino *et al.* (2016) y los de Rodríguez *et al.* (2014), quienes trabajaron con *Argiacoles* vérticos. Ambos estudios concluyeron que el estallido es el mecanismo más efectivo para destruir la estructura del suelo y que

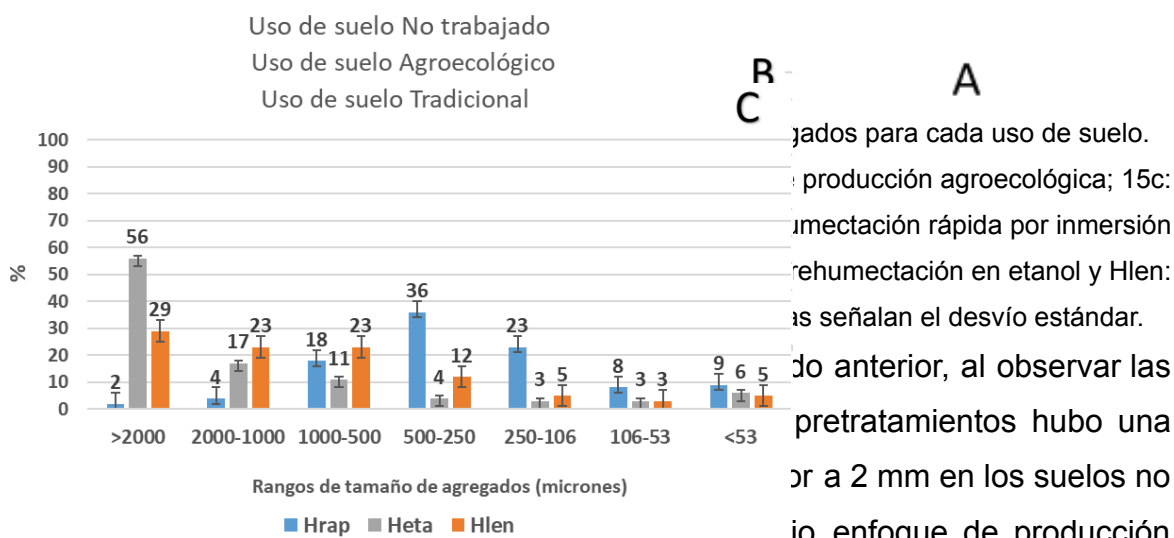
Hrap es la variable más sensible para detectar pérdida de estabilidad de agregados en suelos con diferentes manejos. También Paladino (2012), en Hapludoles énticos, con texturas franco arenosas, y Rubio *et al.* (2019) trabajando con Molisoles de distinta textura, encontraron que Hrap fue el pretratamiento que mayor desagregación causó.

En relación a Heta, Paladino (2012), en suelos de texturas franco arenosas, encontró que este mecanismo causó importante desagregación en las situaciones evaluadas. Por su parte, los resultados de Taboada-Castro *et al.* (2011), quienes trabajaron con suelos de textura gruesa, muestran que el Heta fue incluso más disruptivo que Hrap. Contrariamente, en los suelos aquí estudiados, dicho mecanismo, provocó escasa disgregación mecánica, siendo en términos relativos, el pretratamiento que menor disgregación causó tanto para suelos trabajados bajo enfoque agroecológico como bajo enfoque tradicional ([Figura 14](#)). Esto se aprecia al observar que los valores de Heta en los suelos no trabajados resultaron ser 5,9% más bajos que los valores de suelos trabajados bajo enfoque de producción agroecológica y 22 % más altos que los valores de los suelos trabajados bajo enfoque de producción tradicional. Es decir, los valores son bastante similares para los tres usos. Estos resultados posiblemente se deban al contenido de arcillas de los suelos estudiados, que se encuentra entre 27 % y 42 % en el horizonte superficial (datos no publicados). Las arcillas otorgan cohesión a los agregados, independientemente del enfoque analizado.

Los valores de Hlen en los suelos no trabajados resultaron ser 62,9 % más altos que los valores de suelos trabajados bajo enfoque de producción agroecológica y 130,8 % más altos que los valores de los suelos trabajados bajo enfoque de producción tradicional. En el caso del pretratamiento Hlen, Paladino (2012), trabajando en suelos arenosos con menos de 17 % de arcilla, encontró muy poca disgregación producida por micro agrietamiento por expansión diferencial, lo cual es esperable cuando la proporción de arcillas expansibles es escasa. En el presente estudio, el pretratamiento Hlen tuvo mayor relevancia dado el mayor contenido de arcillas de los suelos.

### 5.1.c Distribución de tamaño de agregados para cada uso

En la [Figura 15](#), se presenta la distribución de frecuencias del tamaño de los agregados resultantes después de la aplicación de los tres pretratamientos, para los suelos no trabajados; los suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y los suelos trabajados con enfoque de producción tradicional.



Como se puede apreciar, los suelos no trabajados bajo enfoque de producción tradicional tuvieron la menor concentración de agregados en la fracción mayor a 2 mm para todos los pretratamientos. Si bien estos resultados son exploratorios, se pueden apreciar tendencias marcadas.

