



Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera: Ingeniería Agronómica

Espacio de Prácticas profesionales

Trabajo Final de Grado

Título

“Utilización de cama de pollo en horticultura: efectos sobre las propiedades químicas y biológicas del suelo, y la transmisión de antibióticos al cultivo”

Autor: Rivera, Hernán Javier

Directora: Dra. Prack Mc Cormick, Bárbara

Codirector: Ing. Agr. Rodriguez, Hernán A.

Lomas de Zamora, 23 de octubre de 2023

AGRADECIMIENTOS

Las palabras aquí escritas no harán justicia a los agradecimientos que debo realizar. Empezaré agradeciendo a mi casa de estudios la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, las personas que allí he conocido, tanto docentes como compañeros, los cuales han contribuido de forma sustancial a la persona que soy y al profesional que seré.

A la cátedra de Edafología, por invertir tiempo en mí, me enseñaron y me contagiaron el amor por el suelo. Debo agradecer a la Dra. Mónica Barrios, a la MSc. Ing. Agr. Ana Clara Sokolowski, al Ing. Agr. José Wolski y muy especialmente al Ing. Javier De Gracia, al Ing. Agr. Hernán Rodríguez y a la Dra. Bárbara Prack Mc Cormick quienes tuvieron la solidaridad de apoyarme estos últimos años los cuales fueron muy complicados desde el punto de vista personal, dedicarme el tiempo y ayudarme a finalizar esta carrera tan linda.

A los docentes de las cátedras de Equinotecnia y de Comercialización de la producción, por los mates, las charlas, los consejos y el tiempo que dedicaron a formarme como profesional.

A mis amigos, ellos fueron un soporte fundamental en mi vida, quienes me humanizaron, motivaron y acompañaron durante gran parte de mi vida, ayudándome a ser mejor persona.

A mi familia, fundamentalmente a mis padres y mis hermanos, a ellos debo el haber podido realizar una carrera universitaria, les agradezco por aguantar los malos humores, los momentos que desaparecía para estudiar, las charlas donde les explicaba muchos temas que al otro día debía rendir en exámenes y por estar siempre que los necesite.

A todas las personas que me acompañan o me acompañaron en este sinuoso camino que es la vida, gracias por ser parte de ella y de acompañarme.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	2
TABLA DE FIGURAS	4
RESUMEN	5
Palabras clave:	6
ABSTRACT	6
Key words:	6
1- Introducción.....	8
2- Objetivos	13
3- Hipótesis	14
4- Materiales y Métodos	15
4-1 Ubicación y características del ensayo.....	15
4-2 Diseño Experimental y ensayo hortícola a campo.....	18
4-3 Muestreo de suelo y biomasa aérea de lechuga.....	19
4-4 Determinaciones químicas y biológicas en suelo.....	20
4-5 Presencia de antibióticos en lechuga.....	26
4-6 Análisis estadístico	26
5- Resultados y Discusión	28
5-1 Análisis de propiedades del suelo.....	28
5-1-1 Porcentaje de Materia Orgánica Total.....	28
5-1-2 Nitrógeno total	29
5-1-3 Relación Carbono/Nitrógeno.....	31
5-1-4 Respiración basal	32
5-1-5 Respiración microbiana inducida por sustrato	34
5-2 Análisis de transferencia de antibióticos	35
6- Conclusiones	39
7- Bibliografía	41

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 - Predio de la Facultad de Ciencias Agrarias y sector del campo experimental.....	15
Figura 2 - Valores climatológicos medios mensuales del período 1980-1998.....	16
Figura 3 - Valores climatológicos durante el ensayo.....	17
Figura 4: Muestreador tubular de suelo.....	20
Figura 5: Determinación de carbono orgánico por combustión húmeda..	222
Figura 6: Equipo digestor (marca TecnoDalvo) Kjeldahl utilizado para realizar la digestión de las muestras.....	23
Figura 7 Frasco hermético de 750 cm³ utilizados en las mediciones de Biomasa total y de Respiración microbiana basal	26
Figura 8 Porcentaje de Materia Orgánica Total (MOT).....	29
Figura 9. Porcentaje del Nitrógeno Total.....	30
Figura 10. Relación C:N.....	32
Figura 11. Respiración microbiana basal.....	33
Figura 12. Biomasa total.....	34
Figura 13. Presencia de Enrofloxacin en hojas de lechuga.....	36
Figura 14. Presencia de Ciprofloxacina.....	37
Figura 15. Antibióticos totales	37

RESUMEN

La producción hortícola del cinturón verde bonaerense es un importante proveedor de alimentos a las ciudades cercanas. Debido a la intensiva labranza y a la cantidad de cultivos realizados anualmente, esta actividad demanda condiciones edáficas favorables para mantener la producción. Estas condiciones necesitan de insumos externos que aporten materia orgánica y nutrientes, destacándose las enmiendas orgánicas de origen animal. En el cinturón verde bonaerense, la cama de pollo proveniente de producción avícola intensiva es uno de los residuos de producción animal más accesible y utilizado. Cerrar el ciclo de los nutrientes en el agroecosistema es clave para alcanzar la sostenibilidad, sin embargo, poco se sabe sobre la transmisión y la acción de los antibióticos, que provienen de la cama de pollo, en la horticultura. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar los efectos en el suelo de la aplicación de la cama de pollo y su capacidad para transmitir antibióticos a los cultivos. Para ello se realizó un ensayo de fertilización de un cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, con tres tratamientos: testigo sin fertilización, fertilización química y enmienda de cama de pollo. Se acondicionó la cama de pollo a la intemperie durante 6 meses, previo a su incorporación a las parcelas. El efecto sobre el suelo se evaluó en muestras de suelo de 0-10 cm de profundidad y la presencia de antibióticos se evaluó en las hojas de lechuga, ambos al momento de la cosecha. Los resultados encontrados demostraron diferencias estadísticamente significativas para las variables materia orgánica total, nitrógeno total, y respiración basal de suelo, siendo la enmienda con cama de pollo el tratamiento con los mayores niveles para todas las variables. Para la variable respiración microbiana inducida por sustrato no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Al evaluar las hojas de lechuga, se encontraron niveles de enrofloxacin y ciprofloxacina en todas las parcelas que recibieron la enmienda con cama de pollo. Estos niveles fueron significativamente superiores que los detectados en el tratamiento testigo. La cama de pollo aporta de manera significativa materia orgánica y nitrógeno mejorando la actividad del suelo, pero se debe tener en cuenta los efectos adversos de su aplicación cuando esta tiene una carga de antibióticos, los cuales pueden mantener su concentración

o por su farmacocinética transformarse en otro antibiótico de la misma familia y/o ser absorbidos por las hortalizas.

Palabras clave: Enmienda orgánica, residuo avícola, materia orgánica, respiración basal, contaminación.

ABSTRACT

Horticultural production in the Buenos Aires green belt is an important supplier of food to nearby cities. Due to the intensive tillage and the amount of crops grown annually, this activity requires favorable soil conditions to maintain production. These conditions require external inputs that provide organic matter and nutrients, especially organic amendments of animal origin. In the Buenos Aires green belt, poultry litter from intensive poultry production is one of the most accessible and widely used animal production residues. Closing the nutrient cycle in the agroecosystem is key to achieve sustainability, however, little is known about the transmission and action of antibiotics, which come from poultry litter, in horticulture. Therefore, the objective of this work is to evaluate the effects on soil of poultry litter application and its ability to transmit antibiotics to crops. For this purpose, a fertilization trial of a lettuce crop (*Lactuca sativa* L.) was carried out in the experimental field of the FCA-UNLZ, with three treatments: control without fertilization, chemical fertilization and amendment of chicken litter. The chicken litter was conditioned outdoors for 6 months, prior to its incorporation into the plots. The effect on soil was evaluated in soil samples from 0-10 cm depth and the presence of antibiotics was evaluated in lettuce leaves, both at the time of harvest. The results showed statistical differences for the variables total organic matter, total nitrogen, and basal soil respiration, being the amendment with chicken litter the treatment with the highest levels for all variables. For the variable substrate-induced microbial respiration, no statistical differences were found. When lettuce leaves were evaluated, enrofloxacin and ciprofloxacin levels were found in all plots that received the amendment with chicken litter. These levels were significantly higher than those detected in the control treatment. Poultry litter significantly contributes organic

matter and nitrogen, improving soil activity, but the adverse effects of its application should be taken into account when it contains a load of antibiotics, which can maintain their concentration or, due to their pharmacokinetics, transform into another antibiotic of the same family and be transferred to the vegetables.

Key words: Organic amendment, poultry waste, organic matter, basal respiration, contamination.

1- Introducción

El cinturón verde hortícola bonaerense es el principal proveedor de alimentos frescos de origen vegetal al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), la mayor aglomeración poblacional del país (INTA AMBA, 2012). Está integrado por los establecimientos hortícolas ubicados de las zonas periféricas del AMBA. Su modelo productivo se caracteriza por depender mayoritariamente de la mano de obra familiar, sin asesoramiento técnico, con un tamaño promedio de 3,4 hectáreas hortícolas (Benencia y Quaranta, 2005). Entre un 25 – 50% de esta superficie se destina al cultivo de verduras a campo, el porcentaje restante se destina a cultivo de verduras bajo cubierta (Ferraris y Ferrero, 2018). Una gran parte de los productores hortícolas son arrendatarios y los precios de la renta de la tierra son elevados. Por lo tanto, para que la actividad sea viable económicamente, los productores deben tener una alta producción durante todo el año, en rendimiento por cultivo y en número de ciclos productivos al año (García, 2014). Es así que en un mismo lote hortícola se realizan hasta 5 ciclos productivos anualmente, gracias al empleo de plantines y cultivos de ciclos cortos (Ferratto *et al.*, 2010).

La preparación de la cama de siembra y el alomado, al inicio de cada ciclo productivo, involucran importantes movimientos de suelos. La maquinaria utilizada para dichas labranzas incluye arados de disco y de reja y vertedera, rastra y rotocultivadores (Ferratto *et al.*, 2010). Entre las principales consecuencias del laboreo del suelo son: la pérdida de materia orgánica por procesos oxidativos (Havlin *et al.*, 1990). A su vez, la pérdida de materia orgánica tiene un efecto negativo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. En el complejo arcillo-húmico, la materia orgánica, juega un papel fundamental en la formación de agregados de suelo, conformando así una mejor estructura, que facilita las propiedades como: infiltración (Sanzano *et al.*, 2005) y la porosidad (Galantini *et al.*, 2006). Además, la materia orgánica mejora las propiedades químicas del suelo, ya que, entre otros, representa una fuente de nutrientes que las plantas pueden aprovechar. Por último, mejora las propiedades biológicas del suelo, debido a que representa una fuente de energía y nutrientes para los organismos del suelo, cuya actividad facilita el ciclado de nutrientes y su disponibilidad para las plantas (García, 2003). Por lo

tanto, la pérdida de materia orgánica y estructura tienen un efecto negativo sobre el rendimiento de los cultivos (Galantini *et al.*, 2007).

Ante este escenario, los productores recurren al aumento del uso de los fertilizantes químicos con el objetivo de alcanzar el rendimiento potencial de los cultivos, en suelos con signos de degradación (García, 2015). Generalmente, los fertilizantes químicos, no mejoran por sí solos las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Para poder mejorar estos tres componentes de la calidad del suelo, es menester la incorporación de materia orgánica (González Montaner *et al.*, 2004; Quiroga *et al.*, 2017). Cuando se habla de calidad de suelo se hace referencia a los conceptos descritos por la *Soil Science Society of America* (Karlen *et al.*, 1997).

