



EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE ABONOS ORGÁNICOS LIQUIDOS
EN UN CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) BAJO MANEJO
AGROECOLÓGICO

Autor
MARIO CESAR BONILLO

Director Dra. María Flavia Filippini
Codirector Mg. Victor Mario Lipinski

Tesis presentada como requerimiento parcial
para obtener el grado de

MAGISTER SCIENTIAE EN HORTICULTURA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
Facultad de Ciencias Agrarias

Noviembre 2017

A los facultativos de la Universidad Nacional de Cuyo:

Los miembros del Comité elegidos para examinar la tesis de Mario Cesar Bonillo la encuentran satisfactoria y recomiendan que sea aceptada con la calificación de “.....”.

Quiero darles las gracias a las siguientes personas por la gran ayuda y orientación que me han brindado para la realización de este trabajo:

- A mi directora de tesis, Dra. Maria Flavia Filippini por su acompañamiento y dirección, en la simpleza y encaminadora experiencia transmitida.
- A mi codirector, Mg. Victor Lipinski por su orientación y acompañamiento en el desarrollo del trabajo de tesis.
- A Susana Álvarez, Analia Catacata, Claudio Ortiz, Sebastián Ibarra y Fernanda Bravo por su enorme contribución en diferentes etapas del desarrollo de la tesis.

EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE ABONOS ORGÁNICOS LIQUIDOS
EN UN CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) BAJO MANEJO
AGROECOLÓGICO

Resumen

Autor: Mario Cesar Bonillo

Directora: Dra. Maria Flavia Filippini - Codirector: Mg. Victor M. Lipinski

Entre las tecnologías más promocionadas por técnicos y extensionistas para cultivos agroecológicos están los abonos orgánicos foliares (AOL), utilizados de forma empírica y sin protocolos de producción. En la presente tesis se evaluó el efecto de la aplicación foliar de abonos orgánicos sobre el crecimiento y nutrición de la lechuga bajo manejo agroecológico. Se realizó un ensayo en primavera con aplicaciones de Té de Compost 0,1% (TC), Té de Lombricompost 1% (TLC), Supermagro 0,1% (SM) y agua como testigo (T) durante cuatro semanas con tres aplicaciones semanales. Se evaluaron peso fresco (PF), peso seco (PS) y al momento de cosecha se evaluó color (L^* , a^* , b^* y h^*), área foliar y número de hojas. En hojas se midió ácido ascórbico, azúcares reductores, nitratos, contaminación con coliformes (NMP g^{-1}) y microorganismos benéficos (*Azospirillum* sp y *Trichoderma* sp). El PF en la cosecha aumentó con la aplicación de SM. La diferencia fue de un 53 %. En color en las plantas que habían recibido SM presentaron diferencias significativas respecto al resto de los tratamientos especialmente en las variables L^* y h^* . TLC superó a los demás tratamientos en contenidos de ácido ascórbico, superando al testigo en un 58%. Todos los AOL generaron lechugas con contenidos de azúcares reductores y nitratos mayores al testigo, destacándose TC para el primero. El aumento de contenido de nitrato fue de un 25% promedio respecto a T. Todas las lechugas que recibieron abono orgánico presentaron NMP g^{-1} superiores a lo permitido al igual que el testigo (SM 2400, TLC 1300, TC 2400 y T 2140), aunque la prueba confirmatoria para *E. coli* fue negativa. TC (0,7**) favoreció a *Azospirillum* respecto a T. De acuerdo a los resultados obtenidos se propone profundizar los estudios, para poder avanzar en una conclusión definitiva respecto al uso adecuado de los abonos orgánicos foliares estudiados.

Palabras claves: *Lactuca sativa*, abonos orgánicos foliares, calidad, inocuidad

EFFECT OF FOLIAR APPLICATION OF LIQUID ORGANIC FERTILIZERS IN
A LEAF CULTIVATION (*Lactuca sativa* L.) UNDER AGROECOLOGICAL
MANAGEMENT

Summary

Author: Mario Cesar Bonillo

Director: Dr. Maria Flavia Filippini - Codirector: Mg. Victor M. Lipinski

Among the technologies most promoted by technicians and extensionists for agroecological crops are organic foliar fertilizers, (AOL) used empirically and without production protocols. This thesis evaluated the effect of the foliar application of organic fertilizers on the growth and nutrition of lettuce under agroecological management. A trial in the spring with applications of Compost Tea 0.1% (TC), vermicompost Tea 1% (TLC), Supermagro 0,1% (SM) and water as a control (T) for four weeks with three applications weekly. Fresh weight (PF) and dry weight (PS) were evaluated and color (L *, a *, b * and h *), leaf area and number of leaves were evaluated at harvest time. Ascorbic acid, reducing sugars, nitrates, coliform contamination (NMP g-1) and beneficial microorganisms (*Azospirillum* sp and *Trichoderma* sp) were measured in leaves and rhizosphere. The PF in the harvest increased with the application of SM. The PF difference between SM and T was 53%. In color in the plants that had received SM showed significant differences with respect to the rest of the treatments especially in the variables L * and h *. TLC exceeded the other treatments in ascorbic acid contents, surpassing the control by 58%. All AOL generated lettuces with reducing sugar contents and higher nitrates to the control, with TC being the first one. The increase in nitrate content was 25% average with respect to T. All lettuces presented higher than permitted NMP g-1 (SM 2400, TLC 1300, TC 2400 and T 2140), although the confirmatory test for *E. coli* was negative. TC (0.7 **) favored *Azospirillum* with respect to T. On leaves no effect was found. According to the results obtained it is proposed to deepen the studies, in order to advance in a definitive conclusion regarding the proper use of the foliar organic fertilizers studied.

Key words: *Lactuca sativa*, foliar organic fertilizers, quality, safety

INDICE

EVALUACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INDICE DE CAPITULOS	vi
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE ANEXO	xi
SIGLAS	xii

INDICE DE CAPITULOS

CAPITULO 1: Introducción General. Importancia de cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	
1.1 Resumen	2
1.2 Importancia de la lechuga como hortaliza	3
1.3 Valor nutritivo	4
1.4 Presencia de nitratos y su ingesta	7
1.5 Manejo del cultivo	9
1.6 La Quebrada de Humahuaca como zona productora	11
1.7 Problemática de la producción de lechuga “Quebradera”	14
1.8 La agric. Agroecologica como alternativa tecnológica	17
1.9 Bibliografía	19
CAPITULO 2: Fertilización de bajo impacto ambiental: Abonos Orgánicos	
2.1 Resumen	25
2.2 Antecedentes generales	26
2.3 Diversidad en abonos orgánicos	29
2.4 Características y propiedades de los abonos	30
2.4.1 Súpermagro	30
2.4.2 Compost y te de compost	32

2.4.3 Lombricompuesto y té de lombricompuesto	35
2.5 Bibliografía	38
CAPITULO 3: Obtención y caracterización físico química y microbiológica de los abonos orgánicos líquidos	
3.1 Resumen	42
3.2 Introducción	43
3.3 Composición y caracterización de los abonos orgánicos	43
3.4 Objetivos	48
3.5 Materiales y metodología	48
3.5.1 preparación de los abonos orgánicos	48
3.5.1.1 Compostado	48
3.5.1.1.1 Preparación del té de compost	49
3.5.1.2 Lombricompostado	49
3.5.1.2.1 Preparación del té de lombricompuesto	50
3.5.1.3 Súpermagro	50
3.5.2 Caracterización de los abonos orgánicos sólidos y líquidos	51
3.5.3 Resultados y discusión	53
3.6 Bibliografía	58
CAPITULO 4: Estudio de concentraciones y frecuencias de aplicación de té de compost, té de lombricompuesto y Súpermagro en plantines de lechuga.	
4.1 Resumen	62
4.2 Introducción	63
4.3 Hipótesis y Objetivo	65
4.4 Materiales y método	66
4.5 Resultados	68
4.6 Discusión y conclusiones	70
4.8 Bibliografía	71
CAPITULO 5: Efectos de la aplicación foliar de abonos orgánicos líquidos sobre cultivo de lechuga.	
5.1 Resumen	74
5.2 Introducción	75
5.3 Hipótesis	90
5.4 Objetivos	90

5.5 Materiales y métodos	91
5.5.1 Establecimiento del ensayo a campo	91
5.5.1.1 Cultivo	91
5.5.1.2 Producción de plantines	91
5.5.1.3 Lugar del ensayo a campo	92
5.5.1.4 Clima	92
5.5.1.5 Suelo	92
5.5.1.6 Características del ensayo	94
5.5.2 Diseño del experimento	95
5.6 Tratamientos	95
5.7 Muestreo y determinaciones	96
5.7.1 Análisis estadístico	97
5.7.2 Peso fresco y peso seco	97
5.7.3 Contenido de N, P, K y Ca	98
5.7.4 Contenidos de ácido ascórbico, azúcares reductores y nitratos	98
5.7.5 Color de hoja	99
5.7.6 Área foliar	99
5.7.7 Número de hojas por planta	100
5.7.8 Determinación de coliformes	100
5.7.9 Determinación de <i>Trichoderma</i> y <i>Azospirillum</i>	101
5.8 Resultados	102
5.9 Discusión y conclusiones	112
5.11. Bibliografía	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Composición nutritiva promedio para lechuga	5
Tabla 1.2: Contenido de los principales polifenoles y carotenoides de algunas hortalizas	7
Tabla 3.1: Contenido de nutrientes de compost producido a partir de broza de café bajo diferentes condiciones ambientales	43
Tabla 3.2: Valores medios de compost realizados a partir de lodos de pantas	44

depuradoras.

Tabla 3.3: Contenidos de los principales nutrientes minerales para diferentes abonos orgánicos	45
Tabla 3.4: Tenores de nutrientes, pH y C.E. para SM	47
Tabla 3.5: Códigos de las metodologías, según AOAC, utilizada para la caracterización físico química de los abonos sólidos y líquidos	51
Tabla 3.6: Caracterización físico química de los abonos sólidos	54
Tabla 3.7: Caracterización físico química de los abonos líquidos	54
Tabla 3.8: Aislamiento de <i>Azospirillum</i> y <i>Trichoderma</i> de los abonos orgánicos líquidos y el agua	55
Tabla 3.9: Valores de NMP para los abonos líquidos y el agua	55
Tabla 4.1: ANOVA con interacciones para los diferentes factores para peso fresco de plantines de lechuga	68
Tabla 4.2: PF de plantines de lechuga bajo diferentes combinaciones de AOL, Concentraciones y frecuencias	69
Tabla 5.1: Descripción del perfil modal	93
Tabla 5.2: Análisis de suelo de capa arable de la parcela de ensayo	93
Tabla 5.3: Peso fresco (g) de planta completa de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) tratadas en cuatro momentos de muestreo durante el ciclo	102
Tabla 5.4: Peso seco (g) de planta completa de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) para distintos tratamientos con abonos orgánicos foliares, en cuatro momentos de muestreo durante el ciclo del cultivo	103
Tabla 5.5: PFA, PFR expresada en gramos y relación PFR/PFP	104
Tabla 5.6: PSA, PSR y PSR/PSP para lechugas con diferentes trat. con AOL	104
Tabla 5.7: Nitrógeno en porcentaje de materia seca de plantas de lechugas tratadas con diferentes abonos foliares orgánicos.	105
Tabla 5.8: Contenidos de Fosforo en % de materia seca, para las diferentes fechas de muestreo durante el cultivo de lechugas tratadas con distintos abonos orgánicos foliares.	105

Tabla 5.9: Contenidos de calcio en % de materia seca, para las diferentes fechas de muestreo durante el cultivo de lechugas tratadas con distintos abonos orgánicos foliares	106
Tabla 5.10: Contenidos de potasio (K) en % de materia seca, para las diferentes fechas de muestreo durante el cultivo de lechugas tratadas con distintos abonos orgánicos foliares.	106
Tabla 5.11: Color según parámetros Lab de CIELAB, mediante escaneado de hojas y procesamiento con software “Pixel”	108
Tabla 5.12: Numero de hojas por planta en los diferentes tratamientos	109
Tabla 5.13: Área foliar para plantas de lechugas tratadas con diferentes abonos foliares orgánicos	110
Tabla 5.14: Valores de NMP/g obtenidos en muestras de lechugas tratadas con TC, TLC, SM y T	111
Tabla 5.15: Aislamiento de <i>Azospirillum</i> sp de lavados de raíces de las diferentes tratamientos	111
Tabla 5.16: Aislamiento de <i>Trichoderma</i> sp de lavados de raíces de las diferentes tratamientos	112
Tabla 5.17: Aislamiento de <i>Trichoderma</i> sp de lavados de hojas de las diferentes tratamientos	112

INDICE DE FIGURAS

Figura 5.1: Distribución de tratamientos en el ensayo de campo	96
Grafico 1.1: Estacionalidad de precios e ingresos en el Mercado Central de Buenos Aires	4
Gráfico 5.1: contenido de ácido ascórbico ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) en plantas de lechugas tratadas con diferentes abonos orgánicos foliares (L, C y SM) y testigo. Evaluación a cosecha	107
Gráfico 5.2: contenido de azúcares reductores (%) en muestras de lechugas	107

tratadas con diferentes abonos orgánicos foliares (L, C y SM) y T. Evaluación a cosecha	
Gráfico 5.3: contenido de nitratos (ppm) en lechugas tratadas con diferentes abonos orgánicos foliares (L,C y SM) y T. Evaluación a cosecha	108
Gráfico 5.4: Valores de “h*” de hojas de plantas de lechugas bajo distintos tratamientos de abonos orgánicos foliares	109

Anexo I

Imagen 1: parcela de lechuga en Maimara, Quebrada de Humahuaca, Jujuy	132
Imagen 2: Compost en proceso de terminación, producido a partir de cama de granja avícola	132
Imagen 3: Preparación de los abonos orgánicos foliares, de izquierda a derecha: te de compost, supermagro y te de lombricompuesto	132
Imagen 4: Ensayo de dosis en plantines de lechugas. Izquierda mayor concentración y dosis, hacia la derecha disminuyen, y con ella el efecto fitotóxico	132
Imagen 5: evaluación de ensayo de concentraciones y frecuencias en almacigo	132
Imagen 6: producción de plantines para ensayo de campo	132
Imagen 7: preparación en mochila de té de compost para aplicación	133
Imagen 8: parcela de campo	133

Anexo II

Tabla 1: Resumen de tratamientos y variables evaluadas (Cap. 5)	134
Tabla 2: Resumen sobre las variables evaluadas y metodologías	135

SIGLAS

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AOL	Abonos orgánicos líquidos
CITA	Centro de Investigación en Tecnología de los Alimentos
CIELAB	Commission Internationale de l'Eclairage
C	Compost
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
LC	Lombricompost
PS	Peso seco
PF	Peso fresco
PSA	Peso seco aéreo
PSR	Peso seco raíz
PFA	Peso fresco aéreo
PFR	Peso fresco raíz
PFP	Peso fresco planta
SM	Supermagro
TECA	Technologies and practices for small agricultural producers
TC	Té de compost
TLC	Té de lombricompost

CAPITULO 1

Importancia del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

1.1. Resumen

La lechuga *Lactuca sativa* L. se encuentra entre los principales cultivos hortícolas del país. Como hortaliza de consumo en fresco, se destacan sus propiedades antioxidantes y contenidos de fibra, flavonoides y agua. En nuestro territorio, tiene importancia como cultivo intensivo en cuanto a la generación de mano de obra y su alta y permanente demanda de consumo. Su producción se realiza en cinturones verdes de las grandes ciudades y en zonas especializadas como Santiago del Estero, donde la mecanización de los productores es de destacarse. También se produce en pequeños cinturones verdes, como en los valles andinos. La tecnología de producción varía según el tipo de productores predominante. En la Quebrada de Humahuaca, los productores, enmarcados en la agricultura familiar, suelen implementar sistemas y tecnologías inadecuadas. Esto último determina la necesidad de avanzar en generar y validar una tecnología agroecológica que permita a estos pequeños productores, producir bajo sistemas de mayor sustentabilidad, que implique recuperar prácticas culturales ancestrales. La aplicación de tecnologías agroecológicas en la Quebrada de Humahuaca revalorizaría la oportunidad de la denominación como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Palabras claves: lechuga, tecnología agroecológica, agricultura familiar.

1.2. Importancia de la lechuga como hortaliza

En nuestro país, la horticultura es una actividad de gran importancia económica y social. Utiliza tan solo un 2 % de la superficie agrícola, produce un 11,6 % del PBI Agrícola Nacional y una demanda de mano de obra directa (conjuntamente con la fruticultura) que involucra alrededor de 200.000 personas por campaña (FCA-UNR, 2010). La lechuga es una de las especies de hortalizas de mayor importancia a nivel mundial. Contiene numerosas vitaminas y elementos minerales, y por su bajo aporte calórico es indispensable en cualquier régimen dietético (Maroto, 2000).

En Argentina, la lechuga ocupa el quinto lugar junto al zapallo y luego de la papa, el tomate, la cebolla y el zapallito (Fernández, 2012). Esta especie se cultiva en casi todo el país, siendo un cultivo de gran relevancia en los cinturones hortícolas que rodean a los grandes conglomerados de Argentina (Vigliola, 1991; De Grazia *et al.*, 2001).

Se estima que la superficie plantada en Argentina, alcanza las 40.000 hectáreas anuales; con ingresos al Mercado Central de Buenos Aires de 32.000 toneladas por año (grafico 1.1). En Argentina, existen zonas especializadas en el cultivo de esta especie, donde la producción se lleva a cabo por productores de importante envergadura. Estas áreas se encuentran principalmente en Santiago del Estero y en zonas cercanas a Mar del Plata (Vigliola, 1991).

Los tipos comerciales de mayor difusión son: Capuchina, Criolla y Mantecosa. El consumo aparente es de unos 20 kg por habitante y por año (SAGPYA, 2009).

La ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, principal centro de consumo nacional, son abastecidos por la producción de la provincia de Buenos Aires en el periodo de septiembre-mayo, mientras que durante el invierno, la lechuga ingresada corresponde a producciones provenientes de Santa Fe y de Santiago del Estero (SAGPYA, 2009).

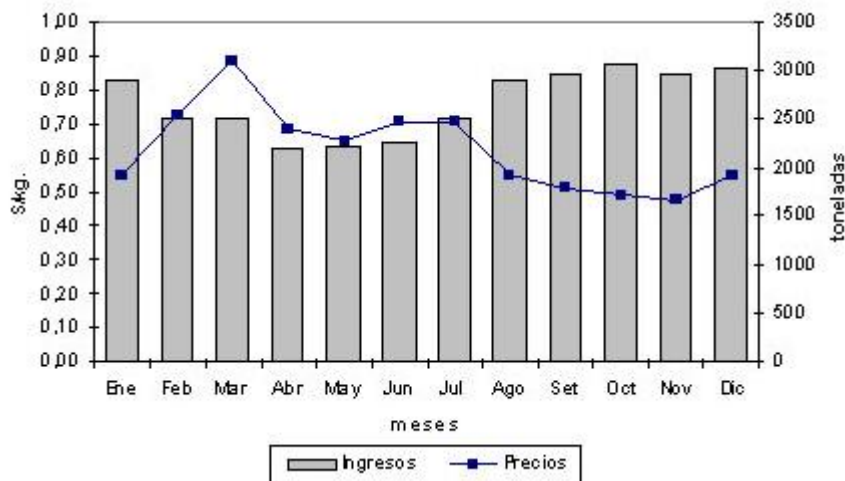


Grafico 1.1: Estacionalidad de precios e ingresos en el Mercado Central de Buenos Aires. Promedio del decenio 1999-2009. Tomada de la Dirección de Mercados Agroalimentarios-SAGPYA sobre INDEC.

En la provincia de Jujuy, el abastecimiento al mercado se realiza en forma rotativa y complementaria desde los diferentes valles de la provincia. La Quebrada de Humahuaca, es la principal proveedora en los meses de verano.

Además, la lechuga es la hortaliza con mayor presencia en las huertas familiares, consecuencia de su corto ciclo, de la facilidad que presenta la misma para desarrollarse en espacios pequeños y del hábito generalizado de su consumo en ensaladas.

1.3. Valor nutritivo

La lechuga se consume principalmente en fresco. En cuanto a sus propiedades nutritivas, presenta diferencias importantes en sus tipos varietales. En la Tabla 1.1, se indican en términos promedios, los principios nutritivos orgánicos e inorgánicos más importantes de una ración de 100 gramos de lechuga.

Tabla 1.1: Composición nutritiva promedio para lechuga, contenidos en 100 g de porción comestible (Batalla, 2004).

Energía kcal	Agua g	Hidratos de Carbono g	Fibra g	Potasio mg	Magnesio mg	Carotenos mg	Vit. C mg	Folatos µg
14	95	1,4	1,5	240	12	59,2	12	34

Como alimento aporta muy pocas calorías y un alto porcentaje de agua (90-95%). Es fuente importante de fibras, necesarias para el buen funcionamiento intestinal.

El aporte de minerales no resulta especialmente significativo, aunque sí posee pequeñas cantidades de fósforo, potasio, hierro y calcio. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que las hojas de color verde intenso, que por lo general suelen ser las menos tiernas, son precisamente las más ricas en vitaminas y minerales.

En términos generales, las hojas externas de color más oscuro son más nutritivas que las blanquecinas del interior (Batalla, 2004).

Posee contenidos vitamínicos, destacándose el ácido fólico, la vitamina C y la provitamina A (beta-carotenos), estas dos últimas, con acción antioxidante, vinculadas a la prevención de enfermedades cardiovasculares e incluso a ciertos tipos de cáncer. La niacina, tiamina (vitamina B1) y riboflavina (vitamina B2), se encuentran en menores proporciones.

El aporte de ácido fólico por la lechuga en la dieta, previenen patologías tales como: anemia megaloblástica, riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, procesos cancerígenos y malformaciones congénitas fetales (defectos del tubo neural como espina bífida, problemas cardíacos, labio leporino, etc.). También se ha relacionado la carencia en esta vitamina con alteraciones en el crecimiento, y con una deficiente función mental (Rodríguez, 1998).

Los beta carotenos, por su parte, además de transformarse en vitamina A en el organismo, actúan como antioxidantes y potenciadores del sistema inmune,

asociándose su ingesta elevada con un menor riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares.

En este sentido, son cada vez más numerosos los trabajos que asocian el consumo de frutas y hortalizas con una menor incidencia y mortalidad por enfermedades crónicas, ya que brindan protección contra enfermedades degenerativas y cardio/cerebrovasculares; estos beneficios se atribuyen principalmente al alto contenido de dichos antioxidantes y su acción sobre estrés oxidativo (radicales libres) (Alonso *et al.*, 1999).

Los radicales libres están implicados en la causa de estas enfermedades, por ocasionar daño oxidativos a proteínas, lípidos y ácidos nucleicos. Los antioxidantes neutralizan la acción de los mismos. La mayor capacidad antioxidante de frutas y vegetales se la proporcionan sus contenidos en vitamina E, C y carotenos, así como diferentes polifenoles (Alonso *et al.*, 1999).