Según Paul y Clark (1996), la aplicación de fertilizantes aumenta las poblaciones microbianas y, debido a la disminución de la relación C/N, éstas consumen carbono del humus como fuente de energía. Este mecanismo sería una de las causas por las cuales suelos, con cultivos fertilizados de manera permanente, van perdiendo la reserva de materia orgánica lo cual podría causar descensos en la estabilidad de agregados. Por otro lado, la micorrización también es importante en la estabilidad de los agregados. Lozano Sánchez (2015), evaluó la presencia de hongos formadores de micorrizas y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos. En los establecimientos con manejos agroecológicos se dieron las características adecuadas para sustentar una mayor densidad de esporas de micorrizas. También, encontró una relación positiva entre estructura de suelo y densidad de esporas micorríticas lo cual sugiere que éstas tienen un papel fundamental para generar más agregación y estabilidad. En los suelos bajo estudio, es necesario

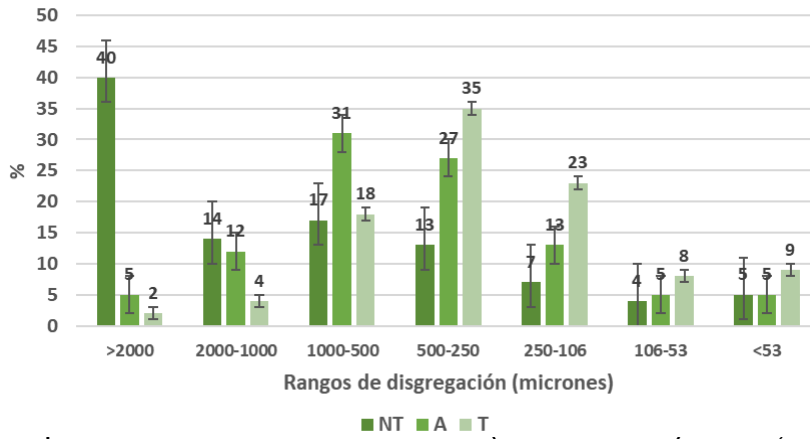
realizar estudios específicos para determinar si existen variaciones en relación a la biota del suelo.

Por otro lado, el manejo realizado en suelos cultivados bajo enfoque agroecológico, incorpora una mayor diversidad en la rotación de cultivos; una cobertura con rastrojos y asociaciones de cultivos hortícolas con especies florales, aromáticas y frutales aumentando la biodiversidad y maximizando la presencia radicular en un mayor volumen de suelo. Asimismo, un menor control de malezas aumenta la cobertura del suelo y el volumen radicular. La incorporación de residuos de malezas y de cultivos antecesores mantiene una adecuada cantidad de agentes orgánicos de agregación que son requeridos para la formación de agregados. La aplicación de enmiendas orgánicas y la utilización de productos aprobados para este tipo de producciones favorecerían el incremento del carbono orgánico total e incidirían sobre la estabilidad de agregados. Las prácticas productivas llevadas a cabo en este enfoque explicarían la tendencia positiva hacia agregados de mayor tamaño. Contrariamente, en el enfoque tradicional, la menor diversidad de cultivos, la menor incorporación de residuos, la desinfección de suelos con productos que dañan a los microorganismos edáficos y el uso de fitosanitarios que no se encuentran recomendados para muchos de los cultivos, podrían afectar y generar tendencias negativas sobre el COT y sobre la estabilidad de agregados.

#### ***5.1.d Distribución del tamaño de agregados por pretratamiento***

Respecto al pretratamiento Hrap, se observaron dos comportamientos marcados. En los suelos no trabajados hubo una mayor cantidad de agregados en la fracción mayor a 2 mm observándose una distribución similar a un modelo chi cuadrado. En los suelos trabajados con ambos enfoques, se observó una distribución a modo de campana de Gauss. Para el caso de los suelos trabajados con enfoque de producción agroecológico los agregados se concentraron en los rangos 1-0,5 mm y 0,5-0,025 mm y los suelos trabajados bajo enfoque tradicional concentraron los agregados en las fracciones entre 0,5-0,025 mm y 0,025-0,0106 mm ([Figura 16](#)), es decir, en suelos bajo enfoque agroecológico los agregados se concentraron en fracciones más grandes que en el enfoque tradicional. Es interesante evidenciar los distintos valores de la concentración de agregados de

mayor tamaño. En el caso de los suelos no trabajados la concentración de agregados en la fracción mayor a 2 mm, tuvo un valor de 40 %. En los suelos trabajados bajo enfoque agroecológico fue 5 % y para suelos trabajados bajo enfoque tradicional 2 %.

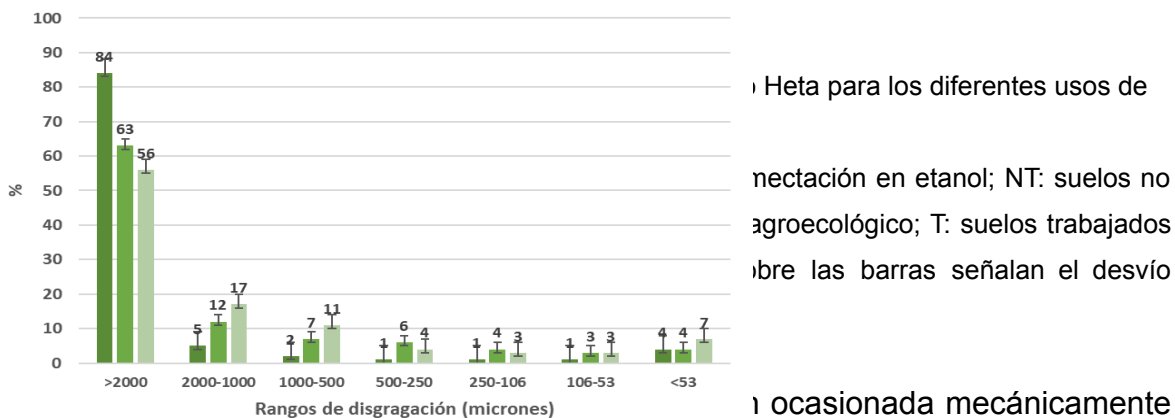


para los diferentes usos de  
 trabajados; A: suelos trabajados  
 con enfoque de producción  
 ar.  
 de los poros de los  
 mismos, es la fuerza  
 57; Boiffin, 1984). Las