El agregado de la materia orgánica a los suelos de producciones vegetales está ligada a la premisa de una producción del tipo circular, que promueva el cierre de los ciclos de la materia orgánica para mantener y mejorar la salud de los ambientes (Ordóñez, 2000), ayudando a evitar el desgaste de nutrientes finitos en el sistema. Este tipo de producción circular promueve la conexión entre las producciones que generan residuos materiales ricos en materia orgánica y nutrientes, como lo son las producciones animales intensivas, y las producciones vegetales intensivas que utilizan estos residuos como insumos, debido a su alta necesidad de nutrientes. De esta manera, se logra restablecer el carbono orgánico y los nutrientes que se utilizan (Sarandón *et al.*, 2014). Sin embargo, esta práctica puede tener consecuencias para el ambiente si no se tienen en cuenta los procesos necesarios para poder utilizar los residuos de las producciones intensivas de animales para reducir los riesgos de contaminación (Martin *et al.*, 2017).

El compostaje es un proceso de transformación de la materia orgánica a través de la descomposición aeróbica, dependiente de la actividad microbiana, que permite obtener un producto estable, maduro, e inocuo o libre de microorganismos patógenos (Lavado, 2012). Para llegar a obtener un compost inocuo es necesario que, durante el proceso del compostaje, la temperatura se eleve entre 55°C a 77°C durante 3 días consecutivos como mínimo (Huang *et al.*, 2004). La elevación de la temperatura se debe a la respiración

aeróbica de los microorganismos presentes en el material que está siendo compostado. Por lo tanto, este debe estar aireado y con una humedad controlada. Un compost de calidad es aquel que es inocuo y es maduro, es decir que no afecte negativamente el crecimiento vegetal una vez utilizado como abono (Mazzarino y Satti, 2012). El tratamiento que la mayoría de los productores del cordón verde hortícola bonaerense realizan es un estacionamiento en forma de pila estática al aire, sobre suelo desnudo y con aireación natural. Este tratamiento no llega a alcanzar las temperaturas adecuadas para realizar el proceso de forma eficiente, dado que no tiene una aireación eficiente y, en muchos casos, tampoco se riega (Lavado, 2012). El compost, idealmente, debe estar compuesto por dos partes: 1. Materiales con alto contenido de nutrientes, por ejemplo, aquellos provenientes de fuentes animales, y 2. Materiales con alto contenido de carbono, que a su vez aporten estructura y aireación, como restos vegetales con alta relación C/N. Ya que la relación C/N de los materiales provenientes de fuentes animales es baja, y si solo se utiliza ese material o muy poco material vegetal, el proceso de compostaje tendrá una fase termófila más corta y un aumento más lento de la temperatura, haciendo al proceso ineficiente (Huang *et al.*, 2004).

En el cinturón verde hortícola bonaerense, el material proveniente de fuentes animales o que contengan sustancias de origen animal es la cama de pollo proveniente de producción avícola intensiva (Prack Mc Cormick *et al.*, 2019). La cama de pollo es un residuo de la producción intensiva de pollos parrilleros la cual está compuesta de un material base como cáscaras de arroz o girasol, y excretas, plumas de pollo, restos de alimento y agua de bebida (Chaudhry *et al.*, 1998). A su vez, en la cama de pollo, aparece una carga de microorganismos capaces de sobrevivir a las condiciones que ese material les provee, estos microorganismos pueden ser potencialmente patógenos para el humano o para los animales, con lo cual el manejo de la cama de pollo, luego de su utilización, debería centrarse en controlarlos (Castillo, 2002). La cama de pollo es removida parcialmente al finalizar cada crianza y, de acuerdo con lo establecido por las Resoluciones del SENASA 546/2010 y su modificatoria 106/2013, se debe remover totalmente una vez por año o cada 5 crianzas, en lo que se denomina “vacío sanitario” (Ministerio de producción y trabajo, 2019). La cama

de pollo muestra un elevado contenido de materia orgánica, lo cual impacta positivamente sobre las propiedades físicas del suelo como la infiltración, retención de agua y capacidad de intercambio catiónico y, sobre las propiedades químicas como materia orgánica total, nitrógeno total y fósforo total (Ministerio de producción y trabajo, 2019).

El sistema de producción de carne avícola intensivo confinado utiliza antibióticos como insumo indispensable para mejorar la sanidad de los pollos. Los antibióticos no solo son usados para prevenir o curar enfermedades (profilaxis y metafilaxis) sino también como promotores de crecimiento (Diarra y Malouin, 2014). Sin embargo, este sistema de producción tiene un efecto negativo sobre el principal residuo de esta actividad, la presencia de antibióticos en la cama de pollo (Alonso *et al.*, 2021). Esto es debido a dos hechos: 1- un alto porcentaje de los antibióticos suministrados a los animales y sus metabolitos intermediarios, no se adsorben y pasan a las excretas (Kumar *et al.*, 2005) y, 2- los antibióticos y los metabolitos intermediarios son estables en el ambiente, especialmente en el suelo (Kemper, 2008).

Las fluoroquinonas son una familia de antibióticos que tienen un amplio espectro de acción frente a bacterias Gram positivas y Gram negativas tanto para uso humano como veterinario. Estos agentes funcionan mediante la inhibición de la ADN girasa, lo que interfiere con el superenrollamiento del material cromosómico bacteriano (Brown, 1996). La enrofloxacin es un antibiótico de la familia de las fluoroquinonas desarrollado exclusivamente para uso veterinario (Otero *et al.*, 2001). Entre el 75-90 % del antibiótico administrado a los animales es eliminado a través de las heces en su forma activa (Marshall y Levy, 2011). Los antibióticos fluoroquinonas utilizados para fines veterinarios son parcialmente absorbidos en el tracto digestivo (Brown, 1996). En pollos parrilleros se comprobó que la aplicación de enrofloxacin, por su farmacocinética, también se encontró ciprofloxacina en el organismo (Slana *et al.*, 2014). La ciprofloxacina es un antibiótico de la familia de las fluoroquinonas aprobado exclusivamente para su uso en humanos (Appelbaum y Hunter, 2000). Las bacterias tienen mecanismos de resistencia adquirida a los antibióticos, los cuales son: enzimas inactivantes de antibiótico, impermeabilidad de la

membrana, alteración de porinas y/o polisacárido, bombas de expulsión (eflujo), modificación del sitio blanco (donde actúa el antibiótico), vías metabólicas alternativas y protección citoplasmática del sitio blanco (Blair *et al.*, 2015). La presencia de antibióticos en el ambiente, por un uso inadecuado, favorece a la selección de bacterias con mecanismos de defensa adquirida (WHO, 2015).

Algunos tipos de antibióticos son resistentes a la degradación y son habitualmente encontrados en suelos que recibieron aplicaciones de residuos de producciones animales, conservando su efecto antibiótico durante meses y otros durante años, según su estructura (Jechalke *et al.*, 2014). Una vez en el ambiente, los antibióticos veterinarios causan efectos eco-tóxicos en microorganismos del suelo, promoviendo la proliferación de microorganismos resistentes (Girardi *et al.*, 2011; WHO, 2015). Sumado a esto, los antibióticos pueden ser absorbidos por las plantas, incluidas las hortalizas (El Gemayel y Bashour, 2020). Por ejemplo, luego de la fertilización con enmiendas de estiércol de ganado bovino, las hojas del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) absorbió antibióticos y contenía bacterias con genes de resistencia a estos (Caracciolo *et al.*, 2022). También se reportaron la transmisión de antibióticos en hojas de lechuga, fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), inflorescencia de coliflor (*Brassica oleracea* L.) y semillas de habas (*Vicia faba* L.) luego de la fertilización con estiércol (Tadić *et al.*, 2021). De esta manera, los antibióticos veterinarios pueden llegar al consumo humano teniendo como consecuencia efectos adversos potenciales o directos, como reacciones alérgicas o tóxicas, efectos tóxicos crónicos debidos a la exposición prolongada a bajas concentraciones de antibióticos, desarrollo y propagación de bacterias resistentes a los antibióticos (Kumar *et al.*, 2005; Martínez, 2008).

Cerrar el ciclo de los nutrientes en el agroecosistema es clave para alcanzar la sostenibilidad, sin embargo, poco se sabe sobre la transmisión y la acción de los antibióticos, que provienen de cama de pollo, en horticultura. Por lo tanto, es necesario generar datos sobre la aplicación de cama de pollo en suelo a nivel químico/biológico y observar que ocurre con un cultivo hortícola muy cultivado como es la *Lactuca sativa* L. (lechuga).

2- Objetivos

2-1 Objetivo general

Generar datos sobre las oportunidades y los desafíos de la aplicación en horticultura de cama de pollo previamente estacionada, siguiendo las prácticas habituales de los productores hortícolas del cinturón verde bonaerense, considerando la calidad química y biológica del suelo, y la potencial transmisión de antibióticos desde la producción avícola hacia los cultivos hortícolas.

2-2 Objetivos específicos

Comparar el efecto del tipo de fertilización, incluyendo control sin fertilización, fertilización química y fertilización con cama de pollo estacionada, sobre la calidad química del suelo, a través de los indicadores: materia orgánica total, nitrógeno total y relación C/N, en el contexto de un ensayo hortícola a campo.

Comparar el efecto del tipo de fertilización, incluyendo control sin fertilización, fertilización química y fertilización con cama de pollo estacionada, sobre la calidad biológica del suelo a través de los indicadores: respiración basal y respiración microbiana inducida por sustrato, en el contexto de un ensayo hortícola a campo.

Determinar la presencia y la concentración de antibióticos (enrofloxacin y ciprofloxacina) en las hojas del cultivo de *Lactuca sativa* L. (lechuga), en respuesta a la aplicación al suelo de cama de pollo estacionada derivada de un establecimiento avícola intensivo, en el contexto de un ensayo hortícola a campo.

3- Hipótesis

El tipo de fertilización influye sobre la calidad química del suelo, medida a través de los indicadores materia orgánica total, nitrógeno total y relación C/N.

El tipo de fertilización influye sobre la calidad biológica del suelo, medida a través de los indicadores respiración basal y respiración inducida por sustrato.

Se observan niveles detectables de antibióticos ciprofloxacina y enrofloxacina en hojas del cultivo de *Lactuca sativa* L. (lechuga), en respuesta a la aplicación al suelo de cama de pollo estacionada derivada de un establecimiento avícola intensivo.

4- Materiales y Métodos

4-1 Ubicación y características del ensayo

El ensayo fue realizado dentro del campo experimental multidisciplinario de las cátedras de Edafología, Agrometeorología, Fitopatología, Horticultura y Floricultura, iniciado en el año 2018, con unos 300 m² de superficie (Figura 1). Se ubica en la reserva natural provincial “Santa Catalina” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, localizada en el km 2 de la ruta provincial n°4, partido de Lomas de Zamora, Provincia de Buenos Aires.



Figura 1 - Predio de la Facultad de Ciencias Agrarias y sector del campo experimental (Universidad Nacional de Lomas de Zamora), coordenadas 34°47'27,6" S 58°26'42,6" O.

4-1-1 Características edáficas y climáticas de la zona

El clima de la región es templado húmedo con régimen pluvial isohigro, presentando una temperatura media anual de 16,7 °C, una máxima media anual de 22,3 °C y una mínima media anual de 11,6 °C (Figura 2).