Siendo la vitamina C, es una de las vitaminas de mayor importancia presente en hortalizas y frutas, contribuyendo con más del 90% del requerimiento de vitamina C (Premuzic *et al.*, 2007).

La lechuga contiene también flavonoides, fundamentalmente quercetina ($3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), molécula con conocida actividad antioxidante, antitrombótica (inhibidora de la formación de trombos) y anticarcinogénica. Otro flavonoide presente es el kaempferol ($0,41 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), y cantidades inferiores de miricetina ($<0,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), luteolina ($< 0,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) y apigenina ($< 0,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Esta hortaliza también aporta pequeñas cantidades de beta-sitosterol, stigmasterol y campesterol, fitoesteroles (Tabla 1.2), los que participan en importantes funciones biológicas tales como la reducción de los niveles séricos de colesterol y protección también frente a algunos tipos de cáncer (www.5aldia.com).

Es importante destacar que la lechuga, al consumirse generalmente en forma cruda (ensalada) se evita las pérdidas de nutrientes durante la cocción.

Tabla 1.2: Contenido de los principales polifenoles (mg kg^{-1} de porción comestible) y carotenoides ($\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de porción comestible) de algunas hortalizas (Alonso *et al.*, 1999).

	Tomate	Cebolla	Lechuga	Col
Flavonoides	mg kg^{-1}			
Quercetina	9,7	417	24,2	14,2
Kaemferol	18	23,9	2	35,2
Carotenoides	$\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$			
Luteína	58,7	Nd	880	1056
Licopeno	2205	Nd	Nd	<2
Beta caroteno	496	Nd	556	nd

1.4. Presencia de nitratos y su ingesta

La ingestión de nitratos a través de ciertos alimentos y bebidas produce problemas en la salud humana. Esto se debe a la formación de compuesto tóxicos a partir de los nitratos y nitritos, que generan metahemoglobinemia y nitrosaminas (Somogyi, 1988).

La importancia del contenido de nitratos en alimentos está considerada en la Reglamentación de la Comisión Europea de Regulación, informe N° 563/2002. Allí se especifican los máximos niveles de nitratos en lechugas y espinacas, especies hortícolas de mayor capacidad de acumulación de nitratos, haciéndose la diferenciación entre las estaciones del año y métodos de cultivos, debido a que los mismos influyen en los contenidos finales.

El JECFA, comité de expertos de la FAO/WHO en aditivos de alimentos, estableció como ingesta diaria aceptable (IDA) de nitratos hasta $3,65 \text{ mg kg}^{-1}$ de peso (WHO, 1995). De acuerdo a esta IDA, solamente 100 g de vegetal crudo (con una concentración de nitratos de 2500 mg kg^{-1} peso fresco) implica una ingesta de 250 mg de nitratos. Si una persona de 60 kg consume esta cantidad, la IDA para nitratos

sería superada por 14%. Por lo tanto considerar los contenidos de nitratos en la calidad de las hortalizas de hoja es de suma importancia para lograr el efecto benéfico de dichas hortalizas.

Existe a su vez un antagonismo conocido entre los efectos de los contenidos de nitratos y los de vitamina C (Graifenberg *et al.*, 1993), siendo esta vitamina considerada como uno de los factores de mayor importancia al ponderar la calidad nutricional de un producto. Existen asociaciones entre algunos procesos biológicos y la inhibición de la síntesis de nitrosaminas (factores cancerígenos) y la reducción de problemas cardiovasculares y cánceres (Harris, 1996).

En este sentido, contenidos bajos de nitratos y altos de vitamina C son deseables en las hortalizas de hoja. Considerando dicha relación como un índice importante de calidad nutricional.

El efecto cancerígeno de las nitrosaminas puede no haber sido comprobado totalmente en humanos expuestos a dietas con gran contenidos de nitratos al consumir productos como pescado, lechuga y espinaca, aunque fue estudiado en otras especies animales (Van Maanen *et al.*, 1998). En la ausencia de una relación contundente entre la presencia de estos compuestos y el riesgo de cáncer en humanos (Gangoli *et al.*, 1994) pueden jugar factores intrínsecos de los vegetales como los tenores de vitamina C, ya mencionado. Por lo que por ejemplo la ingesta de nitratos a través de aguas contaminadas puede ser mucho más peligrosa que la ingesta a través de vegetales (Hotchkiss *et al.*, 1992). De allí la importancia de consumir vegetales ricos en vitamina C.

1.5. Manejo del cultivo

La producción de lechuga en la Argentina varía con la región y la tipología productiva¹ de la misma. Si bien ciertas cuestiones técnicas son generales para el cultivo tales como características del suelo más propicio, la preparación del mismo, las labores culturales, etc.; otras son más específicas y pueden variar, como las variedades preferidas, los cuidados sanitarios, la fertilización, la forma de riego, etc. Además el producto final obtenido depende de la época en que se implante el cultivo, el ambiente y la tipología de productores involucrados.

En los cinturones de las grandes ciudades, la lechuga, ocupa el primer lugar en importancia dentro de los cultivos de producción al aire libre. Normalmente se cultiva a campo durante todo el año. La forma de producción más tradicional es la siembra directa sobre lomos y el riego por surco, pero actualmente empieza a difundirse cada vez más el trasplante con pan de tierra y el riego por goteo con la posibilidad de realizar fertirrigación. Esto permite usar fertilizantes que, dosificados junto con el agua de riego en la dosis y momentos adecuados, facilitan el manejo del cultivo. Es decir que con el uso de estas nuevas tecnologías se pueden lograr mejor calidad de producción, en cuanto a la terminación visual, y mejores rendimientos (FCA UNR. 2010). Como es un cultivo de ciclo corto, es posible su siembra sobre la misma superficie con una frecuencia bimestral y hasta tres veces en el año.

No solo es cultivada, en los cinturones de las ciudades más importantes de Argentina "a campo" sino también bajo cobertura o invernáculo. Dentro del sistema a campo se presentan varias alternativas: siembra mecánica sobre el terreno, implantación a partir de plantines, o bien siembras en canchas o bancales. En la época fría, se opta por invernadero o macro túneles. Utilizándose en regiones muy cálidas mallas tipos "media sombra" (Scaglia *et al.* 2004).

¹ Denominación que se le da a las diferentes expresiones de productores y campesinos en el marco de la antropología rural.

El sistema de producción del cinturón verde de Buenos Aires, se caracteriza por productores de alta tecnificación y muchos de ellos con una importante capitalización, consecuencia de las ventajas comparativas que le otorgan la cercanía al mayor mercado del país.

La tecnología de riego para la producción lechuguera nacional también suele variar, se utilizan aspersión y goteo en los cinturones más importantes. En los sistemas de mayor extensión como la de Santiago del Estero, se utilizan riego por inundación. En estas provincias (Santiago de Estero, Santa Fe y Buenos Aires) existe una importante mecanización de las distintas etapas del cultivo, asociada a la tipología involucrada.

Otra forma más “artesanal” distribuida en el país en los diferentes cinturones verdes de las ciudades menos pobladas de la Argentina y de algunos Valles andinos, es el realizado por agricultores familiares, que cultivan superficies generalmente menores a una hectárea. Productores menos capitalizados, que desarrollan el cultivo en tablas o terrenos que rara vez superan un quinto de hectárea, formando asociaciones con otras hortalizas de hojas tales como cebolla de verdeo, repollo, acelga y achicoria.

En los últimos años se empezó a usar el almácigo en bandejas plásticas, tecnología aún no maximizada. Seleccionándose los plantines para el trasplante por homogeneidad, tamaño, vigor y sanidad.

En la producción de lechuga, como se trata de una hortaliza que se consume en fresco, suele exacerbarse el cuidado de la apariencia visual, posiblemente como consecuencia de las exigencias de los mismos consumidores. Ello conlleva en muchos casos, al uso desmedido e inadecuado de la fertilización química y de agroquímicos, con el objetivo de buscar dicha terminación final del producto, asociado comúnmente al color “verde fresco y a la turgencia de las hojas”.

1.6. La Quebrada de Humahuaca como zona productora

La producción de lechuga en la provincia de Jujuy está orientada principalmente al mercado local y en menor medida al regional. En algunos casos, llega a venderse hasta en la provincia de Santiago del Estero. La tipología socio-productiva predominante es el de “agricultura familiar” ya que entre el 85 y el 92 % de los productores pertenecen a este estrato.

La lechuga como cultivo se realiza principalmente en dos zonas de la Provincia, una en el Valle de los Pericos, a 30 km hacia al sureste de la Capital provincial. La segunda, de mayor importancia desde el punto de vista socioeconómico y por sus caracteres culturales, en la Quebrada de Humahuaca.

La Quebrada de Humahuaca está situada en la Provincia de Jujuy, en el norte de Argentina. Cruza el Trópico de Capricornio, como valle desde los 40 km hasta los 160 km de distancia de San Salvador de Jujuy a más de 2.000 msnm. Implica un valle central y sus valles laterales, con orientación sur a norte (Proyecto Coctaca, 2012).

Es culturalmente andina, típicos valles de regadío con siembras de cultivos tradicionales mezclados con hortalizas. Las mujeres suelen ser pastoras de pequeños rebaños familiares, aunque en los últimos años, estas costumbres se han ido erradicando.

Cerca de 31.000 habitantes viven a lo largo del Río Grande, columna vertebral de la Quebrada. Las comunidades están rodeadas por impresionantes montañas que demuestran altas tasas de erosión, formando un paisaje dinámico caracterizado por grandes movimientos de tierra en la época de lluvias

Se estiman alrededor de 2000 productores, para una superficie total cercana a las 2500 hectáreas a lo largo de la misma. La mayoría son minifundistas que ocupan las escasas “tierras aptas” para agricultura (FAO, 2003).

El sector frutihortícola de la Quebrada de Humahuaca y demás valles andinos asociados, revisten una relativa importancia desde lo económico y de su impacto social como sistema. Contiene junto a la ganadería de monte, el mayor número de

agricultores familiares de la provincia. Es también fuente viva de identidad cultural y biodiversidad asociada.

La producción de dicha zona se caracteriza por trabajar en áreas de montañas, riveras de ríos, en terrenos discontinuos, estrechos, con mosaicos de suelos, generalmente bancales, de poco desarrollo edáfico.

La producción de hortalizas de hoja es plenamente de estación, generalmente en pequeños predios. Para dicho sector toda acción conducente a la optimización del uso de los recursos adquiere valor considerable, debido a la naturaleza frágil del mismo.

Los agricultores que cultivan alrededor de media hectárea emplean sólo mano de obra familiar, los que cultivan más superficie, para algunos trabajos, suelen tomar “peones”, los que muchas veces son migrantes temporarios de Bolivia. También últimamente un gran número de medieros son originarios del sur de Bolivia, principalmente del Dpto. de Potosí.

Los productos son comercializados por medio de intermediarios de ferias y el mercado de abasto de la Ciudad de San Salvador de Jujuy. Los intermediarios son denominados, por los mismos agricultores, “buscas” o “pichuleros”, denominaciones poco asociadas a la comercialización bajo parámetros de equidad entre las partes. En este sentido los agricultores denuncian cierta disconformidad con algunas facetas del rol del intermediario, eslabón que le continúa en la cadena.

Estudios realizados entre el 2002 y el 2004 por la FAO en la zona, demostraron el empleo de diferentes estrategias de los feriantes para lograr bajar el precio de los productos y aumentar la rentabilidad de la intermediación misma, a costa de los productores (Llobeta Raúl 2002, datos no publicados).

En la medida en que se sube en la Quebrada y se aleja de la Ciudad Capital de Jujuy, los agricultores cultivan en mayor proporción productos tradicionales tales como papa andina, oca, papa lisa, maíz, haba, cayote, zapallo, entre otros (Bonillo, 2005). Los oasis de cultivo más importantes se encuentran en forma colindante a la Ruta Nacional N° 9, atravesando esta última de sur a norte la Quebrada, como una columna vertebral, marchando en forma paralela al Rio Grande.

La producción quebradeña, desde antaño biodiversa, se identifica por su fuerte inclinación a la producción de hortalizas, sobre todo de hoja, además de ajo y zanahoria; gozando de muy buen reconocimiento regional las verduras de hojas de dicha zona, entre ellas la lechuga.

A su vez a lo largo de la quebrada existe cierta especialización vinculadas a las características climáticas. En la parte baja de la quebrada principal de la cuenca del río Grande se cultivan verduras de hojas, flores y en menor medida tomate, pimiento y zapallito. En la parte media aparece el ajo, pero son cultivos mayoritarios los de hoja y zanahoria; en las zonas altas se hace cada vez más evidente el cultivo de zanahoria y ajo.

Respecto a los cultivos tradicionales, la papas y tubérculos andinos, maíces, haba, zapallo y otros menores, son mantenidos en sectores pequeños cuyos terrenos son más chicos, dedicado principalmente al autoconsumo y al intercambio entre productores de diferentes valles en las ferias festivas de trueque. En las quebradas laterales de la cuenca y hacia arriba, a medida que se asciende, toman mayor importancia estos últimos cultivos.

En los Valles Andinos de Jujuy, la lechuga se cultiva en surcos distanciados a 0,35 m y a 0,2 m entre plantas. El laboreo se realiza mediante el uso de tracción animal. Esta tipología de agricultores suele producir los plantines en almácigos convencionales tipo tablón, utilizándose en forma no mayoritaria la esterilización de los suelos. Los plantines son seleccionados generalmente para el trasplante.

La fertilización era realizada comúnmente mediante el “enguanado” con estiércol de cabra estacionado, cada tres años, aplicándose en cantidades aproximadas de 20 t ha⁻¹. En los últimos años se difundió el uso anual de cama de granja y criadero de pollos parrilleros, dejándose de realizar un proceso primordial previo a la aplicación del guano conocido como estacionamiento y maduración del mismo, también denominado “apagado”. Este proceso de compostaje, implicaba una cierta degradación del guano, con lo que se mejoraba su inocuidad y otros aspectos de calidad.

El guano fresco, o semifresco hoy utilizado, es aplicado en los surcos luego de la recuperación de los plantines al trasplante.

Es importante remarcar que los suelos utilizados en la producción quebradeña son bancales de arenas ganados al río por los mismos productores, tecnología tradicional milenaria, por lo que el desarrollo de dichos suelos es casi nulo, siendo las actividades de aporte de materia orgánica externa, premisa básica para la productividad de los mismos.

La fertilización se complementa con fertilizantes químicos, principalmente nitrogenados, siendo la urea la más difundida. Fertilización usualmente desbalanceada, acrecentando el riesgo de contaminación de las aguas con nitratos y de obtener cultivos con tenores nocivos de los mismos.

El control fitosanitario suele hacerse por calendario, por medio de cócteles de insecticidas y fungicidas, predominando en las listas los más económicos y de alta toxicidad. Los principios activos más utilizados son el zineb, mancozeb, carbofuran, metamidofos y cipermetrina.

1.7. Problemática de la producción de lechuga “Quebradeña”

La Quebrada de Humahuaca ha sido declarada en el año 2002, Patrimonio cultural y natural de la Humanidad por la UNESCO, planteándose la necesidad de articular propuestas de desarrollo de la agricultura respetuosas con la conservación del paisaje y la cultura local.

Dentro de la Quebrada de Humahuaca, en aquellos sectores cercanos a las principales vías de comunicación y entre las localidades de Tunalito (al sur) y San Roque (al norte) el cultivo de la lechuga se realiza en forma convencional, con uso irracional de agroquímicos y fertilizantes, lo que implica riesgos ambientales.

Las acciones de extensión y desarrollo no logran frenar las “modas” del uso indebido e indiscriminado de agroquímicos y fertilizantes químicos. Los principales asesores son los vendedores de agroquímicas de la zona y los compradores intermediarios quienes suelen traerles productos a “cuenta”. De esta manera, los insumos son financiados por los intermediarios hasta la cosecha, pero bajo condiciones muchas

veces poco favorables para el agricultor familiar y sin una intervención técnica profesional que garantice diagnósticos adecuados y medidas sanitarias correctas.

En la Quebrada de Humahuaca como micro región y espacio cultural, se cruzan las prácticas agrícolas familiares con un vínculo particular con la tierra (Pachamama) y el incremento comprobado de una utilización no controlada de agroquímicos (Altamirano *et al.*, 2009).

A su vez, la denominación de la Quebrada como Patrimonio de la Humanidad, genera alternativas de diferenciación de los productos, tales como la producción natural, ecológica, comercio justo, denominación de origen, etc. Por lo que resulta necesario, en miras de poder aprovechar el potencial generado, desarrollar tecnologías de apoyo para propuestas agroecológicas; el ajuste de tecnología convencional y un avance en buenas prácticas agrícolas.

En dicho marco y específicamente para cultivos de hoja suelen ser recurrentes aplicaciones semanales de pesticidas a los diferentes cultivos. En el presente trabajo se destaca la aplicación de “terminación” que se realiza, consistente en la aplicación de una mezcla de metamidofos u otro fosforado y urea, 10 días antes de la cosecha. La misma se realiza con el argumento de obtener plantas sanas y turgentes.

En esta práctica, no se consideran los tiempos de carencias, el límite máximo de residuos de los pesticidas ni muchos menos el tenor final de nitratos en hojas.

La promoción de fertilización orgánica incorpora al sistema nuevas variables y riesgos mayores de contaminación si no se realiza apropiadamente. Tales como la contaminación con entero patógenos y la introducción de mosca común, organismo dispersor además de estos últimos.

El uso de guano en dosis elevadas implica incrementos de la salinidad edáfica, elevación del pH y aumentos de la concentración en el suelo de nitratos, amonios y otros iones tóxicos. Estos factores pueden terminar siendo perjudiciales para los cultivos, especialmente durante la germinación y la emergencia (FCA UNR, 2010).

El uso de estiércoles sin un tratamiento previo, es una fuente importante de contaminación microbiológica y constituye un riesgo para el consumo de alimentos frescos, los que producen en términos generales enfermedades gastrointestinales, siendo *Escherichia coli* una de las más peligrosas, encontrándose con frecuencia en

estiércol bovino y ovino. *Salmonella* sp y *Cryptosporidium* sp suelen ser de no menor importancia. La tasa de supervivencia de estos organismos es muy elevada, dependiendo de diferentes factores como el tipo de suelo, el volumen de aplicación, la acidez del suelo y el momento en que se aplica.

Para reducir los riesgos en el uso del guano, es necesario someterlo a un proceso de degradación y descomposición denominado compostaje. La acción de bacterias y hongos oxida el material orgánico y lo va estabilizando en forma de humus. La elevada temperatura que se produce en este proceso biooxidativo, reduce los riesgos de contaminación biológica acelerando el proceso de descomposición y destrucción de los microorganismos adversos (López Quisimalin, 2007).

Las hortalizas, en especial las consumidas crudas como la lechuga, deben ser inocuas y saludables, siendo estas exigencias crecientes de la sociedad (Cometti *et al.*, 2004), como así también el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad social ante los trabajadores rurales que trabajan durante su producción. Sin embargo, la producción de las mismas y en diversas regiones, se hace de manera inadecuada y no sustentable por diversas razones: el uso abusivo de agrotóxicos, destrucción de la capa fértil de los suelos, contaminación química y biológica de los recursos hídricos, intoxicación aguda y crónica de trabajadores rurales y exposición crónica de los consumidores urbanos ante residuos indeseados.

1.8. La agricultura agroecológica como alternativa tecnológica

Frente a escenarios insustentables es necesario el desarrollo de modelos alternativos para los sistemas familiares de producción, capaces de garantizar una producción en cantidad y calidad adecuada, conservando los recursos naturales y propiciando una mejor calidad de vida de los agricultores y consumidores (Tanaka *et al.*, 2003).

Una aproximación a dicho modelo productivo, en el marco de la cultura quebradeña, es la agricultura bajo el enfoque agroecológico. Ésta implica su vez, contar con ofertas tecnológicas que faciliten una adecuada reconversión de los sistemas, aunque

sincréticos², predominantemente convencionales de producción. Es decir tecnologías adecuadas para dichos procesos de transición que entreguen seguridad y eficacia en la transición misma de un modelo productivo a otro.

Se podría decir que tecnología para los procesos de transición de una agricultura convencional a agroecológica o para sistemas de producción que, por sus características productivas y de articulación con el mercado, sólo pueden producir bajo un esquema de sustitución de insumos, “existe” y en abundancia, hablando siempre de tecnología para el manejo de problemas fitosanitarios y nutrición de los cultivos.

Pero en su gran mayoría esta tecnología es de índole empírica, desarrollada y utilizada mayoritariamente por campesinos y productores, con buenos resultados, según lo reportado por éstos, pero aún poco estudiada científicamente, creándose a partir de allí una necesidad y oportunidad de desarrollo tecnológico importante.

La producción de tipo agroecológica involucra prácticas que buscan como objetivo principal favorecer el equilibrio de la planta con el ambiente bajo una mirada sistémica. Ello implica entre otros factores lograr técnicas de fertilización acordes a dicho objetivo y que además sean competitivas con los modelos convencionales, de innegable eficiencia en cuanto al volumen de producción promovido y a la inmediatez de acción.

Por ejemplo, desde la óptica agroecológica, la fertilización busca recuperar el potencial nutricional del suelo a través del enriquecimiento de éste con fuentes que contengan todos los elementos, pero principalmente con microorganismos, es decir incorpora el concepto de fertilidad biológica. Estos factores, con el tiempo darán el equilibrio dinámico que va a permitir que las plantas se nutran adecuadamente del suelo (CEDECO, 2005).

Además, una correcta fertilización implica evitar también un posible estrés nutricional el cual puede generar en la planta un debilitamiento que la predisponga al ataque de plagas y enfermedades.

² Expresión utilizada en la antropología para una entidad o rasgo cultural que proviene de la unión de dos culturas diferentes.

En consecuencia, la producción de hortalizas bajo un enfoque agroecológico implica contar con tecnología que permita una adecuada nutrición de los cultivos, buscando con ello los siguientes objetivos: un adecuado perfil nutricional de las plantas, la ausencia de estrés nutricional, y el aumento de los rindes dentro del potencial genético ambiental de los cultivos.

Como se mencionó en párrafos anteriores, el enfoque agroecológico implica diferentes tecnologías, las cuales tienen la función de ser fuentes alternativas de fertilización y bioestimulación de los cultivos (Arteaga, 2003), como por ejemplo, el uso de té de compost, té de lombricompost, supermagro, biol, entre otros. Estos abonos orgánicos líquidos son fuentes de macro y micronutrientes (Casco e Iglesias, 2005), pero además, de otros componentes de importancia biológica para el desarrollo de las plantas y la micro flora asociada a ésta.