propiedades del suelo que lo controlan son: la porosidad, la capacidad y tasa de humectación y la cohesión interna de los agregados. El resultado de este pretratamiento es un mayor porcentaje de agregados de pequeño tamaño, ya que la intensidad en la disgregación es alta (Le Bissonnais, 1996). Furlán (2011), aplicó el pretratamiento Hrap en suelos con cultivos de cobertura en comparación con un monocultivo de soja con un barbecho de invierno, durante cuatro años bajo siembra directa. Encontró una tendencia general hacia mayor proporción de agregados grandes (mayor a 2 mm) en los suelos con cultivo de cobertura. Esto podría relacionarse a que el suministro constante de residuos de cosecha mantiene una adecuada cantidad de agentes orgánicos de agregación requeridos para la formación de agregados, por lo cual, podría inferirse que aquellas prácticas de manejo que mejoren la cantidad y calidad de materia orgánica, contribuyen a mejorar la estabilidad de la estructura frente al mecanismo de desagregación por estallido (Furlán, 2011).

El pretratamiento Heta generó que los agregados se concentraran en la fracción mayor a 2 mm en todos los usos del suelo, observándose una distribución similar a una curva chi cuadrado. La diferencia entre ellos es la intensidad de desagregación. Existe un 25 % y 33,3 % menos de concentración de agregados en el rango mayor a 2 mm en los suelos trabajados con enfoque agroecológico y con enfoque tradicional, respectivamente, en relación a los suelos no trabajados. Los mismos se distribuyen en rangos de menor tamaño (Figura

17). Por otro lado, si bien el enfoque agroecológico acumuló un 12 % más de agregados mayores a 2 mm que el enfoque tradicional, los valores de acumulación de agregados en las distintas fracciones tienen una tendencia similar para ambos enfoques de producción para este pretratamiento.

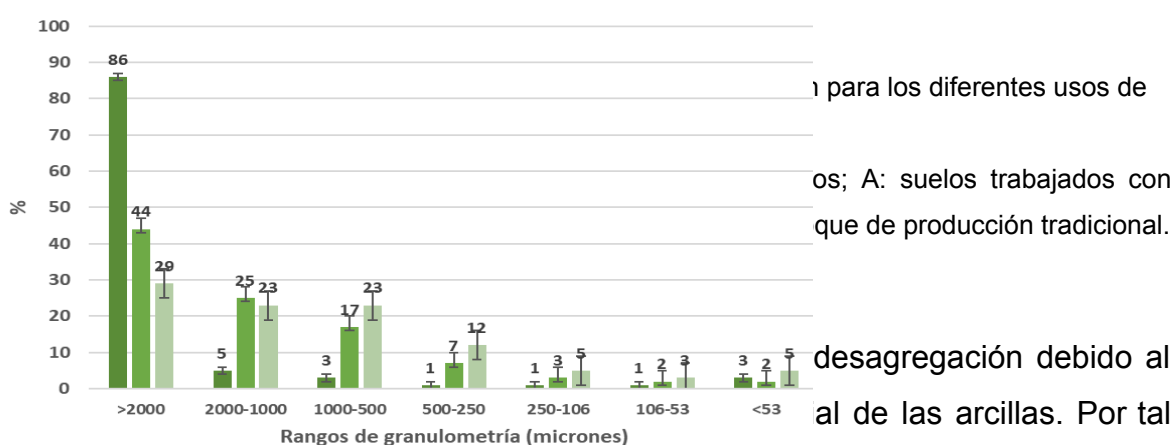


ocasionada mecánicamente por el impacto de la gota de lluvia. La humectación previa con etanol pretende poner a prueba la cohesión mecánica aportada por el contenido de arcilla y materia orgánica independizándose del estallido, al remover el aire dentro de los poros (Orellana y Pilatti, 1994). Este mecanismo de desagregación juega un rol dominante en suelos prehumedecidos porque los agregados son más débiles (Le Bissonnais, 1996). Asimismo, el efecto que genera este mecanismo en el campo va a depender en gran medida de la cobertura vegetal que protege a la superficie del suelo del impacto de la gota de lluvia. Bajo siembra directa se produce menor disgregación mecánica, debido a la presencia de vegetación que protege la superficie del suelo (Gabioud *et al.*, 2011). Además, este tipo de labranza, favorece el mantenimiento de un nivel adecuado de materia orgánica en el suelo que actúa como sustancia ligante de las partículas minerales incidiendo en la obtención de un mayor porcentaje de agregados estables (Sanzano *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2014).