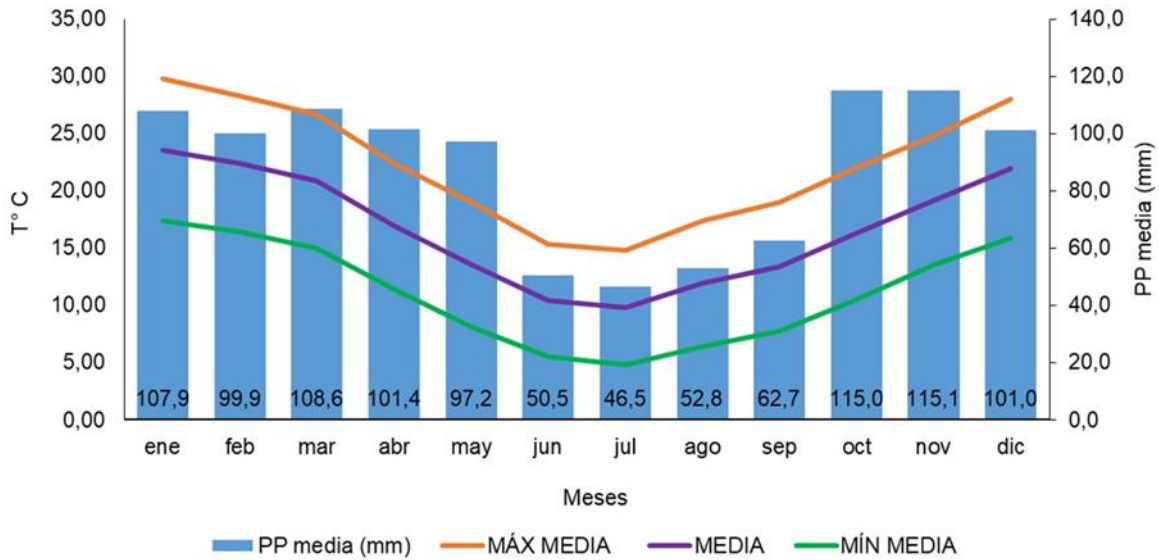


Figura 2 - Valores climatológicos medios mensuales del período 1980-1998. Con barras se representa la precipitación (PP) media y con línea naranja la temperatura máxima media, en violeta la temperatura media y, en verde, la temperatura mínima (Fuente: Estación Agrometeorológica de Santa Catalina. Estadísticas Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional).

Durante el periodo en el que se realizó el ensayo se observó una temperatura media de 11,5 °C, una temperatura máxima media de 17,6 °C, una temperatura mínima media de 7 °C y una precipitación total de 702,2 mm (Figura 3).

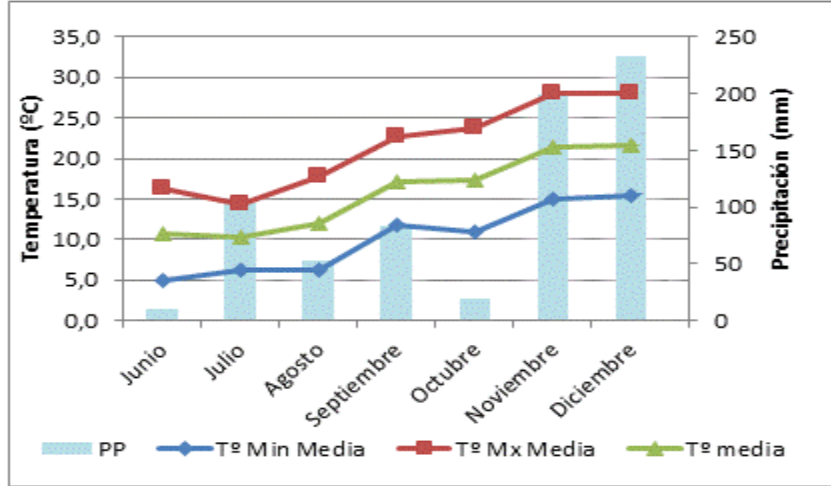


Figura 3 - Valores climatológicos desde el periodo de junio a diciembre del 2018. Con barras se representa la precipitación (PP) media y con línea roja la temperatura máxima media, en verde la temperatura media y, en azul, la temperatura mínima (Fuente: Estación Agrometeorológica de Santa Catalina, Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica, INTA).

4-1-2 Suelo

La estación experimental se encuentra ubicada dentro de la región de la Pampa Ondulada, donde los suelos se componen a partir de loess y limos pampeanos. El área del ensayo está ocupada por un suelo poli-genético, muy oscuro y profundo, moderadamente bien drenado, con escurrimientos medios y permeabilidad moderada. Taxonómicamente pertenece a los Argiudoles aquerticos (Soil survey Staff, 2014). El paisaje es suavemente ondulado, con relieve del tipo normal, con una pendiente media de 1,2 % en posición de media loma alta. La reacción en todo el perfil es de neutra a ligeramente ácida. En los primeros 10 cm posee una textura franco-limosa, una reacción ligeramente ácida (pH 6,4), es no salino (CE 0,12 dS m⁻¹) y se encuentra bien provisto de materia orgánica (3,5 %). El horizonte subsuperficial está conformado por dos horizontes arcillosos (48% - 55%), con rasgos que manifiestan la presencia de arcillas expandentes, lo cual estaría dificultando el drenaje, proceso que se manifiesta en la parte superior del endopedón con rasgos de hidromorfismo (Sokolowski *et al.*, 2020).

4-2 Diseño Experimental y ensayo hortícola a campo

El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente aleatorizado con tres niveles del factor “Tipo de fertilización” (en adelante llamados tratamientos) y tres repeticiones. Se evaluaron nueve unidades experimentales a las cuales se les asignó al azar alguno de los siguientes tratamientos: cultivo hortícola sin fertilización (Control), cultivo hortícola con aplicación de cama de pollo (Cama de Pollo), y cultivo hortícola con fertilización química (fertilizante inorgánico granulado húmeda) (Fertilización Química).

Las unidades experimentales fueron parcelas de 4 m², y el cultivo seleccionado para este estudio fue el de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) debido a su sensibilidad a la fertilización, su generalizada producción en el cinturón verde bonaerense y al amplio consumo como verdura fresca. A las parcelas asignadas al tratamiento Cama de Pollo se les incorporó cama de pollo seca a razón de 32.500 kg ha⁻¹ previo al trasplante de los plantines de lechuga. Dicha dosis fue establecida siguiendo la práctica habitual de los productores locales. Por otro lado, a las parcelas asignadas al tratamiento Fertilización Química, se les aplicó 550 kg ha⁻¹ de fertilizante inorgánico granulado (YaraMila Hydrocomplex NPK 12 - 4,8 - 15) en los surcos a los 15 días y a los 30 días de implantado el cultivo de lechuga.

La cama de pollo fue provista por un productor avícola de tipo intensivo. Previo a su incorporación al suelo se le aplicó un tratamiento de estacionado del tipo “pila estanca”, que consiste en estacionar el material formando una pila a la intemperie durante seis meses. Esta técnica es la más utilizada por los productores hortícolas de la zona del cordón verde bonaerense. Pasado este tiempo, se aplicó en las parcelas asignadas a dicho tratamiento. El efecto del estacionado modifica las características químicas de la cama de pollo como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1 - Datos analíticos de la cama de pollo pre-estacionado y post-estacionado.

	pH	C.E. (dS m ⁻¹)	Cenizas (%)	COT (%)	PT (%)	NT (%)
Pre-estacionado	8,41	6,17	32,60	36,83	1,50	1,65
Post-estacionado	7,75	2,80	46,22	29,39	2,13	N.D

C.E. (Conductividad eléctrica); COT (Carbono orgánico total); PT (Fósforo total); NT (Nitrógeno total); N.D.: no disponible

4-3 Muestreo de suelo y biomasa aérea de lechuga

Ambos muestreos se realizaron en paralelo al momento de la cosecha del cultivo. Las muestras de suelo para la determinación de las diferentes variables se tomaron a la profundidad de 0-10 cm, con barreno o muestreador tubular para suelo (Figura 4), tomándose 10 muestras por parcela para conformar la muestra compuesta de cada parcela. A partir de estas muestras se evaluaron los indicadores de calidad química y biológica del suelo.

Las muestras de lechuga para la determinación de los antibióticos enrofloxacin y ciprofloxacina estuvieron compuestas de ocho submuestras por cada parcela, colectándose exclusivamente las hojas, descartando las externas. Inmediatamente luego de ser colectadas, las hojas fueron lavadas siguiendo las recomendaciones para consumidores, y conservadas a -20 ° hasta ser enviadas al Instituto Tecnología de los Alimentos, perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina), donde fueron evaluadas.



Figura 4: Muestreador tubular de suelo.

4-4 Determinaciones químicas y biológicas en suelo

La calidad química del suelo en respuesta al tipo de fertilización se evaluó a través de los indicadores materia orgánica total, nitrógeno total y relación carbono nitrógeno. La calidad biológica a través de los indicadores respiración microbiana basal y respiración inducida por sustrato.

4-4-1 Materia Orgánica Total (MOT)

Se determinó el carbono orgánico total (COT) por vía húmeda – micrométodo. El procedimiento propuesto por Walkley y Black (SAMPLA, 2004) consiste en oxidar al carbono presente en la muestra, 100 mg a 200 mg de suelo seco y tamizado por 500 μm , con una mezcla de una solución de dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) y de H_2SO_4 al 98%. Para determinar el COT, se colocó la muestra de suelo en tubos de ensayo rotulados. Luego, se

agregó con micropipeta 1,5 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N; inmediatamente, se agregaron 3 ml de H_2SO_4 concentrado y se mezcló suavemente con movimiento de rotación. Se dejó en reposo durante 20 minutos, colocando los tubos dentro de una conservadora para mantener la temperatura evitando la pérdida de calor. Trascurrido el tiempo, se agregó agua destilada hasta la mitad del tubo, se agitó y se llevó a la heladera durante 20 minutos para detener la reacción. La titulación se realizó con sulfato ferroso o Sal de Mohr 0,3 N en con un agitador por aire hasta viraje del color al rojo (Figura 5). Simultáneamente se realizaron blancos de muestra. Se utilizó Ferroína como indicador.

Para el cálculo de COT (%) se utilizó la ecuación

$$\%COT = \frac{[(B - M) * 0,3 * 300]}{Pm * 0,82}$$

Ecuación 1

Dónde: “B” es volumen (ml) de Sal de Mohr consumido por el Blanco, “M” es volumen (ml) de Sal de Mohr consumido por la Muestra, “Pm” es el peso de la muestra (mg), “0,3” es la normalidad de la Sal de Mohr, el factor “300” corresponde a la transformación de mol equivalente de C a mg y por 100 mg de suelo, el “0,82” es un factor de corrección por oxidación (82%).

Una vez obtenido el valor de COT (%) se lo multiplica por la constante de Van Bemmelen (1,724) para transformar ese carbono orgánico en MOT (Marbán, 2005).

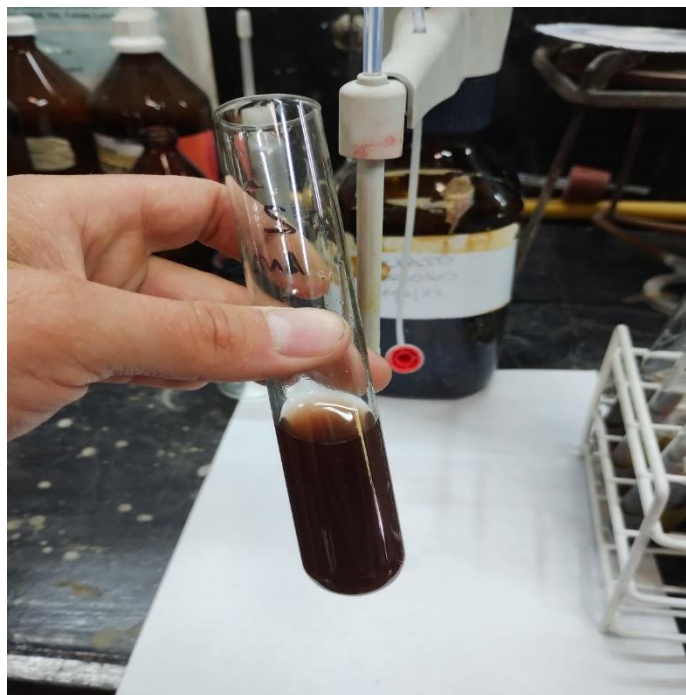


Figura 5: Determinación de carbono orgánico por combustión húmeda. Etapa de titulación: viraje de color por acción de la ferroína (punto final).