En términos generales estos fertilizantes orgánicos líquidos aportan ácidos húmicos, fúlvicos y microorganismos relacionados a la solubilización y biodisponibilidad de minerales en el suelo. Crean un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc., que impiden el desarrollo de patógenos, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de enfermedades. También, estimulan la humificación propia del suelo ya que incorporan y descomponen los residuos vegetales presentes en el mismo (Casco e Iglesias, 2005).

1.9. Bibliografía

- ALONSO P.; SALUCCI, M.; LAZARO, R.; MAIANI, G. & FERRO, A. 1999. Capacidad antioxidante e importancia del sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. *Rev. Cubana Alim. Nutr.* 13(2):104-11.
- ALTAMIRANO, J.; BONILLO, M.; BOVI MITRE, G.; CASTRO, J.; FARFAN H. & SUBIA, G. 2009. Buenas Prácticas en el uso de compuestos tóxicos: Una Experiencia desde el Voluntariado Universitario en Huacalera, Jujuy. *Acta Toxicológica Argentina* 17 suplemento 2:56.
- ARTEAGA, M. 2003. Resultados de la aplicación de humus líquido sobre un suelo Ferralítico Rojo al evaluar algunos indicadores biológicos y productivos de tres cultivos. Tesis de Maestría; Universidad Agraria de la Habana.
- BATALLA, M. V. 2004. Verduras y hortalizas. Fuentes naturales de antioxidantes. *Ámbito Farmacéutico Nutrición*. Vol. 23 Num. 2. [<http://www.doymafarma.com>] [consulta: 10 abril 2012].
- BONILLO, M. 2005. Enfoques para el desarrollo rural sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Ed. FAO. 70 p.
- CASCO, C. A. & IGLESIAS, M. C. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost. Cátedra de Microbiología Agrícola - Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Nordeste.
- CEDECO. 2005. Preparación y Uso de Abonos Orgánicos Sólidos y Líquidos. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. San José, Costa Rica. [http://cedeco.or.cr/files/Abonos_organicos.pdf][Consulta: 24 de abril 2012].
- COMETTI, N.; MATIAS, G.; ZONTA, E.; MARY, W. & FERNANDES, M. 2004. Compostos nitrogenados e açucars solúveis em tecidos de alface organica, hidroponica e convencional. *Hortic. Bras.*, v. 22, n. 4: 748-753.
- DE GRAZIA, J.; TITTONELL, P. A.; CHIESA, Á. 2001. Efecto de la época de siembra, radiación y nutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento

- y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg. Vol. 16 (3).
- FCA –UNR. 2010. Facultad de Cs. Agr. Universidad Nacional de Rosario. Proyecto hortícola de Rosario. [[http://www.fcagr.unr.edu.ar /phrfile/Ensayo%20lechuga%20Yara.pdf](http://www.fcagr.unr.edu.ar/phrfile/Ensayo%20lechuga%20Yara.pdf)], [Consulta: 6 de mayo del 2011].
- FAO. 2003. Organizarse por el agua Fortalecer asociaciones de riego en la Quebrada de Humahuaca Jujuy, Argentina [<http://www.rlc.fao.org/es/tierra/ujuy.htm>] [consulta: 6 de mayo del 2011].
- FERNANDEZ L., J. 2012. La Producción de Hortalizas en Argentina. Informe de la Corporación del Mercado Central de Buenos Aires. [http://www.mercadocentral.gob.ar/zip tecnicas/la_produccion_de_hortalizas_en_argentina.pdf], [Consulta: 13 de junio del 2016].
- GANGOLI, S.; VAN DEN BRANDT, P.; FERON, V.; JANZOWSKY, J.; KOEMEN, J.; SPEIJERS, G.; SPIEGELHALDER, B.; WALKER, R. & WISHNOK, J. 1994. Nitrate, Nitrite and N- nitroso compounds. European Journal of Pharmacology Environmental Toxicology and Pharmacology Section 4, N 1, 1-38.
- GRAIFENBERG, A.; BARSANTI, L.; BOTRINI, L. & TEMPERINI, O. 1993. La problemática dei nitrati. L'informatore Agrario 6: 43-48.
- HARRIS, J. 1996. Subcellular biochemistry, Ascorbic Acid: Biochemistry and biomedical. Cell biology, vol. 25. Plenum, New York.
- HOTCHKISS, J.; HELSER, M.; MARAGOS, C. & WENG, Y. 1992. Nitrate, nitrite and nitroso compounds food safety and biological implications. In: ACS (American Chemical Society) Symposium series 484 Food safety Assesment; American Chemical Society. Finley and Amstrong 400-418 Washington.
- INFORME SAGPYA. 2009. Dirección de mercados agroalimentarios. Descripción de productos área hortalizas.
- LÓPEZ QUISIMALIN, B. H. 2007. Estudio del efecto de diferentes niveles de abono orgánico (humus) en la producción de forraje y semilla de pasto avena (*Arrhenatherum elatius*) aplicado en forma basal. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba. Ecuador.

- MAROTO, J. V. 2000. Horticultura Herbácea Especial. 4ta reimpresión corregida, 1ª edición 1994. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España. p. 220-221.
- PREMUZIC, Z.; PALMUCCI, H. E.; TAMBORENEA, J. & NAKAMA, M. 2007. Chlorination: Phytotoxicity and effects on the production and quality of *Lactuca sativa* var. Mantecosa grown in a closed, soil-less system. *PHYTON* 76: 103-117.ARG.
- PROYECTO COCTACA. 2012 Componente agro diversidad en Jujuy [www.condesan.org/jujuy/agr_coct.htm] [Consulta: 10 abril 2012].
- RODRIGUEZ, GISELA PITA. 1998. Acido Fólico y la Vitamina B₁₂ en la nutrición humana. *Revista Cubana Aliment Nutr* 12(2): 107-119. [http://www.bvs.sld.cu/revistas/ali/vol12_2_98/ali07298.pdf] [Consulta: 10 de abril 2013].
- SAGPYA. 2009. Informe EVOLUCION DE PRECIOS E INGRESOS EN EL MCBA. [www.sagpya.mecon.gov.ar/anuarios/hortalizas/2009/mcba/mcba_lechuga] [Consulta: 10 abril 2011].
- SCAGLIA, E.; VEGA, M. A. & SALTO, C. 2004. Lechuga tipo "de hoja". Prácticas para una producción continúa a campo. [<http://www.inta.gov.ar/Rafaela>] [Consulta: 10 de abril 2011].
- SOMOGYI, J. C. 1988. Belastung der Nahrung durch die Umwelt Gefahr für die Gesundheit Einführung in die Thematik. *Bibliotheca Nutritio et Dieta* (Basel) 41: 26-33.
- TANAKA, M.; SENGIK, E.; SANTOS, S.; HABEL, C.; SCAPIN, C.; SILVERIO, L.; KVITSCHAL, V. & ARQUEZ, C. 2003. Efeito da aplicação foliar de biofertilizantes, bioestimulantes e micronutrientes na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* M.). *Acta Scientiarum. Agronomy*. Maringa, v.25, nº2:315-321.
- VAN MAANEN, J.; PACHEN, D.; DALLINGA, J. & KLEINJANS, J. 1998. Formation of nitrosamines during consumption of nitrate and amine rich foods and the influence of the use of mouthwashes. *Cancer detection and Prevention* 22:204-212.
- VIGLIOLA, M.; 1991. Manual de Horticultura. Ed. hemisferio sur. 2º Ed. 235 pp.

WHO. 1995. Nitrite and Nitrate. In: Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants in food, Prepared by the forty-fourth report of the joint FAO/WHO experts committee on food additives, Food add. Series 35:269-360.

5 al día. [www.5aldia.com] [Consulta: 15 abril 2011].

CAPITULO 2

Fertilización de bajo impacto ambiental: abonos orgánicos

2.1. Resumen

La producción agroecológica se muestra como una alternativa válida para sistemas de agricultura familiar. El suelo y la biodiversidad son dos pilares fundamentales de este enfoque. El desarrollo de tecnologías que contribuyan a una nutrición adecuada de los cultivos es uno de los aspectos más relevantes en la transición del cambio de manejo. Diferentes abonos orgánicos son promocionados y difundidos por diversas instituciones que poseen esquemas de extensión rural. Se deben considerar en dichos abonos la presencia de nutrientes, microorganismos benéficos (como los promotores de crecimiento) y contaminantes indeseados como los enteropatógenos y la presencia de sustancias hormonales asociados a sustancias húmicas. Es necesario por ello conocer en profundidad los procesos de obtención de los diferentes abonos orgánicos, como el compost y el lombricompost para que los pequeños productores hortícolas puedan utilizarlo eficientemente.

Palabras claves: agroecología, fertilización, abonos orgánicos.

2.2. Antecedentes

La agricultura convencional se fundamenta en la dependencia del agricultor a tecnologías industrializadas, las cuales necesitan de una alta inversión de dinero y que, debido a su flujo unidireccional (al no contener estrategias de reciclado), suele ser ineficiente desde la óptica energética. Este tipo de manejo va muchas veces acompañada de contaminación y degradación ambiental (Rosset, 1998).

Por otra parte, la agroecología aporta a la seguridad alimentaria de los pequeños productores y familias rurales, tanto en cantidad como en calidad de alimentos, a través de diferentes tecnologías que favorecen la conservación de los recursos productivos (Narea y Valdivieso, 2002).

La agricultura ecológica beneficia tanto a productores como a consumidores. Los primeros logran eliminar sustancias y agentes tóxicos de sus cultivos. Además se estimula la recuperación del equilibrio del sistema productivo. Los consumidores se favorecen al adquirir productos totalmente saludables a su vez, ambos gozan de los beneficios de un ambiente más sano. Por lo tanto el ambiente es también un beneficiado (CEDECO, 2005).

El suelo y la biodiversidad son dos pilares fundamentales de este enfoque. El desarrollo de una tecnología para lograr una fertilización adecuada de los cultivos es uno de los aspectos fundamentales de este tipo de manejo. Por esta razón, se plantea a la agricultura ecológica, como un proceso de conversión a sistemas perdurables en el tiempo (Primavesi, 1992). Remplazando gradualmente los fertilizantes inorgánicos por abonos orgánicos hasta llegar a un equilibrio que permita que los sistemas de producción sean ambientalmente rentables (Añez y Espinoza, 2001).

La aplicación de esta alternativa no sólo busca el uso de abonos orgánicos, sino también un cambio de conciencia de quienes adoptan el manejo. Se trata de maximizar recursos utilizando los ya existentes y no sustituyendo insumos. Se busca además generar el menor impacto posible dentro de las modificaciones que se haga del lugar y evitar riesgos a la salud del productor y consumidor, derivados de un uso inadecuado como por ejemplo de guanos frescos (Felix-Herran *et al.*, 2008).

El uso de abonos orgánicos, tanto líquidos como sólidos, y guanos en suelos cultivados es una práctica ancestral. En los primeros tiempos los guanos de origen animal y los residuos orgánicos, se usaban como única fuente de nutrientes para el suelo (Campos y Sperberg, 2011).

En contraste con lo anterior, el uso de fertilizantes y otros insumos químicos, surgió hace apenas unas cuantas décadas, los cuales desplazaron rápidamente a los insumos naturales, quizá por su rápida y eficiente acción, entre otras causas. Pero últimamente es cuestionada desde la óptica ambiental.

Actualmente se observa cada vez con más intensidad, la demanda de producir en forma “sana”, debido al aumento progresivo de su requerimiento por los consumidores. Entonces la agricultura orgánica o ecológica aparece como una alternativa real. Siendo además la fertilización orgánica cada vez más promovida para tipologías inmersas en la agricultura familiar como alternativa para disminuir la dependencia a insumos externos.

Para trabajar con esta alternativa es indispensable emplear tecnologías que permitan sostener y/o aumentar el contenido de materia orgánica, para mantener la fertilidad de los suelos. Esta práctica, junto a otras como la conservación de suelos, la adecuada rotación y asociación de cultivos, la diversificación de los mismos en el tiempo y en el espacio, aseguran el alcance de un equilibrio en el sistema agrícola y, por lo tanto, una producción continua, es decir, la posibilidad de producir en forma sostenida y sustentable.

La calidad más difundida de un abono orgánico está establecida por la cantidad de nutrientes que aporta, fundamentalmente la cantidad de nitrógeno. El mismo debe estar libre de semillas de malezas y de sustancias fitotóxicas. Estas características son utilizadas como índices de valuación antes de ser usados (Álvarez Sánchez *et al.*, 2006).

Al respecto Felix - Herran *et al.* (2008) relacionan la calidad del abono orgánico con los materiales que lo originan y con el proceso de elaboración del mismo; esta

variación será tanto en contenido de nutrientes como así también de microorganismos presentes.

Según Chaney *et al.* (1992) los productos orgánicos pueden actuar como abono o fertilizante; el primero es aquél que estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de la mejora de las propiedades físicas y microbiológicas del suelo. El segundo, estimula el crecimiento de manera directa a través de un aporte nutricional requerido para el cultivo.

El objetivo principal de la aplicación de los abonos sólidos orgánicos es mejorar las características físicas, biológicas y químicas del suelo y con ellas las del cultivo. En cambio, los abonos orgánicos líquidos tendrían un papel más próximo al de los fertilizantes, por los nutrientes y sustancias con actividad similar a las fitohormonas disponibles directamente para las plantas. Algunos inclusive pueden generar resistencia sistémica inducida y/o adquirida e inclusive ser fuentes de agentes de control biológico (Brinton, 1995; Ingham, 2001).

En términos generales, los abonos orgánicos sólidos aportan al suelo materiales nutritivos y funcionan como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana del suelo, como son los ácidos húmicos, fúlvicos y huminas (Felix - Herran *et al.*, 2008) favoreciendo entre otras cosas la estructuración edáfica. El humus es una importante fuente de carbono para los microorganismos (Guerrero, 1996; Bollo, 1999) y tiene un alto potencial para controlar poblaciones de patógenos del suelo. Contiene bacterias y hongos con acción antagónica sobre patógenos, presentándose entre otros géneros de bacterias *Bacillus* spp., *Enterobacter* spp., *Pseudomonas* spp. y hongos como *Trichoderma* spp. y *Penicillium* spp. (Felix-Herran *et al.*, 2008).

La materia orgánica modifica la población de microorganismos, asegurando la formación de agregados que permiten a su vez una mayor retención de agua, intercambio de gases y nutrientes a nivel de las raíces de las plantas, entre otras propiedades (Mejía, 1996).

Los microorganismos representan un factor fundamental durante la preparación y funcionamiento de los abonos orgánicos. La incorporación del abono al suelo enriquece su capacidad para albergar una gran actividad microbiana.

La actividad microbiana está concentrada principalmente alrededor de las raíces, en la zona del suelo directamente rodeada e influenciada por ella, llamada rizosfera, como resultado de la liberación constante de compuestos orgánicos por las raíces. Este proceso conocido como rizodeposición provee de una cantidad sustancial de nutrientes a los microbios del suelo. Las interacciones planta-microbio que tienen lugar en la zona de la rizosfera están entre los factores principales que regulan la salud y crecimiento de la planta (Jaizme Vega y Rodríguez Romero, 2008).

2.3. Diversidad en abonos orgánicos

Existe una gran diversidad de productos conocidos como abonos orgánicos, por ejemplo los residuos degradados mediante las técnicas de compostaje o compost, el humus de lombriz o lombricompost, que se obtiene a través de la actividad biológica de lombrices. También los fermentos líquidos de diversos materiales orgánicos tales como plantas y guanos, en donde, sí la descomposición de los residuos orgánicos es anaeróbica, los mismos son denominados bioles. Además, existe también la alternativa aeróbica pasiva o con aireador mediante el bombeo y burbujeo de aire durante la fermentación. Una variante a los fermentos líquidos es el supermagro, que es básicamente un purín de “guano” con aditivo energético (azúcar), una fuente proteica (leche), y micronutrientes, mezcla que es fermentada y estacionada.

El compostaje de los residuos orgánicos a gran escala, (abonos sólidos) es un proceso biotecnológico que combina fases mesófilas y termófilas, sumamente eficaces en la descomposición y estabilización de la materia orgánica como consecuencia de las actividades metabólicas combinadas de una amplia gama de microorganismos, cuyo crecimiento está condicionado por la temperatura de la masa, el porcentaje de humedad y la concentración de oxígeno, así como la naturaleza variable del sustrato. El compostaje implica también una transformación microbiana de la materia orgánica. Las poblaciones que intervienen varían continuamente, sustituyéndose unos grupos a otros, ya que el carácter dinámico del proceso implica la aparición gradual de diferentes sustratos y distintas condiciones ecológicas. Definiéndose el

proceso de compostaje como la descomposición biológica aeróbica de la materia orgánica en condiciones controladas de temperatura, humedad y aireación, seguidas por una estabilización y maduración del producto (Casco y Herrero, 2005).

También se ha difundido en forma importante en los últimos años el bocashi, como abono sólido, basado en la fermentación incompleta, controlada por determinada población de microorganismos sembrados en la preparación de la pila de materia orgánica (llamados microorganismos eficientes o ME). Entre los microorganismos más usados están lactobacilos y levaduras. Algunos, como práctica común adicionan harina de roca, para darle una mayor riqueza de algunos nutrientes al abono orgánico. Se suele incorporar al bocashi, harina de sangre y harina de hueso.

También se han difundido los caldos, como soluciones para la nutrición de las plantas y estimular el crecimiento de raíces. Estos caldos son preparados con base de estiércol, plantas y agua. También llamados biofermentos o biofertilizantes a los que se adjudican propiedades nutricionales y de prevención de enfermedades (Felix-Herran *et al.*, 2008).

La variabilidad específica que tienen los distintos tipos de abonos líquidos y sólidos, impide hacer recomendaciones de carácter general acerca de su uso agronómico. Por ello son necesarios los estudios experimentales para determinar cómo utilizarlos, con qué frecuencia y en qué cantidades (Gonzalez, 2011).

2.4. Características y propiedades de los abonos

A continuación sólo se consideran los abonos orgánicos que se analizan en la presente tesis.

2.4.1. Supermagro (SM)

El origen de los purines nace a partir del aprovechamiento de los guanos líquidos recogidos en la limpieza de tambos y criaderos porcinos. Los líquidos del lavado de dichos establecimientos eran guardados en pozos, para luego ser aplicados a los cultivos como abonos orgánicos líquidos. Una variante de estos son los purines a partir del guano fresco y proporciones preestablecidas según diferentes

recomendaciones. La evolución de esta técnica derivó en productos que incluyen la fermentación anaeróbica, en Latinoamérica se denominan “biol”.

Según reporta el manual de tecnología para pequeños productores editado por el Programa Social Agropecuario (PSA-PROINDER, 2012) de Argentina, el abono líquido conocido como “Supermagro”(SM), se origina en el sur de Brasil de la mano del campesino Edelvino Magro. Es un fertilizante que requiere poca mano de obra al compararlo con la elaboración del resto de los fertilizantes orgánicos. Además se puede preparar grandes volúmenes, utilizándose en proporciones del 4 al 10%.

La aplicación foliar de estos abonos permite afrontar dos problemas importantes de la producción orgánica como son la deficiencia de micronutrientes en suelos desgastados, y el ataque de plagas y enfermedades de los cultivos (Altieri, 1999), mediante aplicaciones dirigidas al follaje o al suelo. Se emplean también para la recuperación de plantas dañadas por factores climáticos como heladas y granizos (Aliaga, 2011).

El SM es frecuentemente utilizado por productores hortifrutícolas de Jujuy, Argentina, bajo propuestas agroecológicas. El preparado de este abono implica un proceso fermentativo en medio líquido.

Para su preparación se utilizan estiércol (principalmente vacuno), hojas de plantas, resto de frutas, leche, suero, melaza, jugo de caña, jugo de frutas o levaduras y sales, entre otros. Los ingredientes usados determinan el tipo de biofermento elaborado, encontrándose múltiples variantes y propuestas de preparación y uso.

Por el proceso de fermentación, además de nutrientes aporta una diversidad de moléculas, cuya composición y acción no se ha estudiado en la actualidad, se citan enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos y una gran cantidad de microorganismos que contribuyen a equilibrar dinámicamente el suelo y la planta, confiriéndole a ésta resistencia a insectos dañinos y a enfermedades (CEDECO, 2005).

Estos purines contienen altos contenidos de nitratos, sales, fósforo, potasio y hormonas (fitorreguladoras) que activan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Aliaga, 2011).

Un riesgo asociado a este tipo de abonos líquidos de aplicación foliar en procesos no controlados, es la posible contaminación con patógenos humanos y animales como también la presencia de restos de antibióticos que pueden causar problemas

importantes para los microorganismos benéficos en el extracto líquido (Ingham, 2001).

2.4.2. Compost y te de compost

Se denomina compost o abono compuesto al producto final obtenido del compostaje. Siendo este último básicamente un proceso de biooxidación caracterizado por la sucesión de diferentes poblaciones de microorganismos, en un sustrato orgánico determinado y en condiciones de humedad y aireación (Mondini y Insam, 2003).

Se trata de una enmienda orgánica, la que se obtiene a partir de la mezcla de residuos animales y vegetales. La materia orgánica se transforma, mediante la acción de organismos del suelo, en humus similar al conocido como mantillo o tierra vegetal (Guerrero, 1993).

En dicho proceso, según FAO (1991), la materia orgánica sufre una descomposición en donde la relación carbono - nitrógeno es un factor importante, ya que para hacer posible que los microorganismos puedan aprovechar la energía encerrada en forma de carbono en los tejidos a descomponer, necesitan nitrógeno para poder fabricar sus propias proteínas y formar su citoplasma.

Salazar Sosa *et al.* (2003) menciona al compostaje como la mejor forma para aprovechar los desechos orgánicos y convertirlos en fertilizantes. Considerando para ello que las estadísticas indican, que se producen entre 1 y 1,5 kg de residuos por habitante por día de basura orgánica. Por lo que en una ciudad de 1.000.000 de habitantes, se generarían hasta 1.500 toneladas diarias de desperdicios, lo que se convierte en una gran problemática ambiental y social. La transformación de los desechos en compost es un planteo de gran interés. De la basura diaria que se genera en los hogares, un 40% es materia orgánica, la que puede ser reciclada y retornada a la tierra en forma de humus para las plantas.

De cada 100 kg de basura orgánica se obtienen alrededor de 30 kg de compost. Es de destacar que con el compostaje doméstico se emiten cinco veces menos gases de efecto invernadero que el compostaje industrial para tratar la misma cantidad de

restos de cocina y jardín (Brechelt, 2004), dato no menor al momento de considerar la sustentabilidad de los sistemas.

Un suelo con incorporación de compost tiene características físicas, químicas y biológicas que lo diferencian. Entre las primeras se destaca la mejor estructura que presenta el mismo, un incremento de la agregación, reducción de la compactación, mejora de la porosidad, y por lo tanto de la permeabilidad. También ayuda a eliminar la formación de costras e incrementa la infiltración, reduciendo el peligro potencial de erosión producido por el agua. Confiere un color oscuro al suelo incrementando la retención de energía calorífica (Buchanan *et al.*, 1994).