En términos relativos, puede decirse que la capacidad de ruptura de agregados de este pretratamiento es muy baja en estos suelos a diferencia de lo encontrado por Taboada-Castro *et al.* (2011), quienes evaluaron en suelos de textura gruesa, los tres pretratamientos en tres usos de suelo y en todos los casos el pretratamiento Heta fue el que mayor desagregación causó. La desagregación mecánica es el mecanismo de fragmentación que predomina en suelos con baja cohesión, debido a las débiles interacciones entre componentes de la fracción coloidal. Este no es el caso de los suelos aquí estudiados, los cuales poseen

abundante arcilla y elevada cohesión por lo cual, el Heta no fue muy disruptivo en ningún uso de suelo (Figura 17).

En el caso del pretratamiento Hlen, los suelos con enfoque de producción agroecológico responden a una distribución chi cuadrado, al igual que los suelos no trabajados (Figura 18). Para los suelos con enfoque de producción tradicional, la distribución es más homogénea en todos los rangos de tamaño de agregados. En el rango de más de 2 mm encontramos un 66 % y un 51 % menos de concentración de agregados en los suelos trabajados con enfoque tradicional y en los suelos trabajados con enfoque agroecológico, respectivamente, con respecto a los suelos no trabajados.



desagregación debido al al de las arcillas. Por tal motivo, cuanto mayor sea el contenido de arcillas (predominantemente esmectitas), mayor será el microagrietamiento de los agregados. Este pretratamiento responde a una condición de humedecimiento bajo lluvia poco intensa y continua. La intensidad de disgregación es limitada y controlada por el potencial de hinchamiento del agregado, las condiciones de humedecimiento y la cohesión. El microagrietamiento por expansión diferencial de las arcillas aumenta con mayor contenido de las mismas (Le Bissonnais, 1996). Dentro de la fracción arcilla del suelo, es importante la cantidad y el tipo de arcillas. Al aumentar las arcillas expansivas aumenta la ruptura de agregados por expansión diferencial (Amézketa, 1999). Si bien el contenido de arcillas que generan la desagregación por microagrietamiento es similar para todos los tipos de uso del suelo, en el caso de los suelos no trabajados los altos valores de COT, podrían “proteger” a los agregados del microagrietamiento causado por hinchamiento diferencial de arcillas. La elevada correlación entre carbono orgánico total del suelo y Hlen se presenta en el siguiente apartado (Tabla 4). La misma tendencia siguen los suelos trabajados bajo enfoque agroecológico.

### 5.3 Análisis de correlación entre carbono orgánico total y estabilidad de agregados

A partir del trabajo de Ferreras *et al.* (2007) y reforzando con el trabajo de Gabioud *et al.* (2011) donde analizan la estabilidad de agregados por Le Bissonnais y su relación con el COT, puede inferirse que el rol de la materia orgánica es ambiguo, ya que puede ser tanto agente dispersante como floculante, favoreciendo sólo en este último caso a la estabilidad de agregados. En este sentido, el papel de la materia orgánica en relación a la estabilidad de agregados todavía está sujeto a controversias y debe tenerse presente el rol de diferentes agentes de agregación en los diferentes suelos (Gabioud *et al.*, 2011).

En la [Tabla 4](#) se presentan los resultados de correlación entre el COT, los diversos pretratamientos y el PROME independientemente del uso del suelo.

Tabla 4: Valores de los coeficientes de correlación de Pearson y su nivel de significancia para las variables de suelo evaluadas.

	Hrap	Heta	Hlen	PROME	% COT
Hrap	1	2,60E-06	0	0	4,10E-09
Heta	0,69	1	1,80E-07	3,80E-11	6,70E-04
Hlen	0,90	0,75	1	0	7,30E-07
PROME	0,94	0,85	0,97	1	1,30E-07
% COT	0,80	0,54	0,72	0,75	1

COT: carbono orgánico total y Hrap: humectación rápida por inmersión en agua, Heta: disgregación mecánica por agitación después de prehumectación en etanol, Hlen: humectación lenta por capilaridad y PROME: promedio de la estabilidad de agregados. La diagonal principal está señalada en color amarillo. Por debajo, se encuentra el coeficiente de correlación entre las variables y por encima los valores de probabilidad. Significancia  $p < 0,05$ .

Se encontraron correlaciones positivas significativas ( $p < 0,05$ ) entre el COT, el PROME y los tres pretratamientos (Tabla 4). Los elementos de la diagonal principal son todos iguales a uno ya que representan la correlación de una variable con sí misma. El interés es obtener una medida de la magnitud de asociación de cada par de variables. El COT, se correlacionó positivamente con todas las variables de la estabilidad de agregados. El mayor coeficiente de correlación con el COT lo obtuvo el pretratamiento Hrap (0,80). También Hlen (0,72) y PROME (0,75) obtuvieron un coeficiente de correlación relativamente alto, siendo el pretratamiento Heta algo menor (0,54), lo cual puede atribuirse a que dicha variable (que mide la cohesión) está más relacionada al contenido de arcilla. Coincidiendo con lo encontrado en este estudio, Gabioud *et al.* (2011), encontraron correlaciones positivas altamente significativas entre el contenido de materia orgánica y los valores de estabilidad de agregados en Vertisoles de Entre Ríos. Asimismo, Rubio *et al.* (2019), estudiaron la relación entre el COT y los distintos mecanismos de desagregación en Molisoles y encontraron que los aumentos en el carbono orgánico del suelo, en todo el rango evaluado, favorecerían la estabilidad de agregados ante la disgregación causada por el estallido de agregados. En el mismo sentido, Cosentino *et al.* (2006) reportaron un aumento del 28 % en la resistencia al estallido en un suelo con aportes externos de rastrojos con respecto al mismo suelo sin aportes.