4-4-2 Nitrógeno total (NT)

La determinación se realizó por el método de Kjeldahl (SAMPLA, 2004), que consiste en una digestión de la materia orgánica presente en la muestra de 0,25 g de suelo seco tamizado a 500 μm , con 3 ml ácido sulfúrico (H_2SO_4), 1 gr de mezcla de sales catalíticas y 2 ml de agua destilada, a una temperatura de 350 $^{\circ}\text{C}$ hasta que la mezcla toma un color turquesa, la cual se consigue en el digestor Kjeldahl (Figura 6). El nitrógeno presente en la muestra se transforma en amoníaco (NH_3) al ser digerido. El NH_3 , ante el exceso de H_2SO_4 , se transforma en amonio (NH_4^+). La segunda parte de este método es la destilación, donde se lleva el producto de la digestión a un matraz de 50 ml, llevándolo a volumen con agua destilada. Se tomó una alícuota de 10 ml y se colocó en el destilador Kjeldahl, agregando 5 ml de NaOH para neutralizar y, luego, 10 ml de agua destilada. El destilado se recibió en un Erlenmeyer conteniendo 5 ml de la mezcla ácido bórico con indicador. La destilación finalizó al recolectar 20 ml de solución. Por último, se realizó una titulación por retorno con H_2SO_4

0,005 N hasta el viraje del indicador a un color rosado. Paralelamente se desarrolló y tituló un blanco. Para calcular el NT (%) se utilizó la ecuación 2.

$$NT (\%) = \frac{(Vm - Vb) \times 35}{P}$$

Ecuación 2

Siendo: “Vm” es el Volumen (ml) de H₂SO₄ empleado en la titulación de la muestra, “Vb” es el volumen (ml) de H₂SO₄ empleado en la titulación del blanco, “P” es el peso (mg) de la muestra de suelo, “35” es el factor resultado de la ecuación 3.

$$35 = \frac{0,005 \times 14 \times 50 \times 100}{10}$$

Ecuación 3

Dónde: “0,005” es la normalidad del ácido sulfúrico, “14” es el peso del miliequivalente del N, “50” es el volumen al que se llevó la totalidad de la muestra, “10” es el volumen de la alícuota destilada y “100” es para expresar el resultado en porcentaje con respecto al suelo.



Figura 6: Equipo digestor (marca TecnoDalvo) Kjeldahl utilizado para realizar la digestión de las muestras para nitrógeno total.

4-4-3 Relación carbono – nitrógeno (C/N)

Es el cociente entre COT y el NT presente en el suelo. Las formas en la que se obtuvieron los valores tomados para este parámetro fueron descritas anteriormente. Para este cálculo se utilizó la Ecuación 4.

$$C/N = \frac{COT}{NT}$$

Ecuación 4

Siendo: “COT” el valor (%) de Carbono Orgánico Total y “NT” el valor en (%) de Nitrógeno Total.

4-4-4 Respiración microbiana basal (RMB)

La respiración microbiana medida como desprendimiento de CO₂, se determinó por el método de absorción en una solución álcali seguida de una titulación (Zibilske, 1994, SSSA). A partir de cada extracción se colocaron 50 g de la muestra de suelo, previamente tamizada, en frascos herméticos con tapa de 750 cm³. Las muestras fueron incubadas en estufa a 22°C durante siete días en oscuridad para lograr la estabilización de los microorganismos. Una vez transcurrido este tiempo, se colocó un vial de 20 ml de una solución de NaOH 0,25N dentro del frasco hermético junto a cada muestra y se incubó nuevamente a 28°C durante siete días. Una vez finalizada la incubación, se realizó la titulación del NaOH con una solución de HCl 0,25N. En dicha titulación, a su vez se utilizaron 3 ml de una solución de cloruro de bario (BaCl₂) 3N, para evitar que el NaOH reaccione con el CO₂ atmosférico, y tres gotas del indicador fenolftaleína que permitieron observar el cambio de color en la solución, pasando de un color fucsia a un color blanquecino/trasparente. En todos los casos, los análisis fueron realizados por duplicado con tres blancos. Para el cálculo de la respiración se utilizó la Ecuación 5:

$$RMB \text{ (mg de C - CO}_2 \text{ . kg de suelo seco}^{-1} \text{ . día}^{-1}) = \frac{[(B - S) \times M \times 6]}{G \times T}$$

Ecuación 5

Dónde: “RMB” es el valor de respiración en mg de C-CO₂. kg de suelo seco⁻¹. día⁻¹, “B” es el volumen en ml de ácido gastado en la valoración del blanco, “S” es el volumen en ml

de ácido gastado en la valoración de las muestras, “M” es la normalidad del ácido, “6” es el factor de conversión, considerando que 1 ml de NaOH 1M equivale a 6 mg de C-CO₂, “G” es el peso del suelo seco (gr) y “T” factor relativo al tiempo en días.

4-4-5 Respiración Inducida por Sustrato (SIR)

La SIR, es un método desarrollado por Anderson y Domsch (1978), se basa en la estimación de la respiración máxima de una muestra de suelo a la cual se aplica un sustrato carbonado (glucosa) en exceso para que pueda ser utilizada rápidamente por los microorganismos presentes en la muestra. La muestra de suelo se coloca en un recipiente herméticamente cerrado, junto a un vial abierto que contenga una solución alcalina fuerte, para poder captar el CO₂ desprendido por los microorganismos al respirar. El sistema se incuba durante seis horas a 22°C, para permitir la actividad microbiana, pero evitar la multiplicación microbiana. Luego se titula, con un ácido fuerte, la cantidad de base consumida por el CO₂ de la respiración.

Las muestras de suelo de 20 g, se colocaron en recipientes de un volumen de 750 cm³ cerrados herméticamente (Figura 7). Los frascos con la solución alcalina fuerte contenían 20 ml de hidróxido de sodio (NaOH) 0,025 N. Luego de las seis horas de incubación, se procedió a titular una alícuota de 10 ml del NaOH con una solución de ácido clorhídrico (HCl) 0,025 N. Para la titulación, se utilizaron 2,5 ml de una solución de cloruro de bario (BaCl₂) 3N, para evitar que el NaOH reaccione con el CO₂ atmosférico, y tres gotas del indicador fenolftaleína. Se agregó el ácido hasta que la titulación llegó al punto final (viraje de color fucsia a color blanquecino/transparente). Se realizaron tres repeticiones por cada parcela muestreada y tres blancos. Para el cálculo de SIR se utilizó la Ecuación 6.

$$SIR (mg \text{ de } CO_2 \cdot g \text{ de suelo}^{-1}) = \frac{[(V.bl - V.ac) \times N.ac \times 22 \times Vb \times 100]}{PNH \times Ab}$$

Ecuación 6

Dónde: “V.bl” es el volumen en ml de ácido gastado en la valoración del blanco, “V.ac” es el volumen de ácido gastado en la valoración de las muestras, “N.ac” es la normalidad del ácido, “22” es un factor para convertir el resultado en mg, “Vb” es el volumen de la base

total, “PNH” es el peso neto húmedo de la muestra de suelo y “Ab” es el volumen de la alícuota utilizada.



Figura 7 Frasco hermético de 750 cm³ dentro la muestra de suelo y un recipiente conteniendo 20 ml de NaOH donde son llevados a cabo las mediciones de Biomasa total y de Respiración microbiana basal

4-5 Presencia de antibióticos en lechuga

La determinación de presencia de antibióticos consistió en una extracción en fase sólida (SPE) seguida por un análisis de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masa de simple cuádruplo (UPLC-MS).

4-6 Análisis estadístico

El efecto del tipo de fertilización y sus tratamientos sobre las variables Materia orgánica total, Nitrógeno total, Relación C/N, Respiración basal y Respiración inducida por sustrato se analizó utilizando el paquete estadístico Graphpad Prism Versión 5.01. El efecto del tipo de fertilización se evaluó utilizando el análisis de la varianza (ANOVA). Para identificar diferencias entre los tres tratamientos evaluados, las medias significativamente diferentes se separaron a posteriori usando el *test* de comparación múltiple de Tukey.

Las mediciones sobre la presencia y la cantidad de antibiótico en lechuga, fueron analizadas utilizando el paquete estadístico Graphpad Prism Versión 5.01. Al contar solo con dos tratamientos, se utilizó un análisis t-Student.

En todos los casos las diferencias se consideraron significativamente diferentes cuando $p < 0,05$.

5- Resultados y Discusión

En la siguiente sección se presentan y discuten los resultados obtenidos al evaluar indicadores químicos y biológicos de calidad del suelo (sección 5-1) e indicadores de transmisión de antibióticos al cultivo de lechuga (sección 5-2), en respuesta al tipo de fertilización en un ensayo hortícola.

5-1 Análisis de propiedades del suelo

5-1-1 Porcentaje de Materia Orgánica Total

La materia orgánica total es un indicador de la capacidad del suelo de proveer nutrientes a los cultivos (Casanovas *et al.*, 1995). A su vez, interviene en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Ambos factores son fundamentales para la producción agropecuaria (Díaz-Zorita, 1999).

En este ensayo, los valores medios de materia orgánica total obtenidos al evaluar los primeros 10 cm de profundidad, estuvieron en el rango de 3,43 % y 4,07 %. El promedio de materia orgánica en la región pampeana es de 4,00 % para los suelos prístinos y de 2,92 % para los suelos bajo agricultura (Sainz Rozas *et al.*, 2011). Con lo cual, los valores encontrados en este primer año de ensayo están por encima de los valores promedios de suelos bajo producción agrícola.

Se observó, por medio del análisis ANOVA que el tipo de fertilización tiene efecto ($p < 0.05$) sobre la materia orgánica del suelo. Según el análisis *a posteriori* del test de Tukey, por un lado, existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos cama de pollo y control y entre cama de pollo y fertilizante químico. Por otro lado, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos control y fertilizante químico, como se muestra en la Figura 8.

En los campos agrícolas de la región pampeana, los niveles de materia orgánica total sufren un descenso histórico de hasta el 50% debido a la intensificación de la agricultura, (Eiza *et al.*, 2006; Sainz Rosa *et al.*, 2011). Desde este punto de vista, el tratamiento “cama de pollo”, tiene un efecto positivo ya que eleva de manera significativa ($p < 0,05$) los niveles de materia orgánica total. Los efectos de la aplicación de una enmienda orgánica se

condicen con lo expuesto por Cabrera (2009) en su revisión sobre los efectos de las enmiendas sobre la materia orgánica del suelo.

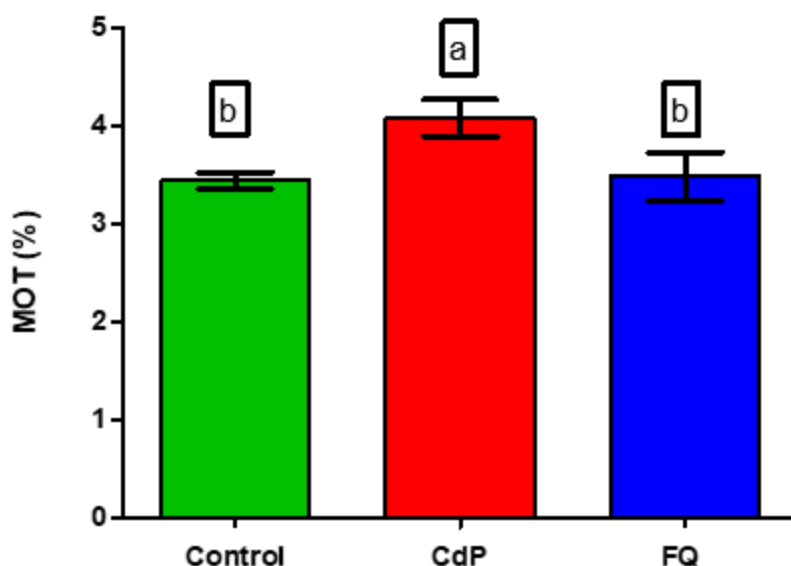


Figura 8 Valor promedio de Materia Orgánica Total (MOT) (%) de suelo para la profundidad de 0-10 cm, correspondientes al tiempo de cosecha en función del tipo de fertilización. Diferentes letras sobre las columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos: control, cama de pollo (CdP) y Fertilizante Químico (FQ) de acuerdo a los análisis a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media.