Con respecto a las características químicas es importante reconocer el incremento de la capacidad de intercambio catiónico, ya que provee una gran cantidad de cargas negativas derivadas de los grupos carboxílicos, fenólicos, enólicos, etc. (Baldock y Nelson, 2000). Este factor determina la fertilidad potencial del suelo. El compost contiene cantidades relativamente bajas de macronutrientes y micronutrientes, sin embargo su adición al suelo en cantidades relativamente altas provee los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Además de mejorar la eficiencia de la fertilización, en especial de nitrógeno, liberándolo lentamente para evitar su pérdida por lavado (Buchanan *et al.*, 1994).

Las bacterias, actinomicetos, hongos y protozoarios juegan un papel fundamental en la elaboración del compost. Su función es sintetizar enzimas y hormonas, entre otros, los que resultan favorables en el equilibrio biótico del suelo (Ramos Zúñiga, 2002). Pero la calidad final de este abono depende de los insumos que se han utilizado (tipo de estiércol y residuos vegetales). En promedio tienen 1 % de N; 0,8 % de P y 1,5 % de K. El compost por efecto de su oxidación lenta, produce gas carbónico, que contribuye a solubilizar algunos elementos minerales, facilitando su asimilación por las plantas (Guerrero, 1993 y Salazar Sosa *et al.*, 2003).

El compost sólido es la materia prima para la elaboración del té o extracto de compost, producido a partir de un proceso frío. La diversidad de microorganismos y nutrientes solubles que contiene, son en gran parte los mismos que se observarán luego en el abono líquido. Además contiene enzimas y hormonas que benefician el

crecimiento de las plantas, muchas de ellas generadas por las mismas bacterias benéficas presentes (Ingham, 2001). Para la producción del té de compost, se realiza una extracción de las sustancias y microorganismos del mismo mediante el lavado del compost y la recuperación del líquido.

El accionar del té de compost dependen de las características del compost, la forma de elaboración del abono, la materia prima usada, la humedad y temperatura, el agua (origen y volumen) y el método de almacenamiento como así también tiempos y frecuencia de aplicación, condiciones meteorológicas, el filtrado, la dilución y el equipo de aplicación (Scheuerell y Mahaffee, 2004). Estas variables determinan las propiedades biológicas y químicas finales del té de compost sobre el cultivo, en otras palabras, la eficiencia de éste como fertilizante y/o abono (Mendrzycki, 2012).

Entre las características benéficas del té de compost, se pueden recalcar, la de fertilizante foliar, prevención de plagas y enfermedades foliares, y como inoculante para restaurar o mejorar la microflora del suelo y el filoplan. El efecto biocontrolador de patógenos de las plantas, se logra a través de la acción de microorganismos asociados a la superficie de las hojas. El mecanismo que explica el control de enfermedades mediante estas aplicaciones no es único; se han indicado distintos modos de acción: la inhibición de la germinación de esporas, antagonismo y la competición frente al patógeno y la inducción de resistencias (Diáñez *et al*, 2006).

El empleo y desarrollo de distintos preparados basados en el compost y agua para el control de enfermedades, se encuentra en auge desde 1990 (Brinton, 1995; Diver, 2001). Son muchos los términos que se han empleado para estos preparados citando entre otros al té de compost, té de compost aireado, té orgánico, extractos de compost, extractos acuosos fermentados de compost, extracto enmendado, macerados de compost, y lodos líquidos de compost.

Por último, tanto el compostado y como la lombricultura se desarrollaron como posibilidad real para abordar la creciente demanda de eliminación de los residuos orgánicos producidos en la actividad doméstica e industrial, debido que los vertederos (controlados o no), y otras formas de disponer de dichos residuos, están causando un aumento en el número de problemas económicos y medioambientales.

2.4.3. Lombricompuesto y te de lombricompuesto

Una variante al uso del compost es someter la materia orgánica semicompostada a una digestión final producida por lombrices, principalmente del género *Eisenia*. El excremento de dichas lombrices es lo que comúnmente se conoce como lombricompuesto.

En condiciones normales estos anélidos consumen su propio peso por día de materia orgánica compostada, defecando luego el abono orgánico (Bollo, 1999 y Lavado *et al.*, 2000). Para un buen desarrollo de las lombrices es necesaria una correcta alimentación de éstas. Básicamente las mismas se alimentan de materia orgánica en descomposición y/o compostada, a partir de basuras domiciliarias, desechos agroindustriales, estiércoles, etc. (Salazar Sosa *et al.*, 2003).

Las lombrices degradan las proteínas y celulosas a compuestos más simples, generándose luego un proceso de humificación de la materia orgánica a partir de la microflora incorporada, al pasar por los sistemas digestivos de las mismas.

Como abono tiene características particulares, una gran bioestabilidad, olor agradable y color oscuro. Se puede almacenar por largo tiempo, sin alterar sus propiedades, con el cuidado de mantener su humedad al 40% (Lavado *et al.*, 2000). El punto crítico de humedad para el almacenamiento es del 20%, a valores menores se produce una disminución de la densidad de microorganismos, ya que estas condiciones dificultarían la multiplicación y persistencia de los mismos (Bollo, 1999), afectando la calidad final del lombricompuesto como abono.

Otra característica importante del lombricompuesto es su alta capacidad para retener humedad, esto facilita la absorción de agua por parte de las raíces de las plantas (Ullé, 2000). Por otro lado el lombricompuesto, es un producto muy nutritivo para las plantas. Se puede utilizar puro como abono orgánico sobre el suelo o mezclarse con la tierra. Su uso como abono líquido es muy adecuado aunque menos difundido. Es una forma muy eficaz de incorporar los efectos beneficiosos que las lombrices aportan a la planta y al suelo (Schuldt, 2006).

El lombricompostado es un proceso complejo biológica y ecológicamente. A pesar de que las lombrices son claves en este proceso, las complejas interacciones entre materia orgánica, microorganismos, lombrices de tierra y otros invertebrados del

suelo dan como resultado la fragmentación, biooxidación y estabilización de la materia orgánica. El lombricompostado, como producto final de la lombricultura, es un material similar al humus, con una relación C:N baja y una alta porosidad, tiene además la mayor parte de los nutrientes en formas fácilmente disponibles para las plantas (Domínguez y Pérez-Díaz, 2011).

El té de lombricompostado, seguiría una dinámica similar al té de compost (Soto y Muñoz, 2002), cuya calidad y propiedades están asociadas al material lombricompostado.

El desarrollo de lombrices de tierra en residuos orgánicos es también denominado como “vermicultura”, y el manejo de residuos orgánicos a través de lombrices “vermicompostaje” o lombricompostado.

La degradación de materia orgánica a través de la actividad de las lombrices, fue empleado con éxito en el tratamiento de lodos de depuradora, residuos de destilerías, residuos de la industria papelera, residuos orgánicos domésticos, residuos de comida, y estiércoles animales, así como residuos vegetales de plantas de procesamiento de papas, industria alimentaria y la industria del champiñón (Domínguez y Pérez-Díaz, 2011).

En los procesos de lombricompostado, al igual que sucede en los de compostaje, se encuentran involucrados un gran número de microorganismos, fundamentalmente bacterias, hongos y actinomicetes mesófilos. El desarrollo y las actividades de las lombrices y microorganismos están estrechamente ligados, ya que por una parte los microorganismos constituyen una parte fundamental de la dieta de las lombrices, con una importancia de menor a mayor de bacterias, algas, hongos y protozoos; y por otra las lombrices modifican la estructura física de los residuos, fragmentando la materia orgánica y aumentando su superficie, lo que incrementa la actividad de los microorganismos (Domínguez y Pérez-Díaz, 2011).

Si bien las lombrices de tierra participan en la descomposición, transformación y mineralización de la materia orgánica a través de procesos que se dan en su sistema digestivo, estos procesos incluyen la homogeneización del sustrato, los procesos intrínsecos de digestión y asimilación, la producción de moco y sustancias como la urea y el amonio, que constituyen una fuente de nutrientes fácilmente asimilables por los microorganismos. Por otro lado, en la fase de maduración, la descomposición se

ve favorecida por la acción de los microorganismos endosimbiontes que viven en el intestino de las lombrices. Como se mencionó anteriormente, estos microorganismos producen enzimas extracelulares que degradan celulosa y distintos compuestos fenólicos, aumentando la descomposición del material ingerido. Finalmente, la mineralización de los compuestos se realiza por la actividad metabólica de bacterias y hongos (Espinosa-Victoria y Brito-Vega, 2010). Esta actividad metabólica está influenciada por la fauna del suelo que convive con los microorganismos, y también por distintas interacciones que determinan la transferencia de nutrientes a través del sistema. En este sentido, las deyecciones de las lombrices de tierra juegan un papel importante en la descomposición, porque contienen nutrientes y microorganismos que son diferentes a los contenidos en el material orgánico antes de la ingestión (Domínguez *et al.*, 2009).

La utilización del té de lombricompuesto es también una alternativa. Este abono en forma líquida aporta ácidos húmicos y fúlvicos, microorganismos vivos eficientes en la nitrificación y solubilización de minerales. Aplicándolo al suelo o a las plantas actúa como dosificador de fertilización, ya que hace asimilable a macro y micro nutrientes, evitando la concentración de sales. Crea además un medio ideal para la proliferación de organismos benéficos, bacterias, hongos, etc., lo que limita el desarrollo de patógenos, reduciendo el riesgo de enfermedades (Casco e Iglesias, 2005). Al respecto Lavado *et al.* (2000) demostraron los beneficios que produce la presencia de una gran densidad de bacterias en el lombricompuesto para el control del mal de los almácigos o damping off. Disminuye también el estrés de plantines provocado durante el trasplante.

2.5. Bibliografía

- ALIAGA, NELLY. 2011. Producción de biol supermagro. Centro ecuménico de promoción y acción social, [<http://www.agrolalibertad.gob.pe>], [consulta: abril 2012].
- ALTIERI, M. A. 1999. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan. 338 p.
- ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, E.; VÁZQUEZ-ALARCÓN, A.; CASTELLANOS, J. Z.; & CUETO-WONG, J. 2006. Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo. México. TERRA Latinoamericana, Vol. 24, Núm. 2, abril-junio, 2006, pp. 261-268.
- AÑEZ, B. & ESPINOZA, W. 2001. Respuestas de la lechuga y del repollo a la fertilización química y orgánica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (I.I.A.P.) Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
- BALDOCK, J. & NELSON, P. 2000. Soil organic matter in Handbook of Soil Science. Ed. M. E. Sumer Editor CRC Press. USA B 25- 34 p.
- BOLLO, E. T. 1999. El humus de lombriz. Manejo del humus para su utilización y comercialización. En: Bollo, E. T. (Ed.) Lombricultura una alternativa de reciclaje. Quito: Soboc Grafic. Cap. 6, p. 110-111.
- BRECHELT, A. 2004. Manejo ecológico del suelo. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina (RAP-AL). 31 p.
- BRINTON, W.F. 1995. The control of plant pathogenic fungi by use of compost teas. *Biodynamics* 197, 12-16.
- BUCHANAN, S.; MOSER, P. & NEPTUM, K. 1994. Composting: Traditional uses of compost. Virginia. USA.
- CAMPOS, J. & SPERBERG, F. 2011. Curso de acreditación para operadores SIRSD: Técnicas de conservación de suelos, agua y vegetación en territorios degradados. Capítulo N° 5: Uso de Enmiendas Orgánicas como fuente de Fertilización en Cultivos. Chile.
- CASCO, M. y HERRERO, M. 2007. Compostage. Ed. Mundi Prensa. Pg. 106.
- CASCO, C. & IGLESIAS, M. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompost. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes.

- CEDECO. 2005. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense. Preparación y Uso de Abonos Orgánicos Sólidos y Líquidos. San José, Costa Rica, [<http://cedeco.or.cr>], [consulta: abril 2012].
- CHANEY, D.E.; DRINKWATER, L.E. & PETTYGROVE, G.S. 1992. Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505. 36 p.
- DIÁNEZ, F, M SANTOS, M de CARA, N Vicente. 2006. Efecto supresor de los extractos acuosos del compost sobre la movilidad de zoosporas de *Pythium* y *Phytophthora*.. VII Congreso SEAE Zaragoza, [www.agroecologia.net], [consulta: julio 2012].
- DIVER, S. 2001. Notes on compost tea. 2001. Supplement to the ATTRA publication compost teas for plant disease control. Fayetteville, Arkansas, [www.attra.ncat.org] [consulta: Julio 2012].
- DOMÍNGUEZ J Y PÉREZ DÍAZ D. 2011. Desarrollo y nuevas perspectivas del Vermicompostaje. En: M^a Elvira López Mosquera, M^a Jesús Sainz Osés (Eds.) Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola. Servicio de Publicacións e Intercambio Científico, Universidade de Santiago de Compostela. pp. 201-214. [<http://webs.uvigo.es>] [consulta: julio 2012].
- DOMÍNGUEZ J., M. AIRA Y M. GÓMEZ-BRANDÓN. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Ecosistemas 18 (2): 20-31.
- ESPINOSA-VICTORIA Y BRITO-VEGA H. 2010. Relaciones aniso simbióticas y la transformación del material orgánico del suelo. Capítulo II. Agricultura Orgánica, Tercera parte. ISBN: 978-607-00-3411-4. Ed. Universidad Juárez, Durango México.
- FAO, 1991. Manejo del suelo: producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 177 p.
- FELIX-HERRAN, J.; SAÑUDO-TORRES, R. & ROJO-MARTÍNEZ, G. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai. Volumen 4. Número 1 pp. 57-67.
- GONZALEZ, C. 2011. Aprovechamiento de los residuos agropecuarios en la elaboración de abonos orgánicos. Facultad de Agronomía y Agroindustrias. Universidad Nacional de Santiago del Estero.

- GUERRERO, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa, Bilbao. España. p 206.
- GUERRERO, J. 1993. Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico del suelo. Pág. 44-60.
- INGHAM, E. R. 2001. The Compost Tea Brewing Manual. Fifth Edition. Soil Foodweb Incorporated. Oregon 97333.
- JAIZME VEGA, S, y RODRIGUEZ ROMERO A. 2008. Microbiología del suelo y sistemas agrícolas sostenibles. [<http://www.soilace.com>] [Consulta: 15 de agosto 2012].
- LAVADO, R. S.; RODRÍGUEZ, M. B.; ZUBILLAGA, M. S. & ZUBILLAGA M. M. 2000. Fertilización de cultivos intensivos. 1- Caracterización de los fertilizantes. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 42 p.
- MEJÍA, M. 1996. Agriculturas sin agro tóxicos. Corporación Nuevo Mundo. Cali, Colombia. 94 p.
- MENDRZYCKI, A. 2012. Extracto de Compost (Te de compost), [www.engormix.com], [consulta: marzo 2012].
- MONDINI, C. & INSAM, H. 2003. Community level physiological profiling as a tool to evaluate compost maturity: a kinetic approach. European Journal of Soil Biology 39 (2003) 141–148.
- NAREA, G. & VALDIVIESO, C. 2002. Agricultura orgánica. Situación actual, desafíos y técnicas de producción. Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento de Protección Recursos Naturales Renovables. Chile. 150 p.
- PSA-PROINDER. 2012. Catálogo de tecnologías para pequeños productores, [www.proinder.gov.ar], [consulta: abril 2012].
- PRIMAVESI, A. 1992. Agricultura Sustentable. Edit. Nobe. S.A. Sao Paulo 143 p.
- RAMOS ZÚÑIGA, B. A. 2002. Uso de extractos de compost como una alternativa biológica para el control de *Mycosphaerella fijiensis* en la producción de banano orgánico. Tesis de grado. Honduras, [<http://zamo-oti-02.zamorano.edu>], [consulta: abril 2012].

- ROSSET, P. M. 1998. La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico, [www.unicauca.edu.co], [consulta: Marzo 2012].
- SALAZAR SOSA, E; FORTIS HERNÁNDEZ, M.; VAZQUEZ ALARCON, A. Y VAZQUEZ VAZQUEZ C 2003. Abonos Orgánicos y Platicultura. Ed. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. México. ISBN 658-6404-63-5. 233 p.
- SCHEUERELL, S. & MAHAFFEE, W. 2004. Compost Tea as a Container Medium Drench for Suppressing Seedling Damping-Off Caused by *Pythium ultimum*. Department of Botany and Plant Pathology, Oregon State University; and second author: U.S. Department of Agriculture–Agriculture Research Service-Horticulture Crops Research Laboratory, Corvallis, OR 97330.
- SCHULDT, M. 2006. Lombricultura teoría y práctica. Ed: Mundi-Prensa 307 p.
- SOTO G. Y MUÑOZ C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 65 p. 123-129.
- ULLÉ, J. 2000. Lechuga calidad y cantidad. Revista Super campo.6:59-61. [www.redagraria.com] [marzo 2012].

CAPITULO 3

Obtención y caracterización fisicoquímica y microbiológica de los abonos orgánicos líquidos

3.1. Resumen

Se realizó la caracterización físico y química de los abonos orgánicos sólidos y líquidos: compost (C) y lombricompost (LC), té de compost (TC), té de lombricompost (TLC) y supermagro (SM) utilizados en la presente tesis. Las variables consideradas fueron: pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de macro y micronutrientes. Se determinó contaminación con coliformes y presencia de organismos benéficos: *Trichoderma sp* y *Azospirillum sp* en los abonos orgánicos líquidos y agua de acequia. Los valores obtenidos en C y LC para pH fueron similares y cercanos al neutro (C 7,68 y LC 7,52). La conductividad eléctrica de C duplicó a LC (2,53 dS m⁻¹ vs 0,89 dS m⁻¹). En contenido de N, C con 1,8 g 100 g⁻¹ duplicó LC (0,8 g 100 g⁻¹). Respecto a Ca, LC presentó mayor contenido que C (2,6 g 100 g⁻¹ > C 1,5 g 100 g⁻¹), siendo este nutriente el único donde LC presentó mayor concentración en comparación con C. En cuanto a los AOL, el menor pH se presentó en SM (pH 3,55). Respecto a conductividad, SM fue el de mayor valor (4,56 dS m⁻¹), mientras que TC y TLC presentaron valores menores (1,85 y 0,98 dS m⁻¹). La conductividad del agua utilizada para la preparación de los abonos líquidos fue de 0,23 dS m⁻¹. También SM es el que presentó mayor contenido de Ca, Mg, K y P respecto a TC y TLC. La mayor riqueza de N y de SO₄⁼ se observó en TLC. Para Mg, TC (4,91mg100g⁻¹) y TLC (13 mg100g⁻¹) presentaron un menor contenido frente al agua (17,5 mg100g⁻¹). No así SM que prácticamente la triplicó (46 mg100g⁻¹). Para Ca, TC y TLC presentaron contenidos similares al agua y un 100% inferiores a SM. Respecto a coliformes todos los AOL presentaron bajos valores de contaminación excepto el agua. No se encontró *Trichoderma* en los AOL ni el agua. Se aisló *Azospirillum sp*, en TC y TLC y solo en el 30% de las muestras de agua.

Palabras claves: té de compost, té de lombricompost, supermagro, caracterización físico-química y microbiológica.

3.2. Introducción

La caracterización de los distintos abonos orgánicos líquidos estudiados en la presente tesis: té de compost (TC), té de lombricompost (TLC) y supermagro (SM), como así también de los abonos orgánicos sólidos utilizados como materia prima para la producción de los mismos, es necesaria para poder extrapolar o comparar los resultados de esta tesis con otros trabajos similares y con la profundización de la investigación aquí desarrollada. La diversidad de la naturaleza de los residuos orgánicos, densidad poblacional, tipo de lombrices involucradas, etc., hace que el conocimiento de los grupos de microorganismos y su evolución durante los procesos de vermicompostaje todavía sea muy escaso, y los resultados obtenidos puedan parecer contradictorios en muchos casos (Domínguez y Pérez-Díaz, 2011).

Entre las variables más usadas para caracterizar a los abonos orgánicos se encuentran pH, conductividad eléctrica (CE), y el contenido de macro y micronutrientes. Siendo relevante a su vez determinar la presencia de microorganismos benéficos y patógenos.

3.3. Composición y caracterización de abonos orgánicos.

La composición química de los abonos orgánicos varía conforme al método de preparación y el material del cual se obtuvo el mismo. Por ejemplo Soto y Muñoz (2002) obtuvieron diferentes calidades de compost de un mismo material pero bajo ambientes diferentes, compostando broza de café bajo techo y al aire libre. Las diferencias obtenidas se explicitan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Contenido de nutrientes (%) en compost producido a partir de broza de café, bajo diferentes ambientes. Nutrientes expresados como elementos (Soto y Muñoz, 2002).

Broza de café	pH	H° %	N %	P %	Ca %	Mg %	K %
Compost al aire libre	5,5	48	1,5	0,12	0,71	0,17	0,17
Compost bajo techo	7,5	65	2,32	0,21	2,41	0,80	0,79

La caracterización de abonos orgánicos sólidos como el compost y el lombricompuesto por medio de parámetros como pH, CE y el contenido de N, Ca y otros nutrientes suele ser muy utilizada. Mediante estos análisis u otros propuestos de mayor complejidad, como la presencia de microorganismos por grupos funcionales y la determinación de contenidos de sustancias con estructura y actividad similar a fitohormonas, se ha buscado obtener resultados que sirvan para caracterizar y determinar sus posibilidades de uso y manejo de manera más precisa (Ruiz, 2000).

Tomando de Delgado *et al.*, 2000; se pueden ver en la Tabla 3.2, valores medios para compost obtenidos de lodos de plantas depuradoras. Si bien existen diversos trabajos sobre el uso de los mismos y son una alternativa de gran relevancia para el procesado de dichos lodos, su uso es limitado para la horticultura, sobre todo por el contenido de metales pesados que los mismos suelen contener, pero a manera referencial se incorporan los datos de dicho estudio.

Tabla 3.2: Valores medios de compost realizados a partir de lodos de plantas depuradoras (Delgado *et al.*, 2000). Los contenidos de nutrientes se expresan como elementos y en porcentaje sobre materia seca, a 105 °C.

	pH	C.E. dS m ⁻¹	H° %	N %	P %	Ca %	Mg %	K %
Compost de lodos de plantas depuradoras, valores medios	8	4,6	22	3	2,7	7,6	0,86	0,3

De la Tabla 3.2 se destacan los valores relativamente altos de Ca y P para este tipo de compost. De la misma manera y en forma comparativa, en la Tabla 3.3 se pueden ver las diferentes composiciones minerales de abonos orgánicos sólidos (compost, lombricompuesto y abono bocashi).

Tabla 3.3: Contenidos en % de los principales nutrientes minerales para diferentes abonos orgánicos, determinados por medio de digestión húmeda en mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico, valores expresados sobre materia seca (Salas y Ramírez, 2001).