Es interesante destacar que los distintos pretratamientos de estabilidad de agregados también poseen alta correlación positiva entre sí, siendo para el caso de los suelos estudiados, mayor la correlación entre los pretratamientos Hrap y Hlen, que justamente, son los pretratamientos de mayor correlación con el COT.

#### **5.4 Análisis discriminante canónico**

El análisis discriminante canónico permite describir algebraicamente las relaciones entre poblaciones (o grupos de observaciones multivariadas) de manera tal que las diferencias entre ellas se maximicen o se hagan más evidentes. La variable sintética “función discriminante lineal” (FDL) es óptima para explicar variabilidad entre grupos. Sabiendo que existen a priori grupos o poblaciones de casos, la FDL es útil para identificar desde un conjunto de nuevas variables, si éstas tienen capacidad discriminante; es decir, asumen valores

distintos en los distintos grupos o bien, conocer qué variable tiene mayor potencialidad para discriminar entre grupos.

En los resultados del análisis discriminante lineal, a partir de los autovalores de la expresión  $\text{inv}(E)H$  de la [Tabla 5](#), se puede observar que la FDL1 explica el 98,27 % de la variación entre grupos, mientras que la FDL2 el 1,73 % restante.

Tabla 5: Autovalores de  $\text{Inv}(E)H$

Autovalores	%	% acumulado
21,59	98,27	98,27
0,38	1,73	100

En la [Tabla 6](#) se muestra la capacidad discriminante que tienen las distintas variables que componen la estabilidad de agregados y el COT del suelo. Se puede observar que, el pretratamiento Hrap es el que tiene mayor capacidad discriminante para detectar diferencias entre el grupo de suelos trabajados bajo enfoque de producción tradicional, suelos trabajados bajo enfoque de producción agroecológico y suelos no trabajados, seguido del COT. Ambos poseen los mayores ponderadores de las variables originales en la FDL1 ya que cambian según el manejo de los suelos.

Tabla 6: Funciones discriminantes - datos estandarizados con las varianzas comunes

	FDL1	FDL2
Hrap	1,12	-0,18
Heta	-0,06	1,19
Hlen	-0,26	-0,35
% COT	0,76	-0,02

Hrap: humectación rápida por inmersión en agua, Heta: Disgregación mecánica por agitación después de prehumectación en etanol y Hlen: humectación lenta por capilaridad, PROME: promedio de la estabilidad de agregados.

La cantidad de casos mal clasificados para un grupo, expresado como porcentaje del total de casos, indica el porcentaje de mala clasificación esperado para individuos de esa población. El promedio de estos porcentajes a través de

todos los grupos o poblaciones es la tasa de error de clasificación de la FDL. Clasificadores con tasa de error menor al 25% son usualmente aceptados. En la tabla de clasificación cruzada ([Tabla 7](#)), se observa que, si bien existe error en los suelos trabajados bajo enfoque agroecológico y tradicional, estos no superan el valor que se admite en este tipo de análisis que es de 25 %.

Tabla 7: Clasificación cruzada

Grupo	A	NT	T	Total	Error (%)
<b>A</b>	10	0	1	11	9,09
<b>NT</b>	0	11	0	11	0
<b>T</b>	2	0	9	11	18,18
<b>Total</b>	12	11	10	33	9,09

NT: suelos no trabajados; A: suelos trabajados con enfoque de producción agroecológico; T: suelos trabajados con enfoque de producción tradicional. En filas se representa el grupo al que pertenece la observación. En columnas el grupo al que es asignada la misma observación al usar la función discriminante.

A partir de la FDL1 ([Tabla 6](#)) que indica que Hrap y carbono orgánico total del suelo son las variables más importantes para la discriminación sobre el eje canónico 1, se puede afirmar que observaciones (suelos) con valores altos para las variables mencionadas, aparecerán situadas a la derecha del gráfico de dispersión de observaciones en el espacio discriminante (formado por los ejes canónicos) ([Figura 19](#)) ya que los coeficientes son positivos con un valor de 1,12 y 0,76 respectivamente ([Tabla 6](#)).