5-1-2 Nitrógeno total

El nitrógeno es un macronutriente esencial para la vida vegetal dado que es fundamental para llevar a cabo la fotosíntesis (Kumar *et al.*, 2002). Por esta razón esta variable fue tomada en cuenta para este ensayo.

El nitrógeno total, en los distintos “tipos de fertilización” analizados, estuvo dentro del rango de 0,196 % a 0,261 % de media. Al considerar lo expuesto por Besteiro y Descalzo (2021), los valores encontrados en nuestro ensayo en los tratamientos control y fertilizante químico corresponden a la categoría **rico en nitrógeno**, definida por el rango de valores que se encuentran entre 0,159-0,221 %. En cuanto al tratamiento cama de pollo, este corresponde a la categoría **extremadamente rico** definida para valores superiores a 0,221 %.

Se observó, por medio del análisis ANOVA que existe un efecto del “tipo de fertilización” sobre la variable nitrógeno total del suelo. Según el análisis *a posteriori* de

Tukey, el tratamiento cama de pollo presentó los valores más altos para esta variable, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) tanto al comparar con el tratamiento control como con fertilizante químico. Por el contrario, el tratamiento control y el tratamiento fertilizante químico no presentaron diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$), como se representa en la Figura 9.

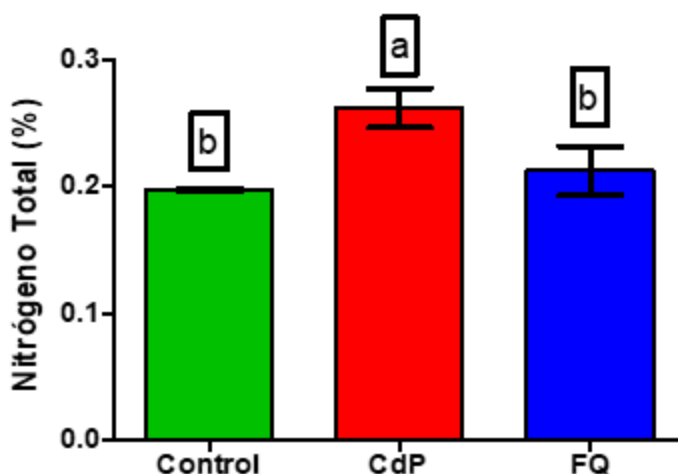


Figura 9. Valores medios del Nitrógeno Total (%) del suelo a la profundidad de 0-10 cm correspondientes al momento de cosecha. Diferentes letras sobre las columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos control, cama de pollo (CdP) y Fertilizante Químico (FQ) de acuerdo a los análisis a posteriori de Tukey ($p < 0.05$). Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media.

El nitrógeno en forma mineral es un elemento muy móvil dentro del suelo. Puede ser transportado por el agua y así perderse por lixiviación como bien muestra en su trabajo Poch *et al.* (2005), o puede perderse por volatilización (Leal-Varón *et al.*, 2007). En este ensayo el tratamiento cama de pollo resultó ser el de mayor valor de Nitrógeno Total. La diferencia existente entre el tratamiento fertilizante químico y el tratamiento cama de pollo puede deberse a la forma como estos aportan el nitrógeno en el suelo. Mientras el fertilizante químico aporta nitrógeno de forma mineral, en la cama de pollo gran parte del nitrógeno se encuentra formando parte de moléculas orgánicas que tardan en degradarse (Garland *et al.*, 2010; Mazzilli *et al.*, 2014). Al formar parte de moléculas orgánicas el nitrógeno es temporariamente inmovilizado y, por lo tanto, es retenido en el suelo.

En un ensayo similar, sobre un suelo perteneciente a la Serie Gorina, clasificado como Hapludert típico (Hurtado *et al.*, 2006) con cultivo de *Lactuca sativa* L. bajo cubierta,

Calandrelli y Falcón (2018), encontraron aumento del nitrógeno total al aplicar 60 tn ha⁻¹ de cama de pollo estacionada. Sin embargo, los autores no encontraron diferencias significativas al utilizar la dosis de 30 tn ha⁻¹. Esto puede deberse a la variabilidad en el contenido de nutrientes presentes en las camas de pollo que depende del material vegetal de la cama, del número de ciclos de crianza de pollos y de su alimentación (Chaudhry *et al.*, 1998 y Ministerio de Agroindustria. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2015), entre otros. Dada su variabilidad, es de suma importancia caracterizar a la cama de pollo previo a su aplicación al suelo para determinar la dosis adecuada.

5-1-3 Relación Carbono/Nitrógeno

La materia orgánica en el suelo puede ser clasificada según sus características físicas o químicas, eso quiere decir que tenemos materia orgánica más lábil y materia orgánica más estable. Una manera de medir la estabilidad de la materia orgánica es su relación C:N (Galantini *et al.*, 2008). Entender la relación C:N presente en el suelo nos dará una idea sobre el tiempo para la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (Mazzilli *et al.*, 2014).

En este ensayo, los valores medios de relación C/N obtenidos al evaluar los primeros 10 cm de profundidad estuvieron en el rango de 9,04 – 10,12. El USDA (*U.S. Department of Agriculture*) define un valor de relación C/N óptimo para suelos agrícolas de 10:1, ya que se mantienen las condiciones biológicas en un equilibrio dinámico (USDA, 2023). A su vez, Hao *et al.* (2021) encontraron que el valor óptimo de relación C/N en el suelo para acumular residuos microbianos es de 9,583:1. Por debajo de este, el carbono orgánico disponible comienza a limitar el crecimiento microbiano. Por encima de este, el crecimiento microbiano se ve restringido por la falta de Nitrógeno y aumenta la competencia con las plantas.

Se observó, por medio del análisis ANOVA que el tipo de fertilización tiene efecto ($p < 0.05$) sobre la relación carbono/nitrógeno del suelo. Según el análisis *a posteriori* de Tukey, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento cama

de pollo y el tratamiento fertilizante químico ($P < 0,05$). Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos control – cama de pollo y los tratamientos control - fertilizante químico ($P > 0,05$) como muestra la Figura 10.

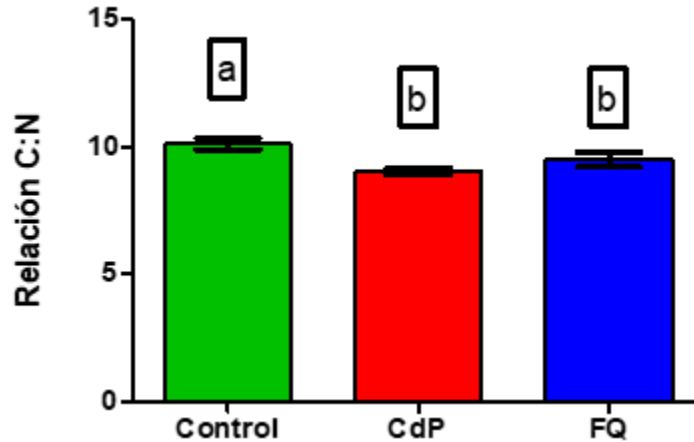


Figura 10. Valores promedio de la relación C:N de suelo para una profundidad de 0-10 cm, correspondientes al tiempo de cosecha. Diferentes letras sobre las columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos control, cama de pollo (CdP), y Fertilizante Químico (FQ) de acuerdo a los análisis a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media.

Los resultados de este trabajo muestran que todos los tipos de fertilización analizados tienen una relación C/N cercanas al óptimo de la USDA previamente mencionado. El grupo de control demostró una relación carbono-nitrógeno con un valor muy cercano al óptimo, lo cual se atribuye a que el suelo no había sido previamente cultivado y este fue su primer año de ensayo hortícola. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Ferreras *et al.* (2007) en su investigación sobre suelos no cultivados.

5-1-4 Respiración basal

La actividad de los microorganismos en el suelo es un factor clave en el ciclado de los nutrientes en el suelo (Garland *et al.*, 2010). Las propiedades microbiológicas del suelo responden de forma rápida y sensible a los cambios en las condiciones del suelo (Paolini Gomez, 2018).

Los resultados de esta variable estuvieron con valores medios de 39,44 mg CO₂.g suelo⁻¹ para el tratamiento control, 40,02 mg CO₂.g suelo⁻¹ para el tratamiento fertilizante químico y 86,99 mg CO₂.g suelo⁻¹ para el tratamiento cama de pollo. Podemos ver, por medio del análisis ANOVA, que el tipo de fertilización tiene un efecto sobre la variable respiración basal. El análisis a posteriori de Tukey mostró que el tratamiento cama de pollo tiene diferencias estadísticamente significativas (P<0,05) con los tratamientos control y fertilizante químico. Por su parte, los tratamientos control y fertilizante químico no tuvieron diferencias estadísticamente significativas (P>0,05) entre sí, como se muestra en la Figura 11.

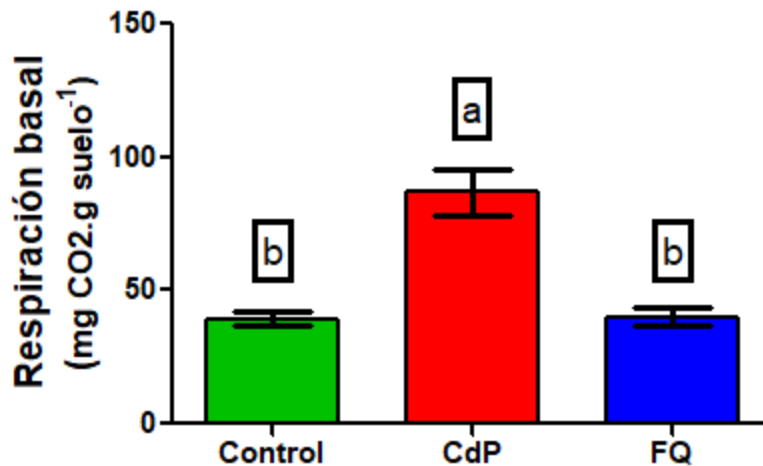


Figura 11. Valores promedio de Respiración microbiana basal en suelos (mg CO₂.g suelo⁻¹) de suelo para la profundidad de 0-10 cm, correspondientes al tiempo de cosecha en función del tipo de fertilización. Diferentes letras sobre las columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos: control, cama de pollo (CdP) y Fertilizante Químico (FQ) de acuerdo a los análisis a posteriori de Tukey (p<0,05). Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media. Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media.

De la Portilla López *et al.* (2020) trabajo con 3 dosis de biosólidos (0, 25 y 40 tn ha⁻¹) en dos suelos erosionados, en los cuales encontraron que la mayor dosis presentaba valores significativamente más altos que las otras dosis. Este resultado se condice con lo encontrado en este estudio. Cabe destacar que la cama de pollo es el único tratamiento que

aporta tanto una fuente de nutrientes como de carbono orgánico (29,39% post estacionado), el cual puede ser utilizado como energía por los microorganismos del suelo.

5-1-5 Respiración microbiana inducida por sustrato

Respiración microbiana inducida por sustrato permite inferir el valor de biomasa microbiana a través de un sustrato fácilmente degradable que desencadenará la respiración por parte de los microorganismos presentes en el suelo (Allegrini, 2017). La actividad de los microorganismos en el suelo es un factor clave en el ciclado de los nutrientes en el suelo (Garland *et al.*, 2010).