Abonos orgánicos*	N %	P %	Ca %	Mg %	K %
Gallinaza	2,8	2,1	3,4	0,6	2,2
Compost	2,4	2,1	5,5	0,6	2,2
Bocashi	1,1	0,8	1,8	0,5	0,8
Lombricompuesto	2,5	0,2	1,2	0,3	0,4
Broza de café	1,4	0,2	0,6	0,3	0,7

*Gallinaza (excreta de pollos de engorde en mezcla con cascarilla de arroz, recogida a las 7 semanas de crecimiento de las aves); Compost (gallinaza 19%, broza de café 20%, desechos de piña 46% y aserrín 15%); Bocashi (suelo 28%, gallinaza 15%, granza de arroz 14%, semolina 14%, miel 14% y carbón 15%); Lombricompuesto (pulpa de café a la intemperie dispuesta en camas de 1 m de ancho por 0.5 m de alto, inoculadas con lombriz californiana); Broza de café (pulpa de café a la intemperie apilada en montículos de hasta 3 m, con 3 o 4 volteos al año).

Se puede observar que el compost presenta valores medios superiores con respecto al lombricompuesto, cuadruplicando las concentraciones de Ca y K en comparación al lombricompuesto y el bocashi. Se observan a su vez valores de P relativamente altos para compost (2,1%) y gallinaza (2,1%). También Soto y Meléndez (2004), indican para gallinaza rangos de nitrógeno entre 1 y 3%, para bocashi entre 0,9 y 1,5%, compost entre 1 y 1,5% y lombricompuesto de 1,5 a 2,5%. Sostienen a su vez que dichos rangos pueden variar según el tipo de materia prima que se utilice, el tipo de proceso y manejo realizado.

La conductividad eléctrica del compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor medida por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso de compostaje (Sanchez Monedero *et al.*, 2001). La conductividad tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. A su vez un descenso en la conductividad puede ser indicio de un lavado o lixiviación, por exceso de humectación del compostaje. La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la

conductividad eléctrica del mismo. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificultará la absorción de agua por las raíces de las plantas (Casco y Herrero, 2007).

Por otro lado, respecto los AOL, es importante considerar y controlar la acidez, ya que valores muy bajos de pH podrían perjudicar el desarrollo y crecimiento de las plantas. Debería tener preferentemente pH neutro o ligeramente alcalino, para evitar fitotoxicidad o quemado de las hojas (Ferruzzi, 1994). En relación a ello en SM, se cita una marcada acidez, con valores de pH cercanos a 3 (Ormeño, 2010).

Al SM, le adjudican contenidos de sustancias con acción hormonal (Aliaga, 2011), aunque no se encontraron reportes científicos al respecto. A diferencia de ello, para el compost y el lombricompost y sus derivados líquidos, existen reportes y métodos recomendados para determinar y cuantificar la presencia de estas (Façanha *et al*, 2002).

Se sostiene que el SM, es una fuente natural de nutrientes para las plantas. Los nutrientes que son incorporados al suelo mediante su aplicación quedan disponibles y asimilables para las mismas, lo que facilita una “adecuada nutrición vegetal”. Se reporta en los boletines de extensión que la aplicación de abonos orgánicos líquidos al suelo incorpora gran cantidad de nutrientes que quedan a disposición de las plantas mediante la acción de los microorganismos acompañantes, haciéndose énfasis en el aporte al enriquecimiento de la microflora generado en el proceso.

El SM por su naturaleza de producción contiene todos los macro y micro nutrientes, pero no necesariamente en valores equilibrados para la misma. Aunque en general se difunde a éste como una de las alternativas más promisorias para el desarrollo de la agricultura orgánica, como fuente de materia orgánica y nutrientes esenciales como: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B; (Aliaga, 2011). Ormeño (2010) indica que las características químicas del SM no son influenciadas por la especie vegetal de las pasturas que consume el ganado del cual se extrae el guano para su preparación, ni de la raza, pero sí del tipo de suelo en los cuales pastorean los animales.

En la tabla 3.4 se pueden ver valores de contenidos de nutriente, pH y conductividad de un SM producido con guano de ganado bovino, leche, melaza y aditivos minerales que contienen básicamente cobre, zinc y cobalto (Artenisa *et al*, 2009).

Tabla 3.4: Tenores de nutrientes, pH y C.E. para SM. Los primeros se expresan en forma elemental y en % sobre materia seca (Artenisa *et al*, 2009).

	pH	C.E. dS/m	N %	P %	Ca %	Mg %	K %	S %
SM	4,6	13,18	0,143	0,026	0,049	0,026	0,101	0,107

Ormeño (2010) propone como medida orientativa de madurez para el SM y el TLC los valores de pH. Menciona como problema la falta de protocolos de producción y estándares de calidad para los mismos.

En relación al uso de los abonos orgánicos, en cuya producción implica la utilización de guanos, suele cuestionarse la posible contaminación con coliformes y patógenos humanos. Estudios realizados en parvas de compostaje encontraron *Escherichia coli* y *Salmonella* sp. Dichas parvas en su núcleo tuvieron durante más de 50 días una temperatura promedio de 60°C (Briton y Droffner, 1994). Aunque otros autores indican que un compostaje, realizado en condiciones adecuadas, es una de las formas más efectivas de biorremediación. Siendo importante las condiciones de compostado y acondicionamiento posterior del mismo, las que influyen en la carga patogénica final. La sanitización de la fase termófila del compostado fue corroborada por Abril *et al.* (2011) para diferentes materiales orgánicos compostados, tales como guano de origen caprino, aviar y equino.

La disparidad de informes encontrados y la falta de estandarización son frecuentes. Surge como necesario por lo tanto, que cada vez que se trabaje con estos tipos de abonos orgánicos se aborden caracterizaciones que permitan ajustar propuestas, hacerlas comparativas y extensivas a otros trabajos y estudios.

En síntesis la utilización de abonos orgánicos implica la incorporación de macro y micronutrientes, de microorganismos y sus metabolitos como a su vez de compuestos orgánicos bioactivos, como por ejemplo los ácidos fúlvicos, entregando una multiplicidad de efectos a partir de la interacción y sumatoria de estos. Caracterizar

los mismos reviste de interés para poder concluir y analizar los posibles efectos que estos pudieran tener al ser aplicados en los cultivos.

3.4. Objetivos

Objetivo general

- Obtención y caracterización de los abonos orgánicos utilizados en la presente tesis.

Objetivos específicos

- Caracterización física y química de los abonos orgánicos sólidos (C y LC) utilizados para la producción de los abonos líquidos orgánicos: TC y TLC.
- Caracterización física y química de los abonos orgánicos líquidos estudiados (TC, TLC y SM).
- Determinación de la presencia de microorganismos coliformes (NMP) y organismos benéficos (*Trichoderma* y *Azospirillum*) en los abonos orgánicos líquidos y del agua utilizada como testigo.

3.5. Materiales y métodos

3.5.1. Preparación de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos, C, TC, TLC y SM se elaboraron en las instalaciones del campo experimental de Severino en Perico y el Invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy (UNJu) ubicado en San Salvador de Jujuy, Argentina.

3.5.1.1. Compostado

Para la preparación de C se utilizó cama de pollo, compuesta de cascarilla de arroz mezclada con la deyección aviar. Se optó por este material por ser, actualmente, el más utilizado en la producción de lechuga en la Quebrada de Humahuaca según lo descrito en el capítulo 1, destacándose que a diferencia con la presente tesis, su uso

es sin compostar. El uso masivo se debe a su alta disponibilidad y bajo costo relativo, con respecto al guano de cabra, oveja y llama, utilizados antiguamente, aduciéndose además su alto contenido de nitrógeno y el beneficio de éste para el cultivo de lechuga.

Se armo una pila alternando capas de cama de pollo con paja seca compuesta principalmente de sorgo de alepo, obtenida del desmalezado de la quinta. La pila se humedeció durante la construcción. Cada dos semanas la misma fue volteada y rehumedecida según necesidad. La humedad de la parva se estimó apretando con en el puño el material, siendo óptima cuando esta no goteaba y adquiría la forma de la empuñadura.

Las dimensiones de la pila fue de 2 m x 2 m x 1,5 m. La cosecha del compost se realizó una vez que el material tomó las características de tierra negra, es decir presencia de lombrices y bichos bolitas, color negro característico y aroma a humus. El compost se cosechó en bolsas paperas y estuvo en lugar sombreado y fresco.

3.5.1.1.1. Preparación del té de compost

Para la preparación TC, se realizó una suspensión en agua, por un período de 5 días, del compost maduro obtenido. A razón de una parte de compost en cinco partes de agua (v/v). Para ello se utilizó un recipiente de plástico de 70 litros, colocado a la sombra, tapado con malla, homogeneizándose la mezcla diariamente, durante 5 minutos. El líquido obtenido se filtró, envasó y guardo a la sombra y en ambiente fresco.

3.5.1.2. Lombricompostado

El LC utilizado fue producido en camas sobre nivel de 2 por 30 metros, sembradas con lombrices californianas (*Eisenia foetida*), alimentadas con compost de rumen y guano rescatado de frigorífico de la zona. Todo el proceso hasta tener el lombricompostado terminado fue de 6 meses. Las camas estuvieron tapadas con malla

tipo “sarán”. La lombricompostera pertenece a la empresa Proyajo, residente en la zona, productora de abonos orgánicos de la provincia de Jujuy.

3.5.1.2.1. Preparación del té de lombricompuesto

Al igual que para TC, el té de lombricompuesto se realizó mediante la suspensión de una parte de lombricompuesto en cinco de agua (v/v). Se utilizó un recipiente plástico de 70 litros, colocado a la sombra, tapado con malla y homogenizado diariamente durante 5 minutos. Al cabo de los cinco días se cosechó el líquido, filtrado, en bidones, acondicionándolo en lugar fresco y sombreado.

3.5.1.3. Supermagro

La preparación del SM se realizó con guano fresco vacuno, azúcar, leche y agua en un recipiente plástico negro de 70 litros de capacidad. Las proporciones utilizadas fueron 50 L de agua, 15 L de guano, 2 kg de azúcar y 4,5 L de leche. El recipiente se acondicionó en la sombra y permaneció destapado durante todo el proceso.

Produciéndose una fermentación líquida. Se replicó la variante más común y económica del biofermento Súpermagro citado en el manual de tecnología de PROINDER, aclarándose que esta última adiciona sales y harinas, de poca disponibilidad para los agricultores familiares de los valles jujeños. Se marca la diferencia a su vez con el biol, promocionado en Ecuador y Perú, cuyo ingredientes son similares a la preparación en estudio pero la fermentación se realiza en forma anaeróbica, utilizándose recipientes con cierre hermético y trampa de agua para evitar la entrada de aire.

Al cabo de 55 días, el líquido sobrenadante se filtró mediante malla metálica primero y luego con tela, para facilitar su aplicación con mochilas pulverizadoras, asegurando con ello el no taponamiento del pico de las mismas. El líquido filtrado fue guardado en bidones plásticos en lugar fresco y sombreado.

3.5.2. Caracterización de los abonos orgánicos sólidos y líquidos

3.5.2.1. Caracterización física química

Se caracterizaron los abonos sólidos, C y LC, los abonos líquidos TLC, TC y SM y el agua utilizada en los tratamientos. Las mediciones realizadas fueron: pH, CE y cuantificación de los principales nutrientes minerales de interés agrícola. En la Tabla 3.5 se indican los códigos AOAC y las metodologías respectivas utilizadas para la caracterización. Las muestras consistieron en una muestra compuesta para cada abono orgánico, solido y liquido, a partir de 5 extracciones mezcladas homogéneamente.

Tabla 3.5: Códigos de las metodologías, según AOAC 16th Internacional (www.aoac.org), utilizada para la caracterización física y química de los abonos sólidos y líquidos utilizados.

Abonos	Parámetros	Unidades	Método
Sólidos: Compost y lombricompuesto	pH		AOAC 973.41: pH meter estándar
	C.E.	dS m ⁻¹	AOAC 973.40: conductancia específica
	N	g 100g ⁻¹	AOAC 993.13: método de combustión
	Ca	g 100g ⁻¹	AOAC 945.03: Método titrométrico
	Mg	mg 100g ⁻¹	AOAC 937.02: método gravimétrico :
	K	mg 100g ⁻¹	AOAC 983.02: Fotometría de llama
	P	mg 100g ⁻¹	AOAC 958.01 espectrofotometría de absorción mediante método de vanadato de molibdeno
	Sulfato	g 100 g ⁻¹	AOAC 925.54: Método gravimétrico
Líquidos: te de lombricompuesto, te de compost, supermagro y agua	pH		AOAC 973.41: pH meter estándar
	C.E.	dS m ⁻¹	AOAC 973.40: conductancia específica
	N	g 100g ⁻¹	AOAC 973.48: Nitrógeno líquido Método de Kjeldahl
	Ca	g 100g ⁻¹	AOAC 945.03: Método titrométrico
	Mg	mg 100g ⁻¹	AOAC 937.02: método gravimétrico
	K	mg 100g ⁻¹	AOAC 983.02: Fotometría de llama
	P	mg 100g ⁻¹	AOAC 958.01: espectrofotometría de absorción mediante método de vanadato de molibdeno
	Sulfato	g 100g ⁻¹	AOAC 925.54: Método gravimétrico

3.5.2.2. Determinación de *Trichoderma* sp y *Azospirillum* sp en los abonos orgánicos líquidos.

Se homogeneizaron los abonos orgánicos líquidos y se extrajeron muestras de 500 mL de cada uno. En el caso del agua, se tomó igual cantidad de la acequia. Para determinar la presencia de ambos microorganismos benéficos se realizó una dilución 10^{-2} de cada biofertilizante.

Para *Trichoderma* se sembraron 100 μ L de las diluciones de TC, SM, TLC y del agua de acequia (T), en cajas de Petris con agar papa glucosado al 2 %, se realizaron tres repeticiones/placas (12 placas en total). En todos los casos los cultivos se incubaron a 27°C. Se evaluaron a los 3 y a los 7 días. Se determinó la presencia *Trichoderma* sp, tomándose las características morfológicas de las colonias y microscópicas del género.

Para *Azospirillum* se sembraron 100 μ L de la dilución 10^{-2} de las diluciones de TC, SM, TLC y T en tubos de ensayos con 5cc de medio de cultivo NFb semigelificado, se incubó durante 72 h a 37°C. Se realizaron tres repeticiones evaluándose un total de 12 tubos. Se evaluó la formación de una película difusa ondulante, densa, blanca observada a 1-4 mm por debajo de la superficie (característica de crecimiento del género en dicho medio). En los casos positivos se realizaron diluciones seriadas en agua destilada estéril sembrándose la dilución 10^{-4} en el medio Rojo Congo, incubándose durante 96 h a 37°C, confirmándose la presencia de *Azospirillum* sp. en base a características del género en dicho medio. Los resultados son expresados como número de aislamientos positivos del total de siembras realizadas.

3.5.2.3. Determinación de coliformes en los abonos orgánicos líquidos.

Se determinó la presencia de coliformes en los abonos foliares orgánicos (TLC, TC y SM) y en el agua (utilizada como testigo y en los caldos de aplicación de los tratamientos). La técnica utilizada para determinar la presencia de coliformes es conocida como Número Más Probable (NMP) (ICMSF, 1999) y comprende tres etapas. La primera, “prueba presuntiva”, consistente en determinar la presencia de

coliformes por la generación de gas en tubos de ensayos, con medio de cultivo lauril sulfato triptosa. Para ello se sembraron diferentes diluciones (de los abonos líquidos), tomándose volúmenes de 10 mL, 0,1 mL, 0,01 mL, para luego observar la generación de gas mediante el uso de campanas de Durham. Los tubos positivos, con generación de gas desplazaron las campanas hacia arriba. Los tubos se homogenizaron e incubaron a 37°C, siendo examinados a las 24 horas. La segunda etapa, “prueba confirmatoria de coliformes fecales”, consistió en extraer de los tubos que tuvieron formación de gas, una muestra, sembrada en medio *E. coli* (EC) e incubadas a 45.5 ° C durante 24 y 48 horas. Se registraron positivos aquellos tubos en donde se observó turbidez (crecimiento) y producción de gas. Con los positivos obtenidos del paso anterior y según las diluciones correspondientes se cotejaron los valores correspondientes en las tablas preestablecidas para NMP. Obteniéndose los valores probabilístico de población contaminante para cada abono foliar orgánico y el agua (Rivera *et al.* 2009).

Para la tercer etapa, “prueba confirmatoria de *Escherichia coli*”, se utilizo agar EMB (Eosina Azul de Metileno). Realizándose siembras estriadas, de los tubos positivos de la segunda etapa. Los tubos se incuban a 35 °- 37° C durante 24 a 48 hs. La confirmación se realiza con el crecimiento característico de las colonias de dicho genero (Rivera *et al.* 2009).

Para el muestreo de los abonos líquidos, se homogenizaron los mismos y se tomaron 500 mL de cada uno. Idéntica cantidad se tomó del agua de acequia. Se utilizaron guantes, botellas de vidrios estériles. Las muestras fueron debidamente rotuladas y llevadas a laboratorio protegidas de la luz y refrigeradas.

3.5.3 Resultados y discusión

Los resultados de los análisis físicos químicos de los abonos orgánicos sólidos se detallan en la tabla 3.6.

Tabla 3.6: Caracterización físico química de los abonos orgánicos sólidos, compost y lombricompuesto. Valores expresados sobre materia seca a 105°C.

	Compost	Lombricompuesto
pH	7,68	7,52
C.E. (dS m ⁻¹)	2,53	0,89
N (g 100 g ⁻¹)	1,8	0,8
Ca (g 100 g ⁻¹)	1,5	2,6
Mg (mg100 g ⁻¹)	757	64,43
K (mg100 g ⁻¹)	1430	407
P (mg 100 g ⁻¹)	1580	1556
Sulfato (g 100 g ⁻¹)	1,48	1,5

Así mismo los resultados de los análisis físicos químicos de los abonos orgánicos líquidos se detallan en la tabla 3.7.

Tabla 3.7: Caracterización físico química de los abonos orgánicos líquidos TC, TLC, SM y del agua. Valores expresados sobre materia seca a 105°C.

	Agua	Supermagro	Té de compost	Té de lombricompuesto
pH	7,2	3,55	7,78	6,99
C.E. (dS m ⁻¹)	0,23	4,56	1,85	0,89
N (g 100 g ⁻¹)	0,01	0,03	0,03	0,04
Ca (g 100 g ⁻¹)	0,06	0,13	0,06	0,05
Mg (mg 100 g ⁻¹)	17,05	46	4,91	13
K (mg 100 g ⁻¹)	0,12	14,50	7,2	7,2
P (mg 100 g ⁻¹)	0,02	100	5,7	5,5
Sulfato (g 100 g ⁻¹)	0,04	0,05	0,09	0,13

Los resultados de la determinación de presencia de *Azospirillum sp* y *Trichoderma sp* en los abonos orgánicos líquidos y agua, se detallan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8: Aislamientos de *Azospirillum* sp y *Trichoderma* sp de los abonos orgánicos líquidos estudiados y el agua (TC, TLC, SM y T).

	<i>Azospirillum</i>	<i>Trichoderma</i>
T	0,3	0
TC	1	0
TLC	1	0
SM	0	0

En tabla 3.9 se indican los resultados de la determinación de presencia de coliformes en los abonos orgánicos líquidos y el agua.

Tabla 3.9: valores obtenidos de coliformes totales (NMP g⁻¹) para los diferentes abonos orgánicos líquidos y del agua. Valores promedios para tres repeticiones.

AOL	NMP g ⁻¹
SM	300
TC	64
TLC	23
T	1100

En terminos generales los valores de la caracterizacion fisico quimica obtenidos para los abonos sólidos, C y LC, se encontraron dentro de los citados por la bibliografia (Pérez *et al.*, 2008 - Duran y Henriquez, 2007). Ambos abonos presentaron pH similar y cercano al neutro (C 7,68 y LC 7,52). En cuanto a la conductividad eléctrica C (2,53 dS m⁻¹) presentó valor más alto que LC (0,89 dS m⁻¹), aunque ambos relativamente bajos por tratarse de abonos que para su utilizacion definitiva se disluen. Según algunos autores (Schuldt, 2006 y Ferruzzi, 1994) el pH ideal de estos abonos, son los próximos al neutro o levemente ácido. Dependiendo de ello, los efectos beneficiosos asociados.

El contenido de nitrógeno, en C ($1,8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$) duplicó al del LC ($0,8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$). Respecto al Ca, LC presentó valores más altos (LC. $2,6 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$; C. $1,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), siendo este nutriente el único de los considerados donde el LC presentó mayor concentración en comparación al C. Respecto al Mg, C presentó una concentración de $757 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, contenido 10 veces mayor al de LC ($64,43 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Para P y SO_4^- , ambos abonos presentaron valores similares.

En los abonos líquidos el más ácido fue SM (pH= 3,55). En tanto que el TC y TLC tuvieron valores cercanos al neutro, similares al agua utilizada para su preparación. La acidez del SM estaría relacionada a una fermentación incompleta según lo reportado por Ruiz Lopez (2013). Esto indicaría que el SM podría no generar buena respuesta en los cultivos, al usarlo como abono foliar, por el pH demasiado bajo, debiendo considerarse las diluciones necesarias para eliminar los efectos negativos de la acidez, manteniendo los efectos positivos nutricionales o bioestimulantes que el producto pudiera tener.

Respecto a la CE, fue mayor en SM ($4,56 \text{ dS m}^{-1}$), mientras que TC y TLC presentaron valores menores ($1,86$ y $0,99 \text{ dS/m}$, respectivamente). La CE del agua utilizada para la preparación de los mismos fue de $0,23 \text{ dS m}^{-1}$.

Por otra parte, SM es el que presentó mayores contenidos de Ca, Mg, K y P. Siendo TLC el que presentó mayores tenores de N y SO_4^- . Llamativamente para Mg, TC ($4,91 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) y TLC ($13 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) presentaron un menor contenido frente al agua ($17,5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). No así SM que prácticamente la triplicó ($46 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Para Ca, TC y TLC presentaron contenidos similares al agua y un 100% inferiores a SM.

Para poder realizar un análisis más profundo deberían considerarse además de los contenidos de nutrientes la biodisponibilidad implicada en cada de los abonos. Artenisa *et al*, (2009) menciona que estos abonos orgánicos, utilizados mayoritariamente como foliares en agricultura orgánica, fueron empleados para el control de plagas, enfermedades y la nutrición mineral de las plantas. Sus usos representan estrategias que se fundamentan en el supuesto equilibrio nutricional y procesos biodinámicos que éstos favorecen, donde la mayor importancia de los mismos, no se centra en lo cuantitativo (contenido de nutrientes), sino en la diversidad de composición mineral y orgánica que pueden formar compuestos quelatados y de fácil disponibilidad.