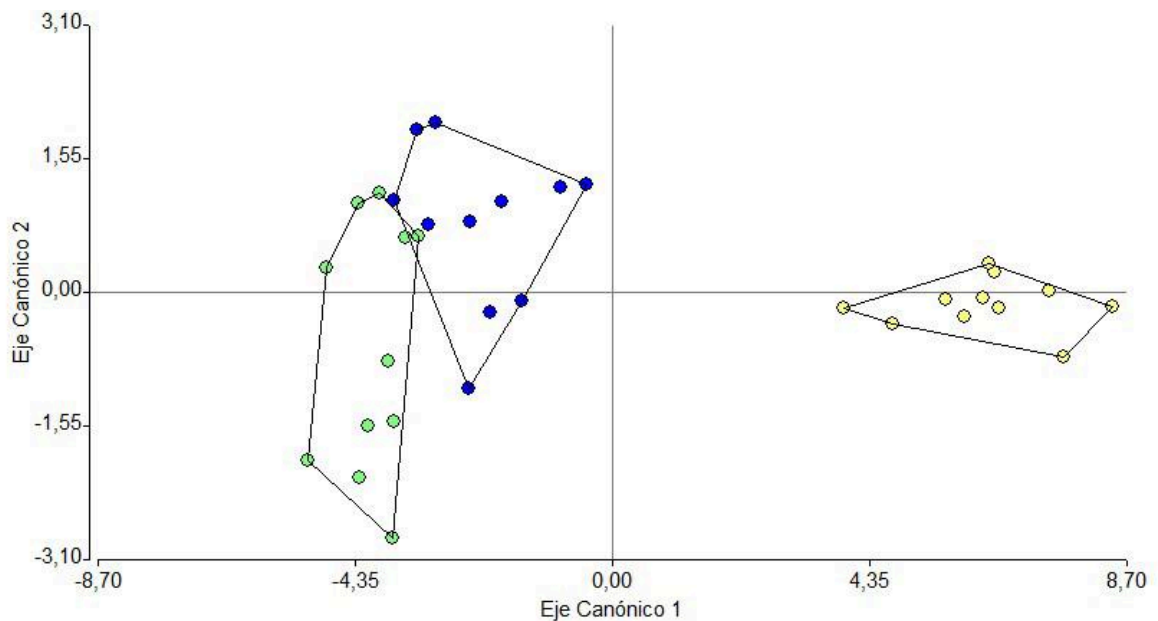


Figura 19: Gráfico de dispersión de observaciones en el espacio discriminante.

En color amarillo se señala a los suelos no trabajados, en azul se señala a los suelos trabajados con enfoque de producción agroecológico y en color verde se señala a los suelos trabajados con enfoque tradicional.

El grupo de suelos no trabajados se encuentran hacia la derecha del eje canónico 1 por tener mayores valores de Hrap y COT ([Tabla 6](#)). El enfoque de producción agroecológico se encuentra agrupado en una posición más hacia la derecha que el enfoque de producción tradicional. Esta posición indica que los valores de estabilidad de agregados y COT en los suelos trabajados bajo enfoque de producción agroecológico son más cercanos a los de un suelo no trabajado en comparación con los suelos bajo enfoque de producción tradicional. Sabiendo que, los establecimientos muestreados bajo enfoque agroecológico, trabajan con bajo nivel de transición, es probable que profundizando en el diseño y la aplicación de prácticas agroecológicas adecuadas a la zona y su contexto socio-ecológico, en el mediano plazo, las propiedades del suelo podrían acercarse en mayor medida, a los valores alcanzados en suelos no trabajados.

Por otro lado, el pretratamiento Heta (que mide la disrupción mecánica) posee el ponderador de las variables originales más elevado (1,19) para la FDL2 ([Tabla 6](#)), por lo cual, observaciones (suelos) con valores altos para dicha variable, se encontrarán más altos en el eje canónico 2 y, por lo tanto, aparecerán situadas más arriba en el gráfico de dispersión ([Figura 19](#)). Este es el caso del grupo de suelos trabajados bajo enfoque de producción agroecológica, el cual se

encuentra en una posición más elevada en el eje canónico 2 en comparación con el enfoque de producción tradicional. El grupo de suelos no trabajados se encuentra en valores intermedios. Sin embargo, no hay tanta dispersión de los casos en este eje en comparación con el eje 1, por lo cual se infiere que Heta (la variable de mayor valor de ponderador de las variables originales en la FDL2) no varía en gran medida para los distintos usos de suelo.

## 6- CONCLUSIONES

A modo de conclusión y respondiendo a las hipótesis planteadas. Se acepta la hipótesis general ya que la estabilidad de agregados y el carbono orgánico total de suelos hortícolas de Florencio Varela presentan cambios según el uso del suelo. Si bien, este es un análisis exploratorio y no podemos afirmar que esos cambios sean significativos, se observan claras tendencias.

Se acepta la primera hipótesis específica. El tipo de uso de suelo en establecimientos hortícolas de Florencio Varela se asocia a diferentes categorías de clasificación del suelo según su contenido de carbono orgánico total y según la estabilidad de agregados. Los suelos no trabajados se clasifican como moderadamente provistos de carbono orgánico total y los suelos trabajados bajo ambos enfoques se clasifican como pobremente provistos. Por otro lado, la estabilidad de agregados de los suelos no trabajados es muy estable. Bajo uso hortícola, la categoría de estabilidad de agregados es estable, en suelos con enfoque de producción agroecológica y moderadamente estable, en suelos con enfoque de producción tradicional.

Se acepta la segunda hipótesis. Los distintos mecanismos de desagregación poseen diferente capacidad de ruptura de agregados en suelos trabajados con enfoque de producción tradicional, suelos trabajados con enfoque de producción agroecológica y suelos no trabajados de establecimientos hortícolas de Florencio Varela. El pretratamiento de humectación rápida por inmersión en agua es el que más desagregación produce. Asimismo, la resistencia al estallido resulta mayor en suelos no trabajados disminuyendo en los suelos bajo producción hortícola. Si bien, este es un análisis exploratorio y no podemos afirmar que los resultados sean significativos, las diferencias en términos absolutos son marcadas.

Se acepta la tercera hipótesis específica. Existe una correlación positiva significativa entre todos los pretratamientos de estabilidad de agregados, el promedio de estabilidad de agregados y el carbono orgánico total del suelo. El pretratamiento de humectación rápida en agua y el PROME fueron las variables con mayor coeficiente de correlación con el COT.