El rango de los valores promedios encontrados en este trabajo fue de 9,59 a 14,77 mg CO₂ g suelo⁻¹, siendo el tratamiento cama de pollo el más alto (Figura 12). Sin embargo, el análisis ANOVA mostro que el factor tipo de fertilización no tuvo efecto significativo (p>0,05) sobre la variable respiración microbiana inducida por sustrato.

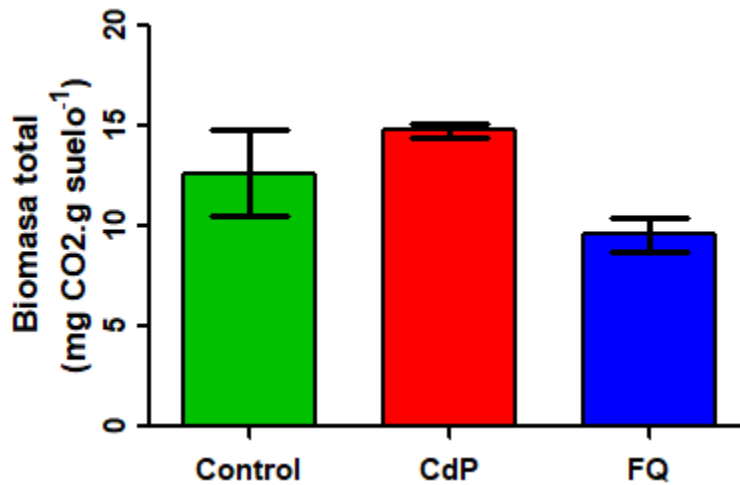


Figura 12. Valores medios de Biomasa total (mg CO₂. g suelo⁻¹) de suelo para la profundidad de 0-10 cm, correspondientes al tiempo de cosecha en función del tipo de fertilización. Diferentes letras sobre las columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos: control, cama de pollo (CdP) y Fertilizante Químico (FQ) de acuerdo a los análisis a posteriori de Tukey (p<0,05). Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media. Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media.

Al analizar biomasa microbiana del suelo, De la Portilla López *et al.* (2020) encontraron diferencias estadísticamente significativas en un suelo con erosión hídrica, entre el tratamiento que agregaba 25 tn ha⁻¹ de biosólidos y el control sin aplicación. Sin embargo, en un suelo con erosión por extracción minera no encontraron diferencias estadísticamente significativas con ninguna de las 3 dosis de biosólidos (0, 25 y 40 tn ha⁻¹). Como en su caso podemos inferir que las comunidades microbianas intentan permanecer homeostáticas ya que sufrieron perturbaciones por parte de la labranza realizada al principio del ensayo. Así mismo, debemos destacar la presencia de antibióticos dentro del sustrato cama de pollo, lo cual puede estar actuando como inhibidor del crecimiento de las comunidades bacterianas susceptibles.

5-2 Análisis de transferencia de antibióticos

La presencia de antibióticos es un factor de suma importancia dado que las bacterias pueden adquirir una resistencia al estar expuestas a estos compuestos durante un tiempo prolongado a bajas concentraciones, llamada resistencia adquirida (Quiñones Pérez, 2017).

La enrofloxacin es una fluoroquinolona que se utiliza para el tratamiento de enfermedades respiratorias y gastrointestinales en porcinos, bovinos, aves de corral y conejos (Römer *et al.*, 2017). Mediante actividad biológica, la enrofloxacin puede ser transformada en ciprofloxacina, otra fluoroquinolona, pero de uso exclusivo humano. La administración de antibióticos en medicina humana y veterinaria puede causar una presión selectiva, por ende, mayor riesgo de desarrollo de resistencia a antibióticos en bacterias (Lee *et al.*, 2013).

Como se muestra en la Figura 13, en este ensayo los valores observados concuerdan con la hipótesis planteada, dado que el tratamiento cama de pollo presentó un valor promedio de 12,96 µg de enrofloxacin kg de lechuga⁻¹ y el tratamiento control de 3,16 µg de enrofloxacin kg de lechuga⁻¹, el análisis por test de Tukey mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Cabe destacar que solo una parcela de las parcelas control presentó un valor distinto a cero, esto puede deberse a translocación de antibióticos

por escorrentía tal como presenta Navarro *et al.* (2021), dado que las fluoroquinolonas son solubles en agua.

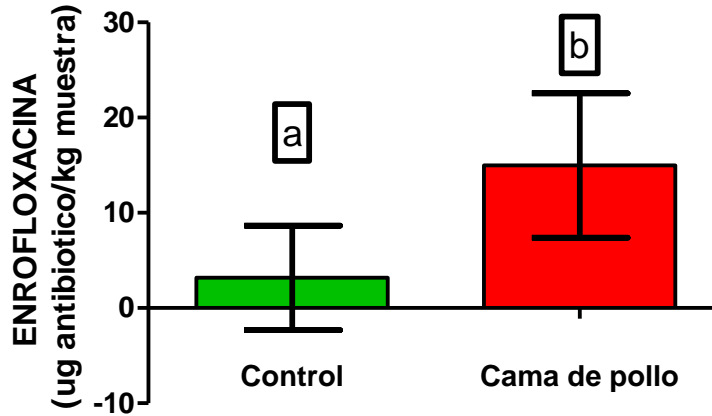


Figura 13. Valores promedio de Enrofloxacin en hojas de lechuga (μg de antibiótico $\cdot \text{kg muestra}^{-1}$) en muestras de hojas de plantas de lechuga al momento de la cosecha para los tratamientos control y cama de pollo. Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media. Diferentes letras sobre las columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos: control y cama de pollo de acuerdo a los análisis a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media.

La misma situación ocurre cuando se analiza la cantidad de ciprofloxacina en lechuga tal como se ve en la Figura 14. La concentración de ciprofloxacina es menor que la concentración de enrofloxacin, ya que en este sistema la primera es un metabolito de la segunda (Carrillo, 2008). Los valores promedios obtenidos en esta variable fueron de 2,13 μg de antibiótico $\text{kg de lechuga}^{-1}$ para el tratamiento control y de 9,76 μg de antibiótico $\text{kg de lechuga}^{-1}$ para el tratamiento cama de pollo, presentando diferencias estadísticamente significativas entre ambos.

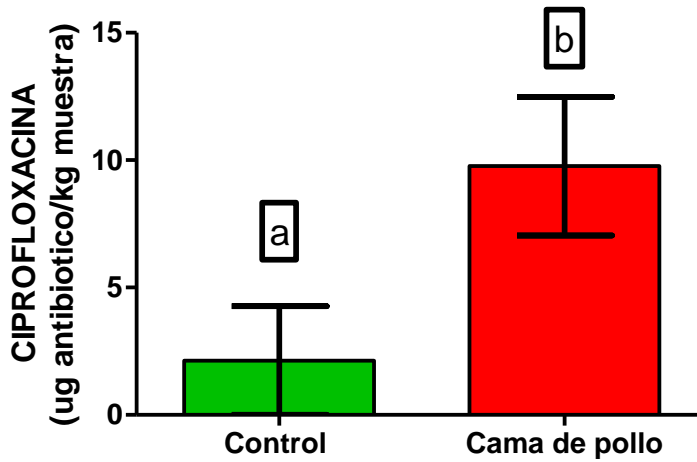


Figura 14. Valores promedio de Ciprofloxacina (μg de antibiótico \cdot kg de muestra⁻¹) en hojas de plantas de lechuga al momento de la cosecha para los tratamientos control y cama de pollo. Diferentes letras sobre las columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos: control y cama de pollo de acuerdo a los análisis a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media. Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media.

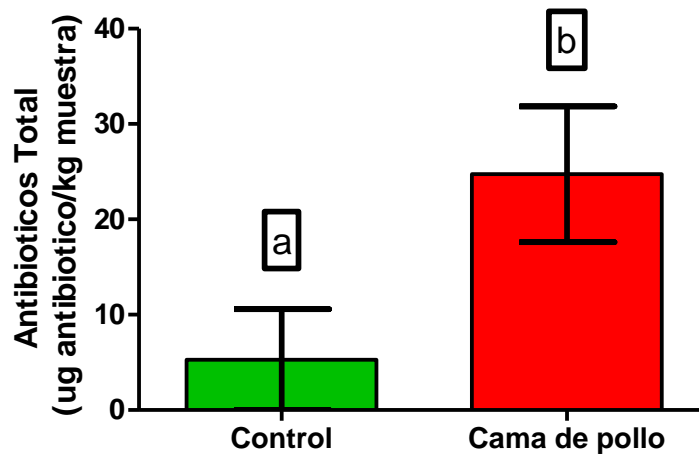


Figura 15. Valores promedio de antibióticos totales (μg de antibiótico \cdot kg muestra⁻¹) en hojas de plantas de lechuga al momento de la cosecha para los tratamientos control y cama de pollo. Resultado de la suma de enrofloxacin y de ciprofloxacina presente en el tejido de lechuga muestreado al momento de la cosecha. Diferentes letras sobre las columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos: control y cama de pollo de acuerdo a los análisis a posteriori de Tukey ($p < 0,05$). Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media. Las líneas verticales por encima y por debajo de cada barra representan el desvío estándar de la media.

La diferencia entre los tratamientos es más notable cuando se analizó la suma de ambos antibióticos (Figura 15). Dando valores promedio de $5,3 \mu\text{g}$ de antibiótico kg de

lechuga⁻¹ para el tratamiento control y de 24,7 µg de antibiótico kg de lechuga⁻¹ para el tratamiento cama de pollo, presentando diferencias estadísticamente significativas. Esto representa un riesgo para la salud ambiental, humana y animal, como expresa Mendoza (2011) en su artículo de revisión sobre la resistencia bacteriana a los antibióticos, la presencia de antibióticos en un ambiente favorece a la formación de individuos resistentes a este.

6- Conclusiones

En este trabajo de final de grado se obtuvieron evidencias que permiten aceptar, al menos parcialmente, las hipótesis planteadas.

El agregado de cama de pollo, previamente compostada por el método de pila estanca mejora las condiciones químicas de un suelo hortícola medidas a través de los indicadores Materia Orgánica Total y Nitrógeno Total, con respecto a los tratamientos Control (cultivo hortícola sin fertilización) y cultivo hortícola con fertilización química. Sin embargo, el agregado de cama de pollo, previamente compostada por el método de pila estanca, no muestra efectos sobre la variable química relación Carbono/Nitrógeno.

El agregado de cama de pollo, previamente compostada por el método de pila estanca, mejora la actividad biológica de un suelo hortícola, medida a través del indicador Respiración Basal, con respecto a los tratamientos Control (cultivo hortícola sin fertilización) y cultivo hortícola con fertilización química. Esto es debido a que la cama de pollo aporta materia orgánica para que los microorganismos puedan desarrollarse. Sin embargo, este tratamiento, no muestra efectos diferenciales sobre la variable Respiración inducida por sustrato. Esto puede darse a que, como en la respiración basal el tratamiento cama de pollo arrojo un valor más alto, no hay una respuesta al agregado de un sustrato lábil porque en el suelo no hay limitación de carbono. En los dos tratamientos restantes, como hay una limitante de carbono, la respiración tuvo una fuerte respuesta con el agregado de un sustrato lábil. Por otro lado, se podría hipotetizar que la presencia de antibióticos, que provinieron del sustrato cama de pollo, actuó como inhibidor de las comunidades de bacterias susceptibles; lo que llevo a que este parámetro diera más bajo de lo esperado y no muestre diferencia estadística entre el tratamiento cama de pollo y los demás tratamientos.

Las lechugas cultivadas en sistemas hortícolas que utilizan como sustrato la cama de pollo proveniente de producciones tradicionales, y cuyo sistema de compostado es de cama estanca, pueden contener niveles detectables de antibióticos en su biomasa foliar. A largo plazo, esto puede plantear un problema para la salud de los consumidores de estos

productos, debido al riesgo de consumir antibióticos y la posibilidad de propagación de bacterias resistentes a antibióticos que son críticamente importantes para la salud humana y animal.