En cuanto a la presencia de *Trichoderma* sp y *Azospirillum* sp, no se encontró el primero en ninguno de los abonos orgánicos líquidos estudiados, ni en el agua de

acequia. Pero si dieron positivos para *Azospirillum*, TC y TLC en el 100 % de los aislamientos y en el 30% para T. en SM no se obtuvieron aislamientos positivos.

Respecto a la presencia de coliformes (NMP g⁻¹) los resultados obtenidos para los abonos orgánicos líquidos (TC, TLC y SM) fueron relativamente bajos con respecto al agua utilizada para los tratamientos (T) y el riego, es decir menores a 1000 NMP g⁻¹ valor máximo tolerado (CONAL, 2004). TC y TLC con valores menores a 100 NMP g⁻¹ y SM de 300 NMP g⁻¹, se encuentran dentro de los valores permitidos por CONAL. Por ello el agua (1100 NMP g⁻¹) se considera en el presente estudio el principal factor o fuente de contaminación fecal. Aunque todos los tratamientos dieron positiva la prueba de NMP, la prueba confirmatoria de *E. coli.*, resultó negativa.

3.6. Bibliografía

- ABRIL, A.; NOÉ, L.; FILIPPINI, M.F.; CONY, M.; MARTINEZ, L. R. 2011. Microbial dynamics and fertility characteristics in compost from different waste and maturation processes. *The Open Agriculture Journal*. 5, 19-29.
- ALIAGA, NELLY. 2011. Producción de biol supermagro. Centro ecuménico de promoción y acción social, [<http://www.agrolalibertad.gob.pe>], [consulta abril 2012].
- ARTENISA, C., CAVALCANTE, F., DE OLIVEIRA, F., DE SOUSA, J. y MESQUITA, F. 2009. Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante supermagro e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.13, n.2, p.117–124.
- BRITON, W. & DROFFNER, M. 1994. Microbial Approaches to Characterization of composting processes. *Compost Science & Utilization*.
- CASCO M. y HERRERO M. 2007. Compostage. Ed. Mundi Prensa. Pg 106.
- DELGADO D., PORCEL A., ROSARLO M., BELTRAN E., GARCIA J. Y BIGERIEGO M. 2000. Empleo de compost de depuradora como fertilizantes de maíz. INIA. *Vida Rural. Cult. Ext.* 24- 26.
- DOMÍNGUEZ J., M. AIRA Y M. GÓMEZ-BRANDÓN. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas* 18 (2): 20-31.
- DOMÍNGUEZ J Y PÉREZ DÍAZ D. 2011. Desarrollo y nuevas perspectivas del Vermicompostaje. En: M^a Elvira López Mosquera, M^a Jesús Sainz Osés (Eds.) *Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola*. Servizo de Publicacións e Intercambio Científico, Universidade de Santiago de Compostela. pp. 201-214. [<http://webs.uvigo.es>] [consulta: julio 2012].
- DURAN L y HENRIQUEZ C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51. ISSN: 0377-9424 / 2007

- ESPINOSA-VICTORIA Y BRITO-VEGA H. 2010. Relaciones aniso simbióticas y la transformación del material orgánico del suelo. Capítulo II. Agricultura Orgánica, Tercera parte. ISBN: 978-607-00-3411-4. Ed. Universidad Juárez, Durango México.
- FAÇANHA A; OKOROKOVA FAÇANHA A; LOPES OLIVARES F, GURIDI F, DE ARAÚJO SANTOS G, VELLOSO A, RUMJANEK V, BRASIL F, SCHRIPSEMA J, BRAZ-FILHO R, DE OLIVEIRA M y PASQUALOTO CANELLAS L. 2002. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1301-1310.
- FERRUZZI, C. 1994. Manual de lombricultura. Ed. Mundi-Prensa 138 p.
- ICMSF. 1999. Microorganismos de los Alimentos 2 – Métodos de muestreo para análisis microbiológicos. Principios y aplicaciones específicas.– Editorial Acribia
- ORMEÑO, M. A. 2010. Preparación y aplicación de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Mérida. INIA. 138 p. [<http://www.sian.inia.gob.ve>] [consulta: abril 2012].
- PÉREZ A, CESPEDES C, NUÑEZ P. 2008. Caracterización Física Química y Biológica de Enmiendas Orgánicas Aplicadas a la Producción de Cultivos en Republica Dominicana. *R. C. Suelo Nutr. Veg.* 8 (4) p.10-29.
- RIVERA M.; RODRIGUEZ C. & LOPEZ J. 2009. Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de La Ciudad de Cajamarca, Peru. *Rev Peru Med. Exp. Salud Pública.* 26(1): 45-48.
- RUIZ, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efecto frente al estrés salino. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. [<http://rua.ua.es>] [Consulta: abril 2012].
- RUIZ LOPEZ M.A. 2013. Comportamiento químico y microbiológico en biofertilizante tipo supermagro. Tesis de Maestria en Agronomía. Universidad de Brasilia, Facultad de Agronomía y Medicina Veterinária. 108p.

- SANCHEZ MONEDERO, ROIG A, PAREDES C Y BERNAL M. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresource technology*. 78 (3) 301-308.
- SALAS E. y RAMIREZ C. 2001. Bioensayo microbiano para estimar los nutrimentos disponibles en los abonos orgánicos: calibración en el campo. *Agronomía Costarricense*. 25(2):11-23.
- SCHULDT, M. 2006. *Lombricultura teoría y práctica*. Ed: Mundi-Prensa 307 p.
- SOTO G. Y MELENDEZ G. 2004. Como medir la calidad de los abonos orgánicos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 72 p. 91-97.
- SOTO G. Y MUÑOZ C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 65 p. 123-129.

CAPITULO 4

Estudio de concentraciones y frecuencias de aplicación de Té de Compost, Té de Lombricompuesto y Supermagro en plantines de lechuga.

4.1. Resumen

Las recomendaciones sobre los abonos orgánicos foliares presentan una gran disparidad en cuanto a las concentraciones y formas de aplicación. Con el objeto de obtener concentraciones y frecuencias orientativas de uso en lechuga a campo, de los abonos orgánicos foliares estudiados, se realizó un ensayo en almácigo de lechuga (*Lactuca sativa* L), tomándose diferentes concentraciones (0,1%, 1% y 10%) y frecuencias de aplicación, de 1 (S) y 3 (D) veces por semana, de los 3 abonos orgánicos foliares: té de compost (TC), té de lombricompost (TLC) y supermagro (SM); utilizándose agua como testigo. Las plantas se trataron una vez emergida la primera hoja verdadera. Se evaluó peso fresco a los 30 días después de siembra. El diseño estadístico fue factorial aplicado a un Diseño Completamente Aleatorizado de 4 x 3 x 2, con 5 repeticiones. Los abonos, concentraciones, frecuencias y las interacciones presentaron diferencias significativas (p-valor <0,0001), a excepción de la interacción concentraciones por frecuencias (p-valor 0,5975). De las 24 combinaciones posibles respecto a la interacción de los tres factores, TLC 0,10% S (0,97g), TC 0,10% D (0,93g), TC 10% D (0,89g) y SM 0,10% D (0,82g) fueron los que mayor PF presentaron. SM 10% S (0,49g) y SM 10% D (0,26g) obtuvieron los PF (peso fresco) más bajos.

Palabras claves: *Lactuca sativa* L., almácigos, abonos, aplicación foliar

4.2. Introducción

En el uso de los abonos orgánicos foliares, la información difundida por los sistemas de extensión, contenidos y publicados en el Manual de Tecnología para Agricultura Familiar de PROINDER, Argentina (www.proinder.gov.ar) o en la base de datos TECA de la FAO (teca.fao.org), entre otros, se cuenta con referencias de dosis y concentraciones muy dispares, variando las concentraciones recomendadas entre el 1 y el 20%. La poca certidumbre para un uso adecuado y eficiente es muy frecuente. Las concentraciones, dosis, frecuencia de uso y preparación de los abonos orgánicos muestran gran dispersión.

Al utilizar abonos orgánicos sólidos, como compost y lombricompost, habitualmente se utilizan dosis bajas (menores a 10 Mg ha⁻¹). Sin embargo, es común que en el manejo de estiércol se apliquen dosis altas, que pueden llegar a más de 100 Mg ha⁻¹. Para algunos autores lograr la sustentabilidad de los suelos donde se incorporan residuos orgánicos, significa manejar dosis de aplicación en función del requerimiento de nitrógeno del cultivo a implantar (Salazar Sosa, 2003).

Según Aguirre y Fernández (2000), estos abonos aportan nutrientes en bajas concentraciones, por lo que sería necesario aplicar grandes dosis para proveer los elementos necesarios; es por esto que en pocas ocasiones se pueden justificar las aplicaciones. Las recomendaciones sobre dosis de aplicación en diferentes trabajos muestran que hay una gran relación con las condiciones particulares de cada experiencia.

Pero al trabajar con extractos o diferentes preparaciones líquidas orgánicas, como es el caso de esta tesis, se entiende que el enfoque debe ser otro. Se deben considerar sobre todo los efectos biológicos-hormonales además de los nutricionales a nivel de macro y micronutrientes, lo que posiblemente influye en la dosis óptima de aplicación y a su vez hace más complicada la lectura de su accionar en forma directa. Aunque las aplicaciones de abonos sólidos al suelo responden positivamente y son indispensables para la producción agroecológica, se deben reconocer las ventajas de la aplicación foliar, usando abonos líquidos, como complemento, estrategia indicada para que los abonos orgánicos manifiesten sus propiedades bioactivadoras en bajas cantidades (Bezerra *et al.* 2010).

Al respecto, Sladk (1959) logró aumentos de peso fresco y seco de plantines de tomate mediante tratamientos foliares con ácidos fúlvicos extraídos de compost de jardín, a una concentración de 300 mg L^{-1} . Ramos Ruiz (2000), indica que aplicaciones foliares pueden ser efectivas en dosis cien veces menores a las necesidades de aplicación de abonos al suelo. Se tiene referencias de la efectividad de té de lombricompost a bajas concentraciones en las primeras etapas del crecimiento y desarrollo de los cultivos. También se confirma esta respuesta positiva en los primeros días después del trasplante donde las necesidades nutritivas son máximas, por ejemplo para el cultivo de tomate. Más recientemente Nicollielly (2012) logró plantas de tomates con mayor altura, diámetro del tallo y mayor número de hojas con aplicaciones a la base de la planta de 2 L de té de estiércol y 1 L de lombricompost. Arteaga (2006) quien uso dos concentraciones diferentes de TLC en aplicaciones foliares a punto de goteo, la primera a una relación de 1:30 y la segunda a 1:40 en agua (v/v), aplicadas en dos dosis de 50 y 150 L ha^{-1} con intervalos de 15 y 7 días después del trasplante de las plántulas, logró incrementos en los rendimientos biológicos, productivos y de calidad, siendo la concentración de humus líquido de 1:30 la de mayor eficiencia.

Algunos de estos abonos, extractos, también se utilizan para otros fines, por ejemplo como protectores de cosechas para el control de plagas, también como inoculantes para recuperar o mejorar la microflora del suelo. Se ha demostrado su eficiencia en el control de enfermedades y plagas como el moho gris en habas, frutillas, pimiento y tomate y pulgón de tomate y papas (Mendrzycki, 2011). También el té de compost se usa cada vez más como alternativa de control de enfermedades, tanto para el control de enfermedades foliares como para patologías que afectan al tallo y las raíces (Scheuerell y Mahaffee, 2004).

Bajo ciertas condiciones el uso del té de compost demostró ventajas con respecto a la incorporación de compost sólido, por ejemplo para el control de enfermedades en el trasplante (Scheuerell y Mahaffee, 2004).

Pineda (1996) comparó la fertilización orgánica (TLC) y mineral (urea) en una rotación de arveja - maíz- arveja. Los abonos se aplicaron por vía foliar, no obteniendo diferencias significativas en cuanto al rendimiento de granos. Sin

embargo encontró un aumento en la altura de plantas de maíz y el peso del rastrojo de arveja con TLC.

Ormeño y Ovalle (2007), para SM recomiendan como efectivas, en producción orgánica de cacao el uso de a una dosis de 100 mL planta⁻¹ por mes, al 20 %, aplicado a partir de que los plantines tienen unos 10 cm de altura. Para establecimiento recomienda 250 mL planta⁻¹ por mes, durante el primer año al 20 % y en cacao adulto (3 años o más) 500 mL planta⁻¹ al 50 %.

A su vez Domene *et al.* (2008) mencionan el peligro de utilizar dosis altas de abonos orgánicos, a pesar de su origen en residuos vegetales, ya que pueden producir daños si su manejo no es apropiado. El exceso de abonos orgánicos produce una sobrefertilización, la cual es tóxica para los suelos, plantas, animales invertebrados y microorganismos. Usar cantidades apropiadas de estos evitaría efectos tóxicos. Pero a su vez mencionan que la falta de estabilidad de los residuos empleados es la principal razón de los efectos nocivos para plantas y animales. El amonio es uno de los responsables de dicha toxicidad, generado por la rápida descomposición del residuo en el suelo. Vinculado a la inmadurez de algunos abonos orgánicos, es decir procesos de humificación incompletos.

La disparidad de recomendaciones para TLC y TC, como así también la escases de trabajos científicos respecto de a SM nos impiden determinar a priori concentraciones y frecuencias de uso. En ese marco fue necesario realizar un estudio previo en plantines de lechuga, para determinar en forma orientativa dosis y frecuencias de usos de los mismos.

4.3. Hipótesis y Objetivo

H0: el peso fresco de platines de lechugas no es afectado con la aplicación de abonos orgánicos foliares (TLC, TC y SM) bajo diferentes frecuencias y concentraciones.

H1: el peso fresco de platines de lechugas es afectado con la aplicación de abonos orgánicos foliares (TLC, TC y SM) bajo diferentes frecuencias y concentraciones.

Objetivo general

- Determinar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos en el peso fresco de plantines de lechugas.

Objetivos específicos

- Determinar los efectos en el peso fresco de plantines de lechugas de la aplicación de AOL (TLC, TC y SM) bajo diferentes frecuencias de aplicación.
- Determinar los efectos en el peso fresco de plantines de lechugas de la aplicación de AOL (TLC, TC y SM) bajo diferentes concentraciones de uso.
- Determinar la existencia de interacción entre AOL, frecuencias de aplicación y concentración de uso.

4.4. Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy, ubicado en la Ciudad de Jujuy, ($24^{\circ}11'19,45''S$ - $65^{\circ}17'39,73''O$). Se realizó un almácigo de lechuga var. Emerald GR, empleando bandejas de material plástico, con 72 compartimentos, de 12 filas por 6 espacios cada una. Se utilizó como sustrato turba patagónica, (Chubut, Argentina). La siembra se realizó al voleo y luego de nacidas las plantas se ralearon, dejando sólo una planta por celda. El riego se efectuó diariamente utilizando micro aspersores y ordenador de riego electrónico. Se uso agua de red, programándose el sistema para entregar dos riegos diarios de 20 minutos cada uno.

Los abonos orgánicos líquidos TC, TLC y SM utilizados, fueron los descriptos en el capítulo 3. Se utilizo agua como testigo (T).

Los tratamientos consistieron en aplicaciones foliares de TC, TLC, SM bajo 3 concentraciones y 2 frecuencias. Las concentraciones utilizadas fueron: 0,1 %, 1 % y

10 %. Las frecuencias consistieron en una aplicación por semana (S) realizada los días lunes y tres aplicaciones por semana (D) realizadas los días lunes, miércoles y viernes. Los testigos (T), consistieron en pulverizar las plantas con agua y ambas frecuencias. Los plantines que tuvieron los tratamientos con la frecuencia D recibieron 6 aplicaciones en total y solo 2 los de S.

Las plantas se pulverizaron desde el despliegue de la primera hoja verdadera hasta plantín terminado, 30 días después de la siembra. Para las aplicaciones de los tratamientos se utilizó un pulverizador de mano, con cámara de presión, bombín manual y pico regulable. Se reguló para que la pulverización tuviera gotas finas, buscando una cobertura plena del filoplano (superficie foliar). Las aplicaciones se realizaron hasta punto de goteo.

El diseño utilizado fue un factorial completamente aleatorizado de 4 tratamientos (3 abonos foliares + agua) por 3 concentraciones (0,1; 1 y 10%) y 2 frecuencias (S y D), con cinco repeticiones. La unidad experimental estuvo compuesta de 10 plantines.

El modelo resultante fue:

$$x_{ijkkr} = \mu + A_i + C_j + F_k + (AC)_{ij} + (AF)_{ik} + (CF)_{jk} + (ACF)_{ijk} + EE_{ijkkr}$$

Donde:

A= TC, TCL, SM, T (Agua)

C= 0,1; 1 y 10%

F= S y D

k = 5 repeticiones

La determinación del peso fresco de todos los plantines de lechuga se realizó a los 30 días después de la siembra. Extraídos los plantines se pesaron en balanza analítica. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de comparación de medias con LSD Fisher, con análisis de interacciones y probabilidad del 5%. Se utilizó el programa INFOSTAT®.

4.5. Resultados

El ANOVA arrojó diferencias significativas para los tipos de abonos, concentraciones, frecuencias y las diferentes alternativas de interacción de los 3 factores, ya sea de a pares y los tres juntos (p-valor <0,0001) a excepción del par concentración por frecuencia (p-valor 0,5975).

Tabla 4.1: ANOVA con interacciones para los diferentes factores, variable peso fresco de plantines de lechuga.

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Peso Fresco de plantines de lechuga	120	0,61	0,6	17,72	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26,21	23	1,14	80,09	<0,0001
Abonos	3,43	3	1,14	80,35	<0,0001
Concentración	2,76	2	1,38	96,84	<0,0001
Frecuencia	0,3	1	0,3	21,23	<0,0001
Abonos*Concentración	5,02	6	0,84	58,84	<0,0001
Abonos*Frecuencia	5,43	3	1,81	127,22	<0,0001
Concentración*Frecuencia	0,01	2	0,01	0,52	0,5975
Abonos*Concentración*Frecuencia	9,25	6	1,54	108,39	<0,0001
Error	16,73	1176	0,01		
Total	42,94	1199			

Las 6 combinaciones que obtuvieron mayor PF respecto al testigo (T= 0,73g fueron TLC 0,1% S (0,97g), TC 0,1% D (0,93g), TC 10% D (0,90g), SM 0,1% D (0,82g), TLC 10 % D (0,77g) y TLC 1% D (0,74g).

Las combinaciones SM 10% S (0,49g k) y SM 10% D (0,26g l) obtuvieron los pesos más bajos. De los 6 tratamientos con menor PF, (SM 10 % D, SM 10 % S, TC 0,1 % S, TC 10 % S, TLC 1 % S, TLC 10% S); 4 son de la variante de mayor concentración (10%).

Tabla 4.2: Peso fresco de plantines de lechuga en gramos, bajo diferentes combinaciones de abonos orgánicos foliares (TLC, TC, SM), concentraciones (0,1; 1 y 10%) y frecuencias de aplicación (S y D), T es testigo.

Test:LSD Fisher, Alfa=0,05 DMS=0,04681, Error: 0,0142 gl: 1176						
Abonos*	concentraciones	frecuencias	Medias	n	E.E.	
TLC	0,1	S	0,97	50	0,02	A
TC	0,1	D	0,93	50	0,02	AB
TC	10	D	0,89	50	0,02	B
SM	0,1	D	0,82	50	0,02	C
TLC	10	D	0,77	50	0,02	CD
TLC	1	D	0,74	50	0,02	DE
T	1	S	0,73	50	0,02	DEF
T	0,1	S	0,73	50	0,02	DEF
T	10	S	0,73	50	0,02	DEF
TC	1	D	0,71	50	0,02	EF
TC	1	S	0,71	50	0,02	EF
SM	1	D	0,69	50	0,02	F
SM	0,1	S	0,64	50	0,02	G
TLC	0,1	D	0,62	50	0,02	GH
SM	1	S	0,61	50	0,02	GH
T	1	D	0,61	50	0,02	GH
T	10	D	0,61	50	0,02	GH
T	0,1	D	0,61	50	0,02	GH
TLC	10	S	0,59	50	0,02	HI
TLC	1	S	0,58	50	0,02	HI
TC	10	S	0,55	50	0,02	IJ
TC	0,1	S	0,53	50	0,02	JK
SM	10	S	0,49	50	0,02	K
SM	10	D	0,26	50	0,02	L
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). *T= testigo						

4.6. Discusión y conclusiones

Si bien se obtuvieron efectos positivos para el PF de plantines, se observaron en ciertas combinaciones una acción depresiva. Los efectos depresivos pueden deberse a fitotoxicidad de los abonos foliares, como consecuencia de una afecto salino y/o hormonal de las concentraciones mayores. Al respecto estos han sido reportados por otros autores para los diferentes fertilizantes aquí tratados. Para TLC y TC existen citas que mencionan efectos fititoxicos por sobredosis del tipo hormonal, asociado al contenido de ácidos fulvicos, moléculas con acción auxinica (Atiyeh *et al.*, 2002). También Araujo *et al.* (2006) encontraron efectos depresivos en la aplicación de SM a concentraciones superiores al 15% en plantas de café, adjudicando el efecto negativo a un posible exceso de nutrientes en el caldo aplicado. Al respecto Domene *et al* (2008) menciona el riesgo de utilizar dosis altas de abonos orgánicos foliares, por la posible toxicidad acarreada. Los efectos positivos de TLC fueron reportadas por Arteaga (2006) a una concentración de 3%.

Los resultados indican efectos positivos de los abonos orgánicos foliares, sobre todo para TC y TLC. Obteniéndose los mayores valores de PF con las combinaciones de frecuencia D y concentraciones menores (0,10 y 1 %).

4.8. Bibliografía

- AGUIRRE, C. y FERNÁNDEZ, N. 2000. Fertilización orgánica en maíz dulce (*Zea mays* var. *Saccharata*). Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE. Corrientes - Argentina.
- ARAÚJO J, CARVALHO G; GUIMARÃES R; MORAIS A y CUNHA R. 2006. Composto organico e biofertilizante supermagro na nutriçao cafeeiros emformaçao. [<http://www.sbicafe.ufv.br/>] [consulta: agosto 20013].
- ARTEAGA, M. 2006. Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) var. Amalia en condiciones de producción. Cultivos Tropicales, vol. 27, no. 3, p. 95-101.
- ATIYEH R., L, EDWARDS C, ARANCON A y METZGER D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84 p.7–14.
- BEZERRA M., CARDOSO DA SILVA J., FERREIRA DA MATA J., ARAUJO DE FREITAS, BASTOS DOS SANTOS L. Y RODRIGUES DO NASCIMENTO I. 2010. Foliar biofertilizar applied in cover fertilization in the production of lettuce cv. Veronica. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia v3 n2: 135-141.
- DOMENE, X.; RAMÍREZ, W.; MATTANA, S.; ALCANIZ, J. M. & ANDRÉS, P. 2008. Ecological risk assessment of organic waste amendements using the species sensitivity distribution from a soil organisms test battery”. Environmental Pollution 155(2): 227-236.
- MENDRZYCKI, A. 2011. Extracto de Compost (Te de compost). [Engormix.com] [consulta: abril 2012]
- NICOLIELLY MATHEUS, H. Y. 2012. Evaluación del efecto de dos fertilizantes orgánicos líquidos sobre tres variables en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentun*) var. Río Grande. [<http://www.buenastareas.com/ensayos/Evaluacion-Del-Efecto-De-Dos-Fertilizantes/4407032.html>] [Consulta: julio 2013].
- ORMEÑO, M. A. & OVALLE, A. 2007. Preparación y aplicación de abonos orgánicos. Ciencia y Producción Vegetal. INIA.