Finalmente, también se acepta la cuarta hipótesis específica. La capacidad discriminante, entre grupos según el uso del suelo, es diferente en las distintas variables edáficas relacionadas con el carbono orgánico total y con la estabilidad

de agregados. Las diferencias resultan discriminadas principalmente por la variable Hrap, que corresponde al pretratamiento de humectación rápida por inmersión en agua, y por el porcentaje de carbono orgánico total. El pretratamiento de prehumectación en etanol (Heta) tiene incidencia en la FDL2 la cual explica sólo el 1,73 % de la variación entre grupos. El pretratamiento humectación lenta por capilaridad tiene mínima capacidad discriminante entre usos de suelo.

## **7- CONSIDERACIONES FINALES**

Actualmente, gracias al conocimiento científico y a la tecnología, se pueden hacer algunas recomendaciones, entre ellas, es sabido que las prácticas de manejo que consideren la conservación e incremento del carbono en el suelo, propiciarán una mejora sustancial en otras propiedades físicas, químicas y biológicas.

A partir de los resultados encontrados en este trabajo podemos inferir que el enfoque de producción agroecológico desarrolla prácticas productivas que hacen hincapié en la conservación y aumento del carbono orgánico total, propiciando una tendencia hacia suelos con mejor estructura. Sin embargo, este es un trabajo exploratorio, por lo que los resultados son sólo orientativos. En trabajos posteriores se podrían realizar otros análisis estadísticos, así como también podrían tomarse otras variables como la materia orgánica particulada o bien análisis microbiológicos que sean más sensibles para identificar los cambios.

Por otro lado, el suelo es un sistema dinámico y resiliente, y es por eso que, al cambiar de un enfoque tradicional a un enfoque de agroecológico, no suelen verse los efectos de manera inmediata. Para que estos cambios sean notables es necesario más tiempo que el evaluado en este trabajo, de modo que un nuevo agroecosistema se estabilice. Por tal motivo, sería interesante continuar con el monitoreo de los sistemas de producción que trabajan bajo enfoque agroecológico, para evaluar tendencias e impactos a mediano y largo plazo. De esta manera, se podría contribuir al conocimiento para finalmente detectar, cuáles son las prácticas de manejo más adecuadas para lograr una agricultura sostenible.

## 8- BIBLIOGRAFIA

- Alvear, M.; Urra, C.; Huaiquilao, R.; Astorga, M. y Reyes, F. (2007). Actividades biológicas y estabilidad de agregados en un suelo del bosque templado chileno bajo dos etapas sucesionales y cambios estacionales. *Bosque*, 28(3), 273-282.
- Amézketa, E. (1999). Soil Aggregate Stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(2-3), 83-151.
- Andriulo, A.E. e Irizar, A.B. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina. Ediciones INTA. p. 65-71.
- Angers, D.A. y Caron, J. (1998). Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry*, 42(1-2), 55-72.
- Auge, M. (2006). Hidrogeología de la Ciudad de Buenos Aires, SEGEMAR, Serie Contribuciones Técnicas Ordenamiento Territorial 6. Buenos Aires.
- Balcaza, L.F. (2012). Deterioro de los suelos cultivados bajo invernáculo en el cinturón verde del gran Buenos Aires. *Boletín Hortícola*, 10(31), 38-44.
- Boiffin, J. (1984). La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de Docteur-Ingenieur. Institut National Agronomique-Paris Grignon.
- Campbell, C.A. y Souster, W. (1982). Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. *Canadian Journal of Soil Science*, 62(4), 651-656.
- Cosentino, D., Chenu, C. y Le Bissonnais, Y. (2006). Aggregate stability and microbial community dynamics under drying-wetting cycles in a silt loam soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(8), 2053-2062.
- Cuellas, M.V. (2017). Horticultura periurbana, análisis de la fertilidad de los suelos en invernaderos. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 33(2), 163-173.
- Domínguez, G.F. y Studdert, G.A. (2006). Balance de carbono en un molisol bajo labranza convencional. En XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta (p. 44).

- Dimoyiannis, D.G.; Tsadilas, C.D. y Valmis, S. (1998). Factors affecting aggregate instability of Greek agricultural soils, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29(9-10), 1239-1251.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; y Robledo, C.W. (2012). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- FAO. (2015). Los suelos y la seguridad alimentaria. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i4405s/i4405s.pdf>
- Fernández Lozano, J. (2012). La producción de hortalizas en Argentina. Gerencia de Calidad y tecnología. Corporación del Mercado Central de Buenos Aires. 22, 23 y 29 pp.
- Ferreras, L.; Magra, G.; Besson, P.; Kovalevski, E. y García, F. (2007). Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de Argentina bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo*, 25(2), 159-172.
- Furlán, F. (2011). Cultivos de cobertura: Influencia sobre la calidad química y física del suelo.
- Gabioud, E.; Wilson, M. y Sasan, M. (2011). Análisis de la estabilidad de agregados por el método de Le Bissonais en tres órdenes de suelos. *Ciencia del Suelo (Argentina)*, 29(2), 129-139.
- García, M. (2012). Análisis de las transformaciones de la estructura agraria hortícola platense en los últimos 20 años. El rol de los horticultores bolivianos. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18122>
- Giménez J.E. y Hurtado, M.A. (1992). Estudio de suelos del partido de La Plata. Instituto de Geomorfología y Suelos. UNLP.
- Gilardino, M.S.; Rodríguez, H.A.; De Grazia, J.; Paladino, I.R.; Sokolowski, A.C.; Debelis, M.S.; Barrios, M.B. y Buján A. (2016). Método de Le Bissonais para estabilidad de agregados en labranzas contrastantes sobre un argiacuol vértico. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- González-Chávez, M.C.A.; Gutiérrez-Castorena, M.C. y Wright, S. (2004). Hongos micorrízicos arbusculares en la agregación del suelo y su estabilidad. *Terra Latinoamericana*, 22, 507-514.