Es necesario diseñar estrategias para obtener un sustrato de calidad agronómica que permita cerrar el ciclo de nutrientes en el agroecosistema, sin que esto implique un riesgo de transmisión de antibióticos que luego podrían afectar al ambiente y a los consumidores. Sobre todo, orientado con el enfoque de “una sola salud” (*One health*) elaborada por el *One Health High-Level Expert Panel (OHHLEP)*, también promovido por la FAO.

7- Bibliografía

Anderson, J. y Domsch, K. (1978). *A PHYSIOLOGICAL METHOD FOR THE QUANTITATIVE MEASUREMENT OF MICROBIAL BIOMASS IN SOILS*. *Soil biology and biochemistry*, 10(3), 215-221.

Allegrini, M. (2017). ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL GLIFOSATO SOBRE COMUNIDADES MICROBIANAS DE SUELOS DE LA REGIÓN PAMPEANA MEDIANTE UN ENFOQUE FISIOLÓGICO Y MOLECULAR. Universidad Nacional de Rosario. Tesis doctoral. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/84019>

Alonso, L.; Almada, N.; Gange, J.; Bonansea, R. y Wunderlin, D. (2021). ANTIBIÓTICOS RESIDUALES EN LA CAMA DE POLLO. ESTUDIO EXPLORATORIO EN GRANJA COMERCIAL DE ENTRE RÍOS. III Simposio de residuos agropecuarios y agroindustriales de NOA y Cuyo. Santiago del Estero, Argentina, 2021.

Appelbaum P. y Hunter P. (2000). *THE FLUOROQUINOLONE ANTIBACTERIALS: PAST, PRESENT AND FUTURE PERSPECTIVES*. *Int J Antimicrob Agents*. 16: 5–15. [https://doi.org/10.1016/S0924-8579\(00\)00192-8](https://doi.org/10.1016/S0924-8579(00)00192-8)

Benencia, R y Quaranta, G. (2005). PRODUCCIÓN TRABAJO Y NACIONALIDAD: CONFIGURACIONES TERRITORIALES DE LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA DEL CINTURÓN VERDE BONAERENSE. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, N° 23, 2^{do} semestre 2005.

Besteiro, S. y Descalzo, A. (2021) CONTENIDOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO DEL SUELO ANTE UN CAMBIO DE LA COBERTURA Y CONDICION TOPOGRAFICA. *RIA. Revista de investigación agropecuaria*. [online].47: 2, 285-292.

Blair, J.; Webber, M.; Baylay, A.; Ogbolu, D. y Piddock, L. (2015). *MOLECULAR MECHANISMS OF ANTIBIOTIC RESISTANCE*. *Nature reviews microbiology*. 13 (1), 42-51.

Brown, S. (1996). *FLUOROQUINOLONES IN ANIMAL HEALTH*. *J Vet Pharmacol Ther*. 19, 1–14. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.1996.tb00001.x>

Cabrera, F (2009). MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO: PAPEL DE LAS ENMIENDAS ORGÁNICAS. Memoria de la Real Academia Sevillana de Ciencias 10: 275-291.
<http://digital.csic.es/bitstream/10261/28751/3/Materia%20orgánica.pdf>

Calandrelli, L. y Falcón, M. (2018) EFECTO DE ENMIENDAS ORGANICAS SOBRE EL SUELO Y CULTIVO DE LECHUGA PROTEGIDO. Trabajo final de carrera. UNLP, FCAyF.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69820/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Caracciolo, A.; Visca, A.; Rauseo, J.; Spataro, F.; Garbini, G.; Grenni, P.; Mariani, L.; Mazurco, V.; Massini, G. y Patrolecco, L. (2022). *BIOACCUMULATION OF ANTIBIOTICS AND RESISTANCE GENES IN LETTUCE FOLLOWING CATTLE MANURE AND DIGESTATE FERTILIZATION AND THEIR EFFECTS ON SOIL AND PHYLLOSHERE MICROBIAL COMMUNITIES. Environmental Pollution.* 315, 12, 04-13.

Carrillo, M. (2008). APLICACIÓN DE FLUOROQUINOLONAS EN MEDICINA VETERINARIA: CRITERIOS FARMACOCINÉTICOS Y FARMACOCINÉTICOS/FARMACODINÁMICOS (PK/PD). Departamento de Farmacología. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia.
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10796/MarinCarrillo.pdf>

Castillo, M. A. (2002). ALGUNAS CONSIDERACIONES Y ALTERNATIVAS EN LA REUTILIZACIÓN DE LA CAMA EN LAS OPERACIONES AVÍCOLAS. Tecnología Avípecuaria en Latinoamérica. 15, 178: 46 – 50.

Casanovas, E.; Echeverria, H. y Studdert, G. (1995). MATERIA ORGANICA DEL SUELO BAJO ROTACIONES DE CULTIVOS. I CONTENIDO TOTAL Y DE DISTINTAS FRACICIONES. Ciencia del suelo (Argentina) 13: 16-20.

Chaudhry, S.M.; Fontenot, J.P. y Naseer, Z. (1998). *EFFECT OF DEEP STACKING AND ENSILING BROILER LITTER ON CHEMICAL COMPOSITION AND PATHOGENIC ORGANISMS. Animal Feed Science and Technology.* 74 155-167.

De la Portilla López, R.; Vaca Paulín, R.; Del Águila Juárez, P.; Salinas Alcántara, L.; Yáñez Ocampo, G. y Lugo de la Fuente, J. (2020). CARBONO DE LA BIOMASA MICROBIANA, RESPIRACIÓN BASAL Y CINÉTICA DEL CARBONO DE DOS SUELOS EROSIONADOS ENMENDADOS CON BIOSÓLIDOS. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 37, 443-453.

Diarra, M. S. y Malouin, F. (2014). *ANTIBIOTICS IN CANADIAN POULTRY PRODUCTIONS AND ANTICIPATED ALTERNATIVES.* *Frontiers in microbiology.* 5: 282. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00282>

Díaz-Zorita, M. (1999). EFECTO DE SEIS AÑOS DE LABRANZAS EN UN HAPLUDOL DEL NORDESTE DE BUENOS AIRES, ARGENTINA. *Ciencia del Suelo (Argentina).* 17:31-36. https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_17n1/ciencia_del_suelo_17_1_31_36.pdf

Eiza, M. J., Studdert, G. A. y Domínguez, G. F. (2006). DINÁMICA DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO BAJO AGRICULTURA CONTINUA: I. MATERIA ORGÁNICA TOTAL. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (Salta-Jujuy, 2006).

El Gemayel, L. y Bashour, I. (2020). *MECHANISM OF ANTIBIOTICS UPTAKE IN PLANTS.* *Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes: Environmental Occurrence and Treatment Technologies.* 177-193.

Ferratto, J.; Mondino, M.; Grasso, R.; Ortiz, M. y Longo, A. (2010). BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR: CADENA DE LAS PRINCIPALES HORTALIZAS DE HOJAS EN ARGENTINA; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2010.

Ferreras, L.; Magra, G.; Besson, P.; Kovalevski, E. y García, F. (2007). PHYSICAL QUALITY INDICATORS IN SOILS FROM THE NORTHERN PAMPA REGION OF ARGENTINA UNDER NO TILL MANAGEMENT. *Ciencia del suelo.* 25(2), 159-172. Recuperado en 16 de mayo de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672007000200007&lng=es&tlng=en

Ferraris, G. y Ferrero, G. (2018). ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA AGRARIA EN LOS SISTEMAS HORTÍCOLAS DEL AMBA-SUR (ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES-SUR); Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales; Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 117 (2): 231-244.

Galantini, J.; Suñer, L.; Landriscini, M. e Iglesias, J. (2008) ESTUDIO DE LAS FRACCIONES ORGÁNICAS EN SUELOS DE LA ARGENTINA / edición literaria a cargo de Juan Alberto Galantini. - 1a ed. - Bahía Blanca: Univ. Nacional del Sur – Ediuns.

Galantini, J.; Landriscini, M. R. y Hevia, C., (2007); CONTENIDO Y CALIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA DEL SUELO; Aapresid; Revista Técnica Especial en Siembra Directa. 10: 36-40.

Galantini, J.; Maneiro, C.; Santiago, L.; Iglesias, J. y Kleine, C. (2006). SISTEMAS DE LABRANZA EN EL SUDOESTE BONAERENSE. EFECTOS DE LARGO PLAZO SOBRE LAS FRACCIONES ORGÁNICAS Y EL ESPACIO POROSO DEL SUELO. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 35(1), 15-30.

García, F. (2003). AGRICULTURA SUSTENTABLE Y MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO: SIEMBRA DIRECTA, ROTACIONES Y FERTILIDAD. En Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. INPOFOS. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. <https://docplayer.es/11977121-Agricultura-sustentable-y-materia-organica-del-suelo-siembra-directa-rotaciones-y-fertilidad.html> . Fecha de última visita 21-09-2023.

García, M. (2014). LA RENTA EN LA HORTICULTURA DE LA PLATA (BUENOS AIRES, ARGENTINA): CAUSAS DE SU HETEROGENEIDAD INTRA Y EXTRARREGIONAL; Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Centro de Investigaciones Agroalimentarias; Agroalimentaria. 20; 38; 1-2014: 107-120

García, M. (2015). HORTICULTURA DE LA PLATA (BUENOS AIRES): MODELO PRODUCTIVO IRRACIONALMENTE EXITOSO; Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias

Agrarias y Forestales; Revista de la Facultad de Agronomía; 114; Núm. Esp. 1; 10-2015; 190-201

Garland, J.; Mackowiak, C. y Zabaloy, M. (2010). *ORGANIC WASTE AMENDMENT EFFECTS ON SOIL MICROBIAL ACTIVITY IN A CORN-RYE ROTATION: APPLICATION OF A NEW APPROACH TO COMMUNITY-LEVEL PHYSIOLOGICAL PROFILING*. *Applied Soil Ecology*. 44(3), 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.01.003>

Girardi, C., Greve, J., Lamshöft, M., Fetzer, I., Miltner, A., Schäffer, A., y Kästner, M. (2011). *BIODEGRADATION OF CIPROFLOXACIN IN WATER AND SOIL AND ITS EFFECTS ON THE MICROBIAL COMMUNITIES*. *Journal of hazardous materials*. 198, 22-30.

González Montaner, J.; M. Di Napoli, R. Pozzi, V. Stangaferro y E. Tecco, (2004). *INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN SOBRE EL BALANCE DE RASTROJOS Y EL ESTADO NUTRICIONAL DE LOS CULTIVOS EN UNA ROTACIÓN EN SIEMBRA DIRECTA EN ARGIUDOLES DEL SUR DE SANTA FE*. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná (ER), p. 221.

Hao, Z.; Zhao, Y.; Wang, X.; Wu, J.; Jiang, S.; Xiao, J.; Wang, K.; Zhou, X.; Liu, H.; Li, J. y Sun, Y. (2021). *THRESHOLDS IN ARIDITY AND SOIL CARBON-TO-NITROGEN RATIO GOVERN THE ACCUMULATION OF SOIL MICROBIAL RESIDUES*. *Commun Earth Environ*. 2, 236. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00306-4>

Havlin, J.; Kisel, D; Maddux, L.; Claasen, M. y Long, J. (1990). *CROP ROTATION AND TILLAGE EFFECTS ON SOIL ORGANIC CARBON AND NITROGEN*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 448-452.

Huang, G.; Wong, J.; Wu, Q. y Nagar, B. (2004). *EFFECT OF C/N ON COMPOSTING OF PIG MANURE WITH SAWDUST*. *Waste management*. 24(8): 805-813.