- PINEDA, R. 1996. A propósito de ecología, agricultura y fertilizantes. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). *Informaciones Agronómicas*. 22: 9-13. Quito. Ecuador. [www.raaa.org/resuinv3] [Consulta: julio 2012].
- RAMOS RUIZ, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como producto de acción bioestimulante. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante.
- SALAZAR SOSA, E. 2003. Abonos Orgánicos y Plasticultura. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. México. 233.
- SCHEUERELL S & MAHAFFEE W. 2004. Compost Tea as a Container Medium Drench for Suppressing Seedling Damping-Off Caused by *Pythium ultimum*. *PHYTOPATHOLOGY* Vol. 94, No. 11, p:1156-1163.
- SLADK, Z. 1959. The effect of extracted humus substances on growth of tomato plants. *Biol. Plant.* 1, 142-150

CAPITULO 5

Efectos de la aplicación foliar de abonos orgánicos líquidos sobre cultivo de lechuga

5.1. Resumen

La productividad y la calidad de un cultivo de lechuga están influenciadas por diferentes factores, englobados en el ambiente, el manejo y la genética de la especie cultivada. En el presente capítulo se evaluó el efecto de 3 abonos orgánicos líquidos, en una producción agroecológica de lechuga. Se realizó un ensayo en primavera con diferentes aplicaciones de Té de Compost 0,1% (TC), Té de Lombricompost 1% (TLC), Supermagro 0,1% (SM) y agua como testigo (T). Las aplicaciones se realizaron los lunes, miércoles y viernes de cada semana, resultando 13 pulverizaciones durante el ciclo (40 días). El cultivo se condujo en forma orgánica. Se tomó a lo largo del cultivo peso fresco y peso seco de planta completa, discriminándose parte aérea y raíz, en la última evaluación. Complementariamente se determinó N, P, K, Ca y Mg, en hojas. A cosecha se evaluó color (L^* , a^* , b^* y h^*), área foliar, número de hojas, ácido ascórbico, azúcares reductores, nitratos, presencia de microorganismos coliformes ($NMP\ g^{-1}$) y microorganismos benéficos (*Azospirillum* sp y *Trichoderma* sp). En el último muestreo, SM presentó mayor PF a los restantes tratamientos. En color SM se diferenció del resto de los tratamientos (para L^* y h^*). En número de hojas y área foliar no se obtuvo respuesta. TLC superó a los demás tratamientos en contenidos de ácido ascórbico. Todos los AOL generaron lechugas con contenidos de azúcares reductores y nitratos mayores al testigo, destacándose TC para el primero. El aumento de contenido de nitrato fue de un 25% promedio respecto a T. Todos los tratamientos presentaron $NMP\ g^{-1}$ superiores a lo permitido (SM 2400, TLC 1300, TC 2400 y T 2140). La prueba confirmatoria para *E. coli* fue negativa. En rizosfera SM ($0,2^{**}$) presentó el menor número de aislamientos de *Trichoderma* y TC ($0,7^{**}$) favoreció a *Azospirillum*. En hojas no se encontraron efectos sobre la presencia de *Trichoderma*. Se propone aceptar parcialmente la hipótesis 1 planteada, destacándose SM para PS, PF y Color, TLC para ácido ascórbico y $NMP\ g^{-1}$, TC para azúcares reductores y *Azospirillum*. Se recomienda profundizar los estudios, para poder avanzar en una conclusión definitiva respecto al uso adecuado de los abonos orgánicos estudiados.

Palabras claves: lechuga, abonos foliares orgánicos, producción, calidad e inocuidad.

5.2. Introducción

Desde una óptica sistémica, el comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus componentes. Las interacciones potenciadoras de estos sistemas se caracterizan porque los productos de un componente son utilizados en la producción de otro componente. Ejemplo de esto último serían las malezas utilizadas como forraje, el estiércol empleado como fertilizante, o los rastrojos y malezas dejadas para pastoreo animal. La biodiversidad puede también subsidiar el funcionamiento del agroecosistema al proveer servicios ecológicos tales como el reciclaje de nutrientes, el control biológico de plagas y la conservación del agua y del suelo (Altieri *et al.*, 1999).

Los sistemas agrícolas convencionales a nivel mundial se han caracterizado por el manejo intensivo de la tierra, principalmente en las explotaciones hortícolas, lo que conlleva al deterioro de la calidad del suelo (Jaurixje *et al.*, 2013). La fertilización en un sentido estricto y en dicho contexto, ha sido tradicionalmente tomada como el aporte de nutrientes con el objeto de reponer lo extraído por el cultivo y de entregar en forma rápidamente disponible para el mismo los nutrientes básicos. Claramente este enfoque sigue siendo sesgado sobre todo para sistemas de producción de tipos agroecológicos donde la actividad biológica y la biodiversidad en los suelos son claves (Altieri *et al.*, 1999). Al fertilizar con abonos orgánicos, solo teniendo en cuenta la presencia y cantidad de nutrientes y dejando de lado su relación con el medio ambiente como el impacto sobre la biodiversidad y el dinamismo posible que ésta genera en el agrosistema, se está planteando una estructura que no valora ciertos servicios que dichos abonos prestan al mismo (Montecinos, 1996). Los efectos que producen los abonos orgánicos son más complejos de medir, actúan de manera múltiple y sistémica, generando entre otras cosas, resistencia a plagas y enfermedades, recuperación a eventos climáticos como heladas y granizo, etc.

Los abonos orgánicos, según un enfoque más amplio, participan en la reactivación de procesos naturales a nivel microbiológico, ya sea en la rizófora como en el filoplano³ de las plantas cuando se utilizan en forma foliar, permitiendo restablecer procesos ecológicos desactivados por el monocultivo y los agroquímicos (Pérez y Pozo, 1996). También los abonos orgánicos además de asegurar la producción, en cantidad y calidad a cosecha, suelen impactar en la denominada calidad poscosecha o de conservación de productos hortícolas. Al respecto, Chiesa y Mayorga (2007) hacen mención del cambio en la composición química de plantas de lechuga, obtenidas mediante manejo orgánico versus las fertilizadas en forma convencional. La concentración de nitratos, por ejemplo, fué menor con el uso de lombricompost, el porcentaje de fibra/sólidos solubles mayor y el porcentaje de cenizas menor. Siendo ampliamente conocida la preferencia de los consumidores por las lechugas provenientes de cultivos manejados en forma orgánica debido a su turgencia, brillo, color y aspecto general.

Estas consideraciones son importantes ya que el concepto de calidad en hortalizas ha dejado de ser concebido sólo en relación a las características externas del producto que llega al consumidor. Aspectos tales como el tipo y dosis de pesticidas y fertilizantes químicos empleados durante su producción y, consecuentemente, el valor nutritivo y el contenido de sustancias nocivas para la salud en los órganos comestibles, se consideran factores cualitativos de importancia (Pimpini *et al.*, 2004). Por otra parte, el contenido de nitratos en hortalizas de hojas es un aspecto relevante en relación con la salud del consumidor (Pimpini *et al.*, 2000; Filippini, 2006).

Para Rangel *et al.* (2010), una alternativa clara para satisfacer la demanda nutricional de los cultivos e impactar sobre estas variables, disminuyendo costos y la dependencia de los fertilizantes inorgánicos, es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como: extracto líquido de estiércol, lixiviado de compost, té de compost y orina animal. El uso de fertilizantes orgánicos foliares como alternativas tecnológica complementaria al aporte de abono orgánico al suelo, es promisorio y practicada desde tiempo atrás por sectores del campesinado de diferentes regiones. Según Stevens (2008) el uso de té de compost estimula el crecimiento vegetativo, radical, aumenta la producción y la calidad.

³ ambiente generado en la superficie de las hojas.

Desde el punto de vista nutricional, la factibilidad del uso de algunas soluciones orgánicas como fuente de nutrientes para tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) producido en invernadero fueron confirmada por Rangel *et al.*, 2010. Estos autores compararon solución nutritiva inorgánica de Steiner (Steiner, 1961) respecto de té de compost, té de lombricompuesto y lixiviado de lombricompuesto. La fertilización inorgánica generó los mayores contenidos de N foliar y N-NO₃ en el extracto celular de los pecíolos, contenido de clorofila, así como un mayor rendimiento de frutos de tomate. Sin embargo, se presentaron menores valores de sólidos solubles, con respecto a los obtenidos con los tratamientos de fertilización orgánica. Dentro de los tratamientos de fertilización orgánica, el té de lombricompuesto sobresalió con un mayor rendimiento de fruto. Recomendando al té de lombricompuesto, como alternativa ambientalmente amigable respecto al uso de soluciones nutritivas convencionales en la producción de tomate en invernadero. Ochoa *et al.* (2009) lograron mejoras en tamaño, sólidos solubles en tomates fertirrigados con té de compost. La aplicación de compost líquido al suelo y al follaje generó resultados favorables en el cultivo de tomate, respecto al contenido de materia seca de las plantas, al número de folíolos, al volumen radical y el peso seco de las raíces (Barroso *et al.*, 1994). Rothman, *et al.* (2006), utilizando té de lombricompuesto en espinaca (*Spinacia oleracea* L.), por medio de fertirriego y aplicación foliar a diferentes dosis, logro mejoras en la producción, peso fresco por planta, peso seco, altura de planta y número de hojas. En tomate se lograron incrementos en el rendimiento y en la calidad, mediante aplicaciones foliares de humus líquido al 3%, cada siete días después del trasplante (Arteaga *et al.*, 2006).

Además de lo nutricional, Atiyeh *et al.* (2002) comprobaron el efecto promotor de crecimiento de ácidos húmicos extraídos de lombricompuesto, en plantines de tomate y pepino, mediante la adición de estos a la turba utilizada como sustrato. Los valores positivos fueron obtenidos entre las concentraciones de 50 y 500 mg kg⁻¹ de sustrato. Por arriba y debajo de dicho rango, el efecto fue negativo en progresión mayor en la medida que las concentraciones se alejan del rango óptimo.

Las sustancias húmicas se encuentran entre los principales componentes de los abonos derivados de compost y lombricompuesto. Al respecto la actividad auxínica de las sustancias húmicas ha sido evaluada y comprobada por Façanha *et al.* (2002), determinando su efecto sobre el crecimiento radical y la actividad de la H⁺ ATPasa

de la fracción microsomal, en raíces de maíz. Ferrara y Brunetti (2010), pulverizando plantas de uvas de mesa con 100 ppm de ácidos húmicos, obtenidos de compost, en plena floración lograron aumentos significativos del tamaño de las bayas (anchura y peso) y una mejora significativa de los demás parámetros de calidad (acidez titulable y la relación °Brix/acidez).

También Cardoso Rodda *et al.* (2006) analizaron la capacidad promotora de crecimiento radical de suspensiones de ácidos húmicos extraídos de lombricompostos producidos con diferentes fuentes de materia orgánica. Las lombrices para este caso fueron alimentadas con estiércol bovino, bagazo de caña y residuos de leguminosa (*Gliricidia sepium*). La bioactividad fue evaluada por medio del análisis del crecimiento radical y de la actividad de la bomba de H⁺, como indicador de la actividad de la membrana plasmática y el aumento de la absorción de nutrientes, en raíces de lechuga. Las características químicas de los lombricompostos obtenidos no presentaron diferencias. Pero sí se obtuvo diferencia en los humatos aislados, tales como acidez y propiedades ópticas. Los humatos producidos a partir de estiércol bovino solo y por la mezcla estiércol con bagazo de caña proporcionaron los mayores estímulos en el crecimiento radical de las plantas de lechuga, resultando los más adecuados para ser usados en forma soluble. Es llamativo que la inclusión de residuos de leguminosa en el proceso de lombricompostado no produjo humatos con efecto en el desarrollo de raíces de lechuga. Esto indicaría que la mayor o menor actividad promotora se relaciona al material con el que se alimentan las lombrices. Por tanto no todos los lombricompostos son equivalentes en cuanto a su capacidad promotora. En hidroponía, los ácidos húmicos incrementaron el peso fresco y seco del sistema radical en diferentes especies de hortalizas comparadas con plantas que crecieron en soluciones testigos neutras (David *et al.*, 1994). En otras investigaciones como las realizadas por Quaggiotti *et al.* (2004) las sustancias húmicas hidrosolubles o las extraídas con KOH, aumentaron el peso seco y número de raíces laterales en maíz (*Zea mays* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.).

Restrepo (2007) indica que con supermagro aplicado al follaje de los cultivos, se puede aumentar la cantidad de raíces e incrementar la capacidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando sustancialmente la producción y calidad de las cosechas.

González y Valiente (2001) lograron mejoras en peso fresco y área foliar de cultivo de lechuga, con 3 aplicaciones foliares de SM al 8 %. Mazariegos y Colindres (2002), evaluaron los rendimientos de plantas de ají (*Capsicum frutescens*) bajo cinco tratamientos con diferentes concentraciones de supermagro (2, 4, 8, 16 y 32 %), mediante dos aplicaciones por semana. Al aumentar la dosis por encima del 16 %, los rendimientos se redujeron. Esta reducción se adjudica a un proceso de osmosis; la concentración de soluto en dosis superiores al 16 % puede ser importante para generar potenciales osmóticos contraproducentes en la superficie de las hojas. Artenisa *et al.* (2009) lograron mejorar el peso medio de frutos de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) con aplicaciones del biofertilizante supermagro al suelo, diluido en agua al 25%, solo y combinado con potasio, 30 días después de la plantación y cada 90 días, hasta la cosecha, con respecto al testigo sin tratar. El tratamiento con éxito fue la combinación supermagro/potasio. La dosis con mejor resultado fue la de 20 g de K₂O y 4 litro de supermagro (1:4) por planta. Barrosa (2011) mediante 3 aplicaciones de supermagro vía foliar, la primera a los 10 días de la emergencia al 1,7 %, la segunda a los 25 días al 3,3 % y la tercera a los 40 días al 5 %, sobre plantines de papaya (*Carica papaya* L), logró un mejor volumen radicular para las plantas, evaluadas a los 10 días de la última aplicación, pero en detrimento del desarrollo aéreo de las mismas.

Silva *et al* (2011), compararon diferentes concentraciones (5, 10, 15, 20 y 25 %) de supermagro en plantas de poroto alubia (*Phaseolus* sp.). El volumen de biofertilizante en las distintas concentraciones aplicado por planta fue de 150 mL, cada 15 días, a partir de la emergencia y hasta los 45 días. Los resultados obtenidos permitieron concluir que dosis mayores de 10 % de supermagro afectan la altura de las plantas. Solo se obtuvieron resultados positivos en el mayor número de hojas por planta.

Pero además del efecto promotor, no se debe abandonar el aspecto nutricional. Sí no se satisface la demanda que impone el crecimiento del cultivo, no será posible acercarse a los rendimientos máximos posibles para esa condición (Etchevers Barra, 1999). Esto se debe a que las necesidades nutrimentales del cultivo están en función del rendimiento y éste del agroecosistema. Las necesidades nutrimentales pueden ser consecuentemente más elevadas y viceversa (Rodríguez, 1993). En relación a ello el efecto estimulante de las sustancias húmicas del compost, sobre el crecimiento de las

plantas ha sido comúnmente relacionado con el aumento de la absorción de macronutrientes (Guminski *et al.*, 1983).

Para Brechelt (2004) el lombricompuesto es un abono orgánico completo (1 tonelada de lombricompuesto equivale a 10 toneladas de estiércol) y ofrece una nutrición equilibrada al cultivo. Es rico en sustancias orgánicas y compuestos nitrogenados. Posee óptimas cantidades de macronutrientes y elevadas de micronutrientes como: calcio, manganeso, magnesio, boro, molibdeno y zinc (Mirabelli, 2000). Además su pH generalmente es neutro permitiendo así la mayor disponibilidad de los mismos.

Aplicaciones foliares de lombricompuesto en concentraciones de 5 y 10 % fueron favorables en plantas de naranja, respecto a longitud del injerto, número de hojas, longitud, peso fresco y peso seco de la raíz. En este caso el abono líquido empleado, entregó bajas concentraciones de macronutrientes N (0,028 %), P (0,9 %), K (0,018 %) no obstante, a pesar de ello se pudo apreciar un aprovechamiento por parte de la plantas, reflejado en las variables de crecimiento (Oropeza y Russian, 2008).

Maheswari *et al.* (2004) reportaron los beneficios de la aspersión con lombricompuesto líquido sobre pimiento. Destacan el aumento en la absorción de fósforo, hierro, zinc, cobre y manganeso.

Desde los conceptos de fertilización /abonado, tanto en el caso específico de flores, hortalizas y frutales, además de los aspectos de rendimientos relacionados con la nutrición debe considerarse el efecto que tiene la nutrición misma en la calidad de los productos como de su vida poscosecha (Verón, 2008). Una buena y equilibrada nutrición, permitirá productos con mejor presentación y mayor durabilidad en góndola.

La calidad de las hortalizas no está relacionada solamente con el aspecto externo de las mismas, sino que también hay que tener en cuenta los posibles residuos de agroquímicos, tanto pesticidas como fertilizantes, usados en su producción. Es decir se debe prestar atención no sólo al contenido de nutrientes sino también al de sustancias nocivas para la salud (Mayorga, 2008). En la actualidad muchos consumidores de lechuga y otras hortalizas tienen preferencia por los productos obtenidos de forma orgánica. También debido a su aspecto exterior diferente en lo que respecta a turgencia, brillo, aspecto general y color (Vignoni *et al.*, 2003).

Rodríguez (2003) asegura que la riqueza de un abono va más allá de sus aportes químicos fundamentales. Haciendo referencia al contenido en ácidos orgánicos,

azúcares y otros compuestos que se encuentran presente en el mismo y su efecto en la calidad final de los productos. Arteaga *et al.* (2006) encontraron una correlación positiva entre el contenido de vitaminas y la aplicación de lombricomposteo líquido, logrando un aumento del 11 % al 26,2 % en Vitamina C en frutos de tomate tratados. También Maheswari *et al.* (2004) reportaron los beneficios de la aspersión con lombricomposteo líquido sobre pimiento, entre los que destacan el mayor contenido de vitamina C y capsicina.

Pero a su vez desde una óptica toxicológica, preocupa en las hortalizas, sobre todo de hojas, el tenor de nitratos que éstas puedan tener, existiendo una correlación entre la disponibilidad de nitrógeno para la planta y el tenor final de nitrato en la misma.

Al respecto, el nitrógeno como nitrato es un constituyente natural de los alimentos de origen vegetal. Pero su presencia en cantidades elevadas, puede ser perjudicial para la salud. Altos contenido de este constituyente es perjudicial para el consumo y por lo tanto para la calidad de las hortalizas (Reinink, 1993; Pimpini *et al.*, 2000). Especialmente en aquéllas de hojas, como la lechuga. Su presencia por sobre ciertos valores no solo tiene relación con la salud del hombre, sino también con su comportamiento en postcosecha (Craddock *et al.*, 1983).

Los nitratos pueden ser encontrados en concentraciones muy elevadas en hortalizas de hojas como la espinaca, el apio, la lechuga y la acelga (Maynard *et al.*, 1976), esta característica depende en gran medida de factores culturales y ambientales (Blom-Zandstra y Lampe, 1985; Chiesa *et al.*, 2004).

Los cultivos de otoño suelen tener mayor concentración de nitratos en sus tejidos que los de verano. Esto se debe principalmente a la exposición de los cultivos de otoño a fotoperíodos cada vez más cortos y a una menor intensidad lumínica (Mc Call & Willumsen, 1999). Según Volkova y Kudums (1996) también el momento de cosecha sería otro factor a tener en cuenta, ya que altera el contenido de nitratos en lechugas. Las plantas cosechadas hasta el mediodía registran contenidos más bajos.

La fertilización en tipo y momento también tiene fuerte influencia en los contenidos finales de nitratos presentes, en las hortalizas y frutas, a la cosecha. Los cultivos hidropónicos suelen tener mayores tenores de nitratos en sus tejidos (Stentz *et al.*, 2006).

La fertilización orgánica es una alternativa para mermar los contenidos de nitratos en los cultivos de hojas (Minotti *et al.*, 1994). Ricci *et al.* (1992) plantea que se debe tener en cuenta el cambio en la composición química de las plantas que se obtienen

con el uso de abonos orgánicos frente a aquéllas obtenidas con fertilización mineral. Dicho cambio implica la disminución del contenido de nitratos, menor porcentaje de cenizas y aumento de porcentaje de fibras y sólidos solubles.

Para la Organización Mundial de la Salud la dosis media diaria admisible de nitrato para el consumo humano es 5 mg kg^{-1} de peso. Los límites máximos que establecen los países europeos según la época del cultivo, son de 3500 a 4500 mg kg^{-1} para cultivos de invierno y de 2500 mg kg^{-1} para cultivos de verano (FAO, 2010).

Desde el punto de vista fisiológico, Tei *et al.* (1999) indican que los nitratos presentes en los alimentos, al ser ingeridos se reducen a nitritos en el tracto digestivo, llegando a la corriente sanguínea y oxidando el hierro de la hemoglobina a meta hemoglobina. Esta molécula formada es estable e inactiva, transformando la hemoglobina en una molécula incapaz de transportar el oxígeno para la respiración celular y provocando la enfermedad conocida como sangre azul, la que cobra gran importancia por su riesgo en niños pequeños. A su vez el nitrito, en el tracto digestivo, puede combinarse con aminos primarias y secundarias presentes en los alimentos, formando nitrosaminas, siendo que la propiedad química más relevante de éstas es su capacidad mutagénica, ya que pueden convertir sustancias electrofílicas en agentes alquilantes. Dichos agentes tienen la capacidad de reaccionar con el ADN alterando la configuración de sus bases e iniciar el proceso de carcinogénesis. Esto ocurre principalmente en el estómago y el esófago (Jakszyn, 2006).