- Hurtado, M.; Giménez, J.E. y Cabral, M. G. (2006). Análisis ambiental del partido de la plata: Aportes al ordenamiento territorial. Buenos Aires, consejo federal de inversiones.
- Instituto Nacional de Educación Tecnológica. (2010). La horticultura en la Argentina. Ministerio de educación presidencia de la nación.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2016). Un INTA comprometido con el Desarrollo Nacional. Plan Estratégico Institucional 2015 – 2030.
- Jackson, M.L. (1964). Análisis químicos de suelo. Ediciones OMEGA, S.A. Casanova 220 Barcelona.
- Lal, R. (2016). Soil health and carbon management. Food and Energy Security, 5(4), 212-222.
- Le Bissonnais, Y. (1996). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodability. I. Theory and methodology. European Journal of Soil Science, 47, 425-437.
- Lehmann, A.; Zheng, W.; Rillig, M.C. y Martin, F. (2017). Abundance and diversity of soil microorganisms in a natural forest and following slash-and-burn practices in Amazonia along with their potential influence on nutrient availability. Microbial Ecology, 73(1), 115-127.
- Lozano Sánchez, J.D.; Armbrecht, I. y Montoya Lerma, J. (2015). Hongos formadores de micorrizas arbusculares y su efecto sobre la estructura de los suelos en fincas con manejos agroecológicos e intensivos.
- Lupi, A.M. y Mortola, N.A. (2017). Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina / editor: Marcelo Germán Wilson. Entre Rios: Ediciones INTA. p. 29-34.
- Morello, J. (2000). Funciones del sistema periurbano: el caso de Buenos Aires. Universidad Nacional de Mar del Plata, Centro de Investigaciones Ambientales, 36 p., Mar del Plata.
- Orellana, J.A. y Pilatti, M.A. (1994). La estabilidad de agregados como indicador edáfico de sostenibilidad. Ciencia del Suelo, 12, 75-80.
- Paladino, Ruth Ileana. (2012). Calidad de suelos y secuestro de carbono bajo distintos usos en hapludoles mono y poligenéticos de la pampa arenosa.

- Panabokke, C.R. y Quirk, J.P. (1957). Effect of initial water content on stability of soil aggregates in water. *Soil Science*, 83, 185-195.
- Paul, E.A. y Clark, F.E. (1996). *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academy Press, Inc. San Diego. California.
- Pikul, J.L.; Osborne, S.; Ellsbury, M. y Riedell, W. (2007). Particulate organic matter and water-stable aggregation of soil under contrasting management. *Soil Science Society of America Journal*, 71(3), 766-776.
- Rivas, I.S. (2010). Gestión ambiental para el ordenamiento territorial del partido de Florencio Varela, área metropolitana de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66(4), 535-543.
- Rodríguez, H.A.; Gilardino, M.S.; Debelis, M.S.; Paladino, I.R.; De Grazia, J.; Barrios, M.B.; Buján A. y Sokolowski, A.C. (2014). Estabilidad de agregados bajo labranzas contrastantes en un argiudol vértico. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Roldán, M.F. (2012). Distribución del carbono orgánico particulado por tamaño de agregados bajo distintos sistemas de labranza. Tesis Magister Scientiae. Área de Posgrado en Ciencias de las Plantas y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Rubio, V.; Pérez Bidegain, M.; Berreta, A.; Barolin, E. y Quincke, A. (2019). Impacto de propiedades físico-químicas en la estabilidad estructural de molisoles. *Ciencia del Suelo*, 37(2), 367-371.
- Sanzano, G.A.; Corbella, R.D.; García, J.R. y Fadda, G.S. (2005). Degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. *Ciencia del Suelo*, 23(1), 93-100.
- Sarandón, S.J. y Sarandón, R. (1993). Un enfoque ecológico para una agricultura sustentable. En Goin F y C Goñi (Eds.) Bases para una política ambiental de la R. Argentina, Sección III, Cap.19:279-286, HC. Diputados de la Pcia de Buenos Aires.
- Six, J.; Bossuyt, H.; Degryze, S. y Deneff, K. (2004). A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, 79(1), 7-31.

- Smith, P.; Cotrufo, M.F.; Rumpel, C.; Paustian, K.; Kuikman, P.J.; Elliott, J. A. y Bellamy, P. (2016). Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. *SOIL*, 2(2), 547-577.
- Taboada-Castro, M.M.; Rodríguez-Blanco, M.L.; Taboada-Castro M.T. y Oropeza-Mota, J.L. (2011). Vulnerabilidad estructural en suelos de textura gruesa bajo cultivo de huerta. *Terra Latinoamericana*, 29(1), 11-21.
- Tecon, R. y Or, D. (2017). Biophysical processes supporting the diversity of microbial life in soil. *FEMS Microbiology Reviews*, 41(5), 599-623.
- Vázquez, M.E. y Terminello A. (2008). Capacitación para la recuperación de suelos degradados de pequeños productores del cinturón hortícola del Gran La Plata: valoración de problemas y estrategias correctivas. 1a ed. - La Plata: Univ. Nacional de La Plata. pp 29.
- Wyngaard, N. (2010). Efecto a largo plazo de la fertilización y los sistemas de labranza sobre las propiedades de un argudol y el rendimiento en maíz. UNMP. pp 10.