Hurtado, M.; Gimenez, J. y Cabral, M. 2006. *ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PARTIDO DE LA PLATA. APORTES AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. 1ra. Ed. Consejo Federal de Inversiones. 124p

INTA-AMBA. (2012). Agricultura urbana y periurbana en el Área Metropolitana de Buenos Aires. EEA-AMBA. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-creacin_eea_amba.pdf (Consultado noviembre 2022).

Jechalke, S.; Heuer, H.; Siemens, J.; Amelung, W. y Smalla, K. (2014). *FATE AND EFFECTS OF VETERINARY ANTIBIOTICS IN SOIL*; *Trends Microbiol.* 22(9): 536-545.

Karlen, D. L.; Mausbach, M. J.; Doran, J. W.; Cline, R. G.; Harris, R. F. y Schuman, G. E. (1997). Soil quality: Concept, rationale, and research needs. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 4-10.

Kemper, N. (2008). *VETERINARY ANTIBIOTICS IN THE AQUATIC AND TERRESTRIAL ENVIRONMENT. Ecological Indicators.* 8 (1): 1-13
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.06.002>

Kumar, K.; Gupta, S.; Chander, Y. y Singh, A. (2005). *ANTIBIOTIC USE IN AGRICULTURE AND ITS IMPACT ON THE TERRESTRIAL ENVIRONMENT. Advances in agronomy.* 87: 1-54.

Kumar, P.A.; Parry, M.A.J.; Mitchell, R.A.C.; Ahmad, A. y Abrol, Y.P. (2002). Photosynthesis and Nitrogen-Use Efficiency. In: Foyer, C.H., Noctor, G. (eds) *Photosynthetic Nitrogen Assimilation and Associated Carbon and Respiratory Metabolism. Advances in Photosynthesis and Respiration*, vol 12. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/0-306-48138-3_2

Lavado, R., (2012). ORIGEN DEL COMPOST, PROCESO DE COMPOSTAJE Y POTENCIALIDAD DE USO. En: MJ Mazzarino y P Satti (eds.). *Compostaje en Argentina: Experiencias de Producción, Calidad y Uso.* UNRN y Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. 3-12.

Leal-Varón, L.; Salamanca-Jiménez, A. y Sadeghian, K. (2007). PÉRDIDAS DE NITRÓGENO POR VOLATILIZACIÓN EN CAFETALES EN ETAPA PRODUCTIVA. *Cenicafé.* 58(3): 216-226.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/224/1/arc058%2803%29216-226.pdf>

Lee, C.; Cho, I.; Jeong, B. y Lee, S. (2013). *STRATEGIES TO MINIMIZE ANTIBIOTIC RESISTANCE*. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 10(9), 4274-4305; <https://doi.org/10.3390/ijerph10094274>

Marbán, L. y Ratto, S (2005). *TECNOLOGÍAS EN ANÁLISIS DE SUELOS: ALCANCE A LABORATORIOS AGROPECUARIOS*. - 1a ed. – Buenos Aires: Asoc. Argentina de la Ciencia del Suelo, 2005.

Marshall, B. y Levy, S. (2011). *FOOD ANIMALS AND ANTIMICROBIALS: IMPACTS ON HUMAN HEALTH*. *Clinical microbiology reviews*. 24(4), 718-733.

Martin, L.; Cossoli, M.; Romero, A. y Alconada, M. (2017). *MEDICIÓN DE LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA POR VOLUMETRÍA PARA DETECTAR DIFERENCIAS EN UN SUELO TRATADO CON DISTINTAS ENMIENDAS ORGÁNICAS*. *Agrotecnia*. 25: 63.

Martínez, J. L. (2008). *ANTIBIOTICS AND ANTIBIOTIC RESISTANCE GENES IN NATURAL ENVIRONMENTS*. *Science*. 321(5887): 365-367.

Mazzarino, M. J. y Satti, P. (2012). *COMPOSTAJE EN LA ARGENTINA. EXPERIENCIAS EN PRODUCCIÓN, CALIDAD Y USO*. Universidad Nacional de Río Negro. Editorial UNRN y Orientación Gráfica Editora.

Mazzilli, S.; Kemanian, A.; Ernst, O; Jackson, R. y Piñeiro, G. (2014). *PRIMING OF SOIL ORGANIC CARBON DECOMPOSITION INDUCED BY CORN COMPARED TO SOYBEAN CROPS*. *Soil Biol. Biochem*. 75: 273-281. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/4180>

Mendoza, A. (2011). *EL FORMIDABLE RETO DE LA RESISTENCIA BACTERIANA A LOS ANTIBIÓTICOS*. *Rev. Fac. Med. UNAM*. 54(1): 18-27.

Ministerio de Agroindustria. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. 2015. *BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO Y UTILIZACIÓN DE CAMA DE POLLO Y GUANO*. pp. 36. www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/prensa/folletos_digitales/. Fecha de la última consulta: 17-04-2023.

Ministerio de producción y trabajo. (2019). CAMA DE POLLO VALOR AGRONÓMICO. Secretaria de agroindustrias. https://magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/archivos/190430_valor%20Agronomico%20Cama%20de%20pollo%202019.pdf

Navarro, M.; Marino, D. y Miglioranza, K. (2021). ESTUDIO DE LA DISTRIBUCIÓN AMBIENTAL DE ANTIBIÓTICOS POLIÉTERES IONÓFOROS POR USO DE RESIDUOS PECUARIOS COMO ENMIENDAS ORGÁNICAS EN HORTICULTURA. EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN SOBRE SISTEMAS DE AGUAS SUPERFICIALES. Investigación Joven. 7(2): 252–253. Recuperado a partir de <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/11559>

Ordóñez, G. A. (2000). SALUD AMBIENTAL: CONCEPTOS Y ACTIVIDADES. Revista Panamericana de salud pública, 7(3), 137-147.

Otero, J.; Mestorino, O. y Errecalde, J. (2001). ENROFLOXACINA: UNA FLUORQUINOLONA DE USO EXCLUSIVO EN VETERINARIA. Analecta Veterinaria. 21 (1): 31-41.

Prack Mc Cormick, B.; Rodríguez, H.; Sokolowski, A.; Gagey, C.; Wolski, J. y Barrios, M. (2019). EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CALIDAD DEL SUELO EN RESPUESTA A PRÁCTICAS DE MANEJO HORTÍCOLA. La cama de pollo. En V Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (RAGSU) (La Plata, 12 al 14 de junio de 2019).

Paolini Gomez, J. (2018) ACTIVIDAD MICROBIOLÓGICA Y BIOMASA MICROBIANA EN SUELOS CAFETALEROS DE LOS ANDES VENEZOLANOS. Terra Latinoam (*online*). 36 (1): 13-22. ISSN 2395-8030. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v36n1/2395-8030-tl-36-01-13.pdf>

Poch, R.; Mailhol, J. C.; Candela, L. y Ramirez de Cartagena, F. (2005). ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS DE LIXIVIACIÓN DE NITRATOS EN SUELOS AGRÍCOLAS: ¿ENFOQUE NUMÉRICO O FUNCIONAL? Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VII. F.J. Samper Calvete y A. Paz González. https://www.researchgate.net/publication/237510392_ESTIMACION_DE_LOS_RIESGOS_D

E LIXIVIACION DE NITRATOS EN SUELOS AGRICOLAS ENFOQUE NUMERICO O FUNCIONAL

Quiñones Pérez, D. (2017). RESISTENCIA ANTIMICROBIANA: EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS ACTUALES ANTE EL ENFOQUE "UNA SALUD". Revista Cubana de Medicina Tropical. 69(3): 1-17.

Quiroga, A.; Galantini, J. y Studdert, G. (2017). LA MATERIA ORGÁNICA COMO INDICADOR DE CAMBIOS EN LA CALIDAD DE LOS SUELOS INFLUENCIADOS POR EL MANEJO. Manejo y conservación de suelos. Con especial énfasis en situaciones argentinas. 139-159.

Römer, A.; Scherz, G.; Reupke, S.; Meißner, J.; Wallmann, J.; Kietzmann, M. y Kaspar, H. (2017). *EFFECTS OF INTRAMUSCULARLY ADMINISTERED ENROFLOXACIN ON THE SUSCEPTIBILITY OF COMMENSAL INTESTINAL ESCHERICHIA COLI IN PIGS (SUS SCROFA DOMESTICA)*. *BMC Veterinary Research*. 13(1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-1260-8>

Sainz Rozas, H.; Echeverría, H. y Angelini, H. (2011). NIVELES DE MATERIA ORGÁNICA Y DE PH EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LA REGIÓN PAMPEANA Y EXTRA PAMPEANA ARGENTINA. *Ciencia del Suelo*. 29: 29-37. <https://fertilizar.org.ar/wp-content/uploads/2021/09/6.pdf>

SAMLA. (2004). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina. Dirección de Producción Agrícola. SISTEMA DE APOYO METODOLÓGICO A LOS LABORATORIOS DE ANÁLISIS DE SUELOS AGUA, VEGETALES Y ENMIENDAS ORGÁNICAS. Buenos Aires, Argentina. 120 pp.

Sanzano, G.; Corbella, R.; García, J. y Fadda, G. (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.; Flores, C.; Abbona, E.; Dubrovsky Berenzstein, N.; Blandi, M.; Bonicatto, M.; Cerdá, E.; Fernández, V.; Gargoloff, N.; Iermanó, M.; Marasas, M.; Monaco, C.; Paleologos, M.; Sánchez Vallduví, G. y Stupino, S. (2014). AGROECOLOGÍA: BASES TEÓRICAS

PARA EL DISEÑO Y MANEJO DE AGROECOSISTEMAS SUSTENTABLES. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2014. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0

Slana, M.; Pahor, V., Cvitkovič Maričič, L. y Sollner-Dolenc, M. (2014). *EXCRETION PATTERN OF ENROFLOXACIN AFTER ORAL TREATMENT OF CHICKEN BROILERS. Journal of veterinary pharmacology and therapeutics.* 37(6): 611-614.

Soil Survey Staff. (2014). *ILLUSTRATED GUIDE TO SOIL TAXONOMY. U.S Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska.*

Sokolowski, A.; Paladino, I; Rodríguez, H.; De Grazia, Javier; Barrios, M.; Wolski, J.; Navas, M.; Rodríguez Frers, E.; Blasón, A.; Debelis, S. y Prack Mc Cormick, B. (2020). AVANCES EN LA CARACTERIZACIÓN EDAFOCLIMÁTICA DE UN SECTOR DE LA RESERVA SANTA CATALINA, LOMAS DE ZAMORA. *Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 7 (2) 2020: 55-68.*

Tadić, Đ.; Hernandez, M.; Cerqueira, F.; Matamoros, V.; Pina, B. y Bayona, J. (2021). *OCCURRENCE AND HUMAN HEALTH RISK ASSESSMENT OF ANTIBIOTICS AND THEIR METABOLITES IN VEGETABLES GROWN IN FIELD-SCALE AGRICULTURAL SYSTEMS. Journal of Hazardous Materials.* 401, 123424. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123424

United States Department of Agriculture (USDA). (2023). *SOIL TECH NOTE 23A-CARBON:NITROGEN RATIO (C:N),* <https://www.nrcs.usda.gov/conservation-basics/conservation-by-state/illinois/soil-tech-note-23a-carbonnitrogen-ratio-cn> . Fecha de última consulta 13/04/2023

World Health Organization (WHO). (2015). *GLOBAL ACTION PLAN ON ANTIMICROBIAL RESISTANCE.* Geneva.
http://www.who.int/iris/bitstream/10665/193736/1/9789241509763_eng.pdf?ua=1

Zibilske, L.M. 1994. *Carbon mineralization: Chapter 38*. Weaver R. W., Angle J. S., Bottomley P. S. (ed). *Methods of soil analysis. Part 2: Microbiological and biochemical properties*. SSSA Book Series 5. Madison, USA: 835-859