La función específica de los nitratos en los vegetales es la de suministrar nitrógeno para la síntesis de proteínas, una vez reducido por acción de la enzima nitrato reductasa. A diferencia de lo que ocurre con otros compuestos de nitrógeno (nitritos y amonio), los nitratos se acumulan en las vacuolas de los tejidos vegetales, donde tienen una función no específica, supliendo a ácidos orgánicos y azúcares, actuando como reguladores osmóticos cuando la fotosíntesis es muy baja. Esto explicaría la relación inversa entre la concentración de nitrato y ácidos orgánicos. Las consecuencias de esta acumulación no están muy estudiadas y definidas, pero sí es suficientemente conocida su toxicidad en el organismo humano (Rincón Sánchez *et al.*, 2002).

Poulsen *et al.* (1995), hallaron una disminución en los valores de glucosa, fructuosa y ácido ascórbico a medida que fue aumentando el contenido de nitratos proveniente

de fertilizantes nitrogenados con dosis de 50-100 kg N ha⁻¹. El balance de estas moléculas está relacionado con el potencial osmótico en la planta y su mantenimiento. Al disminuir la actividad fotosintética también lo hace la concentración de azúcares en los tejidos, siendo que la presencia de nitratos compensaría esa disminución del potencial (Maynard *et al.*, 1976; Slipka *et al.*, 2000). También Blom Zandstra y Lampe (1985) determinaron a partir del análisis cuantitativo de savia de plantas expuestas a mayor intensidad de luz, que los contenidos de nitratos disminuyen, mientras que hay un aumento en los contenidos de ácidos orgánicos (principalmente malato) y azúcares (principalmente glucosa). A su vez Mc Call y Willumsen (1999) observaron una reducción en el contenido de nitratos a bajas dosis de fertilización, con lo cual se ve un aumento de glucosa, sacarosa y del cloruro, relacionados al potencial osmótico de la savia. Sin duda la fertilización tiene una importante relación con el contenido final de nitratos sobre todo en hortalizas de hojas.

Avanzando en el concepto de calidad y desde la óptica de la calidad visual, el color y el brillo de las plantas de lechugas suelen ser indicadores rápidos y cotidianos de los consumidores. Ambos parámetros son utilizados en forma instintiva para valorar productos de calidad por el humano desde tiempos remotos. Pero desde el punto de vista técnico también es un indicador indirecto de sanidad y nutrición óptima de un cultivo. En relación al aspecto visual de las plantas existen modelos matemáticos desarrollados en torno a la cuantificación de las variables asociadas, denominado en términos generales como color. De todos los modelos, el más aceptado es el CIELAB. Por ejemplo se dispone en el mercado equipos y programas informáticos específicos que utilizan dicho modelo para valorar el color de fruta en poscosecha. Realizar determinaciones de color con el modelo CIELAB, junto a otras características de interés de poscosecha a cultivos de hojas, como calidad nutraceútica e inocuidad, revisten de interés.

Otro carácter vinculado a la calidad y de uso antiguo, es el número de hojas. Guzmán (2004) hace referencia que tanto éste como su tamaño, representan la inversión de los recursos nutricionales de las plantas en procesos fisiológicos directamente ligados a las tasas de intercambio gaseoso, asimilación fotosintética del CO₂ y transpiración. Es decir que desde el punto de vista agronómico el número de hojas como la

superficie de las mismas hacen a la capacidad fotosintética. En la lechuga ello toma mayor relevancia por el hecho de que además las hojas son el órgano de consumo de este cultivo. Un mayor número de hojas implica una mejor formación de la planta como roseta, aspecto valorado por los consumidores. Alrededor de los 21 días después del trasplante los cultivares comienzan a aumentar la producción de hojas al igual que su altura, esto se debe a que las plantas comienzan a prepararse para formar la roseta o la cabeza según sea el tipo varietal. Otro variable importante asociada al número de hojas es el área foliar, su aumento, implica mejores condiciones y capacidad fotosintéticas. Pero a su vez implica una mejor calidad visual y una mayor producción. El área foliar es a su vez uno de los parámetros más sensibles a las condiciones de manejo, entre ellas la fertilización.

Saliendo de los conceptos asociados a calidad nutricional e insertándonos en los posibles responsables del efecto promotor tipo hormonal y que están presentes en los abonos orgánicos, se deben considerar la presencia de sustancias símil hormonales y la microflora responsable de producir las mismas. Es conocido que el té de compost puede contener moléculas con capacidad para regular el crecimiento de las plantas y los cultivos, lo que podría explicar en parte los efectos generados. Durante el desarrollo de microorganismos en el compostaje se generan sustancias asociadas a las fitohormonas, con capacidad reguladoras de crecimiento. Ali *et al.* (2009) demostraron que diversas cepas de bacterias como por ejemplo *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Micrococcus* y *Staphylococcus* son capaces de sintetizar ácido indol acético (IAA). Los autores demostraron también que muchas cepas bacterianas de *Pseudomonas* y *Bacillus* generan aumentos endógenos de IAA y mejoraron el desarrollo de plantas de trigo (*Triticum aestivum*). Muchas de dichas bacterias pueden estar presentes en los abonos orgánicos. *Azospirillum* sp se encuentra entre las rizobacterias promotoras de crecimiento que más se ha trabajado en los últimos años. Es bien conocido que las bacterias rizosféricas tienen un efecto benéfico para el crecimiento de las plantas. Por ese motivo las rizobacterias han sido ampliamente difundidas como alternativa para reducir el uso de agroquímicos (fertilizantes y biocidas) con la finalidad de disminuir costos, contaminación ambiental y preservar la salud humana. Los beneficios de la inoculación con *Azospirillum* sp han sido demostrado en numerosas oportunidades (Abril, *et al.*

2006). En dicho marco se justifica el realizar estudios sobre la influencia que puede tener el uso de abonos orgánicos foliares para el presente trabajo, sobre la microflora benéfica.

Si bien desde el punto de vista agronómico existen ciertas clases de microorganismos que son convenientes que estén presentes en los agroecosistemas, ya que favorecen mediante diversos mecanismos, la sanidad de las plantas y a su vez la productividad de los mismos, otros son altamente contraproducentes significando además riesgos como contaminantes microbiológicos para la salud humana.

En relación a ello en los diferentes sistemas productivos, ya sea hidropónico bajo cubierta o a campo, convencionales, orgánicos, entre otros, se utilizan recursos tecnológicos e insumos que pueden favorecer o no la microflora asociada al cultivo y al producto, una vez cosechado. En el caso de los sistemas bajo enfoque agroecológico se suele cuestionar el uso de guanos y los subproductos de éstos, utilizados como fertilizantes orgánicos. Ello debido a la posibilidad de contaminación del cultivo con microorganismos patogénicos. En términos bromatológicos, el estado higiénico de los alimentos se lleva a cabo mediante la detección de bacterias indicadoras de contaminación. Se utilizan como tales a organismos indicadores, coliformes de origen fecal como *Escherichia coli*, que normalmente sólo habitan el intestino humano o animal, lo que los convierte en una excelente variable de referencia sobre la presencia de microorganismos entéricos patogénicos como los causantes de cólera, fiebre tifoidea, shigelosis, amebiasis, hepatitis y la cepa EO157 de *Escherichia coli* causante del síndrome urémico hemolítico, patología emergente en los últimos años y de gran preocupación para las autoridades sanitarias (Rivera *et al.*, 2009).

Aunque la sola presencia de bacterias coliformes en los alimentos no significa necesariamente que hubo una contaminación fecal o que hay patógenos entéricos presentes, algunos coliformes (*Escherichia coli*) solo son comunes en las heces del hombre y otros animales, otros (*Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Erwinia*) comúnmente se encuentran en el suelo, agua y semillas. Según Takayanagui *et al.* (2001), la principal forma de contaminación de las hortalizas ocurre a través del agua contaminada por material fecal de origen humano, utilizada para el riego de los

huertos en muchos lugares o por contaminación del suelo por uso de abonos orgánicos con estiércol o restos de heces humanas.

Una especial atención se debe dar a los alimentos consumidos crudos, como lo es el cultivo, materia, de la presente tesis. Resaltándose el riesgo de contaminación que tienen estas en el medio ambiente en que son cultivadas, donde entran en juego, como se dijo ya, el uso de diversos abonos orgánicos y manipuladores posiblemente infectados por malas medidas y condiciones higiénicas, contribuyendo así a mantener la cadena epidemiológica de las parasitosis e infecciones ocasionadas por microorganismos coliformes (Guilherme *et al.*, 1999).

Valles *et al.* (2004) indican que la lechuga es una de las hortalizas más consumidas y también la de mayor número de reportes sobre presencia parasitaria y contaminantes fecales. En Cajamarca, Perú, se encontró *Escherichia coli* en un 85% de las muestras de hortalizas de los principales mercados. El 40% de éstas presentaron coliformes fecales, con elevados valores de NMP g⁻¹ e importante frecuencia de *Escherichia coli* en perejil y lechuga. Los estudios concluyen valorando la situación como de un alto nivel de contaminación fecal y un estado sanitario inaceptable (Rivera *et al.*, 2009). Santana *et al.* (2006), analizaron lechugas comercializadas en los principales supermercados de El Salvador, Brasil, encontrando en muchos casos la presencia de coliformes. En Xochimilco, Ciudad de México, Vega *et al.* (2005), encontraron en 9 hortalizas analizadas (lechuga, escarola, verdolaga, espinaca, epazote, acelga, cilantro, rabanito y zanahoria), presencia de bacterias de origen fecal, regadas con aguas residuales. Guimaraes *et al.* (2003) encontraron para muestras de lechugas recolectadas en supermercados de Minas Gerais, Brasil, contenidos medios globales de coliformes fecales de 32.000 NMP g⁻¹. También en Perú se registraron brotes de enfermedades asociados a tomates contaminados con *Salmonella* y cebollas con *Shigella*. La cepa de *E. coli* enterohemorrágica (EO157) ha sido detectada en espinacas, cebollas y otras verduras, como así también en agua de consumo y de riego (Rivera *et al.*, 2009). Guilherme *et al.* (1999) recalcan la existencia de numerosos estudios de diagnóstico de laboratorio de protozoarios y helmintos en hortalizas.

Por todo ello hacer estudios para determinar contaminación con parásitos y coliformes en hortalizas bajo una tecnología determinada, reviste de gran importancia, tanto para ajustar dicha tecnología a parámetros adecuados como para la salud pública. También permite aportar datos sobre las condiciones higiénico sanitarias involucradas en la producción, almacenamiento, transporte y manipulación de estos productos y avanzar en estrategias de mitigación, mediante la implementación de buenas prácticas agrícolas y de manufactura.

Abreu *et al.*, (2010) en lechugas fertilizadas con alternativas de abonos orgánicos y químicos lograron una mayor producción con guano de gallina. Ninguno de los tratamientos contaminó el suelo con enteropatógenos. Sí observaron importantes cantidades de coliformes en el agua de riego, existiendo fuertes indicios que la posible contaminación de las lechugas es a partir de la utilización de la misma. En consonancia con ello Filippini *et al.* (2012) detectaron presencia de coliformes (*Escherichia coli* y *Salmonella* sp.) en suelos de Mendoza, Argentina, cultivados con ajo regados con agua residual. Registrando una disminución de las mismas después de cosecha. Siendo probable dicha merma por el uso de agua subterránea en los dos últimos riegos del cultivo. En muestras de lechugas comercializadas en los principales mercados de la Ciudad de Salvador (Brasil), en el periodo setiembre de 2003 a junio de 2004, producidas bajo sistemas de cultivos hidropónicos, orgánico y convencional se encontraron bajos patrones higiénicos, indicados por la presencia de formas parasitológicas de origen animal o humana y alta concentraciones de coliformes fecales, siendo observadas las mayores frecuencias de contaminación en las muestras de cultivo orgánico, seguida de las de cultivo tradicional e hidropónico. Los resultados obtenidos, resaltan la importancia de esta hortaliza en la transmisión de enfermedades intestinales, así como la necesidad de medidas que propicien una mejora en su calidad higiénica sanitaria (Santana *et al.* 2006).

Por otro lado y siguiendo con los aspectos microbiológicos asociados, se conocen mecanismos de supresión de patógenos vegetales relacionados a ciertas especies de hongos y bacterias. Pudiéndose presentar junto a mecanismos de promoción de crecimiento. Así es que se conoce que algunos microorganismos han desarrollado ambas capacidades. Un ejemplo de ellos lo son *Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp (Hoitink y Stone, 1996). Recomendándose el enriquecimiento del compost con dichos microorganismos benéficos y con ello potenciar su efecto. Inoculándose para

ello la parva de compost en la etapa de maduración. A su vez, la heterogeneidad de los compuestos orgánicos que dan origen al compost favorece en la etapa de maduración la existencia de una gran variedad de microorganismos, muchos de ellos con gran capacidad de controlar fitopatógenos. Entre los más encontrados están *Trichoderma* sp, *Bacillus* sp, *Streptomyces* sp y *Enterobacter* sp (Hoitink y Stone, 1996). También existe evidencia de la capacidad de *Trichoderma* sp, para sobrevivir el proceso de compostaje, cuando es inoculado en el mismo, con el objeto de enriquecerlo, como así también su efecto inhibitor del desarrollo de fusariosis en almácigo de melón y otros cultivos (Bernal *et al.*, 2002). En relación Bonanomi *et al.* (2007) realizaron una revisión de trabajos de investigación que incluyeron el aporte de enmiendas orgánicas y su capacidad supresora de patógenos de suelo, analizándose un total de 250 trabajos con 2450 casos experimentales. La materia orgánica como residuos de cultivos y compost tuvieron en un 45 % de los casos efecto supresor. El compost fue el material con mayor capacidad supresora (más del 50 % de los casos). A partir de diferentes materiales tales como corteza de pino, viruta de pino y viruta de algarrobo compostados, junto con un aislado de *Trichoderma harzianum* Rifai, se evaluó la posible supresión de *Rhizoctonia solani* Kühn sobre plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la etapa de almácigo. La supresión del patógeno se tomó a través de los síntomas de la enfermedad hasta los 20 días del cultivo. El compost de madera de pino mostró un mayor efecto supresor del patógeno y en cambio el de viruta de algarrobo favoreció su desarrollo. Todos los compost promovieron el crecimiento de las plantas, pero los de viruta de pino y algarrobo triplicaron el peso y aumentaron la altura de las mismas, en un suelo desinfectado con bromuro de metilo. La inoculación de los almácigos con *T. harzianum* disminuyó la incidencia de la enfermedad y restituyó o aumentó los valores de peso y altura de las plantas (Yossen *et al.*, 2003).

Aplicaciones de extractos acuosos de compost, filtrados/esterilizados y sin filtrar y sin esterilizar, en plantines de pepino (*Cucumis sativus* L.) y arábido (*Arabidopsis thaliana*), permitieron inferir que las altas poblaciones de microorganismos que poseen dichos abonos son de gran relevancia en la generación de resistencia sistémica adquirida, generándose aparentemente por una cadena de interacciones entre patógenos, agentes de control biológico y la planta, en una serie de débiles infecciones sucesivas luego controladas. Destacándose que la resistencia

sistémica adquirida generada por la aplicación de extracto de compost queda anulado cuando el extracto se filtra y esteriliza (Zhang *et al.*, 1998).

En los últimos años, se han generado avances sustanciales en determinar los mecanismos generados por rizobacterias y que producen resistencia sistémica inducida en las plantas, mecanismos similares son los generados por *Trichoderma*. Este último además actúa por micoparasitismo y antibiosis (Harman *et al.*, 2004).

Cubillos *et al.* (2009), lograron mejorar el porcentaje de germinación, el índice de velocidad de germinación, el tiempo medio de germinación, la altura de las plántulas, el grosor del tallo, el número de hojas, la longitud de la raíz y el peso seco total en semillas y plántulas de maracuyá inoculadas con cepas locales y comerciales de *T. harzianum*. Todas las cepas fueron efectivas como promotoras de crecimiento. La cepa T-22 de *Trichoderma* es una de las más estudiadas en cuanto a su capacidad como promotora de crecimiento de raíz y el aumento de productividad de los cultivos. En muchos casos como respuestas a diferentes tipos de mecanismos asociados a las plantas, tales como actividad deletérea sobre microflora maléfica de la rizosfera, mediante generación de compuestos tóxicos, aumento de la capacidad de asimilación de nitrógeno, y solubilización de los nutrientes en el suelo. Tanto la genética como la base molecular de esta no han sido aun totalmente determinadas, encontrándose diferencias en las respuestas por ejemplo entre líneas y cultivares diferentes de maíz.

Recientemente, efectos similares son los descritos para la promoción de crecimiento generada por bacterias. Se demostró que dicha inducción es generada por la liberación al medio rizosférico de compuestos volátiles tipo acetonas y butanodiol, pero las supuestas moléculas elicitoras, del crecimiento de las plantas, generadas por *Trichoderma* aun no se conocen con claridad (Harman *et al.*, 2004).

También Schmidt *et al.* (2003) realizaron estudios sobre té de compost determinando, en promedio, una concentración de 4×10^8 ufc mL⁻¹ de bacterias, siendo considerablemente menor la población de hongos. Por lo que se considera que las aplicaciones de estos extractos en el follaje pueden generar importantes alteraciones en la comunidad microbiológica del filoplano, favoreciendo el desarrollo de determinada flora asociada a efectos benéficos.

Por todo ello la incorporación reiterada de los abonos orgánicos en forma foliar pueden afectar el sustrato vegetal, lo que impactaría en la presencia de diferentes

microorganismos. Así la presencia de éstos, con capacidad supresora de enfermedades o con capacidad promotora de crecimiento es factible de potenciar a partir de la aplicación de los mismos.

5.3. Hipótesis:

- H0: La aplicación foliar de los abonos orgánicos líquidos, “Supermagro”, “té de Compost” y “té de Lombricompuesto” no mejoran la producción y la calidad de lechuga orgánica.
- H1: La aplicación foliar de los abonos orgánicos líquidos, “Supermagro”, “té de Compost” y “té de Lombricompuesto” mejoran la producción y la calidad de lechuga orgánica.

5.4. Objetivos

General

- Determinar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos foliares sobre la producción y la calidad de lechuga orgánica.

Específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos, “Supermagro”, “té de Compost” y “té de Lombricompuesto” sobre la productividad de lechuga orgánica: peso fresco, peso seco, números de hojas y área foliar.
- Determinar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos, “Supermagro”, “té de Compost” y “té de Lombricompuesto” sobre la calidad de lechuga orgánica: color, contenido de ácido ascórbico y azúcares reductores.
- Determinar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos, “Supermagro”, “té de Compost” y “té de Lombricompuesto” sobre la inocuidad de lechuga orgánica: coliformes (NMP) y nitratos.

- Estudiar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos líquidos: “Supermagro”, “té de Compost” y “té de Lombricompuesto” sobre la presencia de microorganismos benéficos (*Trichoderma* sp y *Azospirillum* sp) en lechuga orgánica.

5.5. Materiales y Métodos

5.5.1. Establecimiento del ensayo a campo

5.5.1.1. Cultivo

El ensayo a campo se realizó en el campo experimental Emilio Navea ubicado en la localidad de Severino, Jujuy. Se trabajó con lechuga cultivar Gran Rapids Emerald de la semillera Florensa, de porte erecto y compacto, hojas finamente ondulada y rizadas en los márgenes, de color verde oscuro, de semilla negra. Está adaptada para cultivos de otoño, invierno y principios de primavera, con un ciclo de 45 días.

5.5.1.2. Producción de plantines

La producción de plantines se realizó en bandejas plásticas de 72 compartimentos, de 12 filas por 6 espacios cada una. Como sustrato se utilizó turba patagónica, (Chubut, Argentina).

El riego se hizo de manera diaria mediante micro aspersores y ordenador de riego electrónico. El agua usada para el riego fue de red, aplicándose dos riegos diarios de 20 minutos cada uno. La lámina entregada fue de dos milímetros diarios.

La siembra se realizó al voleo y luego de nacidas las plantas se raleó para dejar sólo una planta por compartimento. La etapa de almácigo se realizó en el invernadero de la Facultad de Cs Agr. de la UNJu, ubicado en la Ciudad de Jujuy, (24°11'19,45''S - 65°17'39,73''O). A las dos semanas los plantines de lechuga tuvieron un tamaño adecuado para el trasplante, llevándose a campo.

5.5.1.3. Lugar del ensayo a campo

El ensayo a campo se realizó en la finca Experimental Dr. Emilio Navea, localizado a 25 km de San Salvador de Jujuy, sobre la Ruta Provincial N°10, en el Paraje de Severino. El campo se ubica en los 24° 21' 8" S y 65° 11' 28" O, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy.

5.5.1.4. Clima

El campo experimental se encuentra a una altura de 900 msnm, con una temperatura promedio anual de 18 °C y un régimen de precipitaciones monzónico con 650 mm anuales (Buitrago, 2002). Estas condiciones caracterizan al lugar como semiárido. La vegetación característica es del tipo Bosque xerofítico (Braun Wilke, 2000).

5.5.1.5. Suelo

El suelo de la parcela y la finca experimental pertenece a la Serie "Loma Atravesada". Presenta un relieve predominante suavemente ondulado, y con pendientes entre 1 y 3 %. De acuerdo a la morfología del perfil, son suelos con drenaje imperfecto. La característica principal de esta serie es la presencia de un horizonte argílico B2t fuertemente estructurado, promediando un espesor entre 35 y 50 cm, con textura arcillosa a arcillo limosa, la que continua así en profundidad. El contenido de arcilla en el horizonte B2t oscila entre 50 y 60 % y aun más. También es una constante, la presencia de concreciones ferromangánicas y calcáreas, en el subsuelo; así como grietas de ancho y profundidad variable cuando los suelos dejan de estar húmedos. Suelos con moderada a somera limitaciones de profundidad. Texturas finas y muy finas, por lo general con estructuras muy fuertes, las que hacen que disminuya su profundidad efectiva y alcancen grados de permeabilidad lenta a muy lenta.

El contenido de materia orgánica varía entre moderadamente bajo y alto en tanto que el nitrógeno lo hace entre muy bajo y moderadamente alto. Valores igualmente algo erráticos se presentan en los contenidos de fósforo, desde mal provistos hasta muy

enriquecidos, en tanto que para el potasio se obtuvieron valores moderadamente altos. La capacidad de intercambio catiónico es alta a mediana; el complejo de cambio está prácticamente saturado con bases.

La reacción del suelo es habitualmente neutra en superficie y ligera a moderadamente alcalina en profundidad. Los valores de conductividad eléctrica y sodio de cambio son despreciables. La capacidad de retención de agua es buena y los valores correspondientes a la infiltración básica son medios a bajos. Clasificación tentativa: Argiustol vértico, arcilloso. En la Tabla 5.1 se describen las principales características de los horizontes. En la tabla 15 el análisis de suelos de la capa arable.

Tabla 5.1: Descripción del perfil modal (Nadir y Chafatinos, 1995)

A	0-11 cm. Pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo. Franco limoso a franco arcilloso limoso. Granular, moderado, fino. Friable; ligeramente plástico y adhesivo. Limite claro y suave. Abundantes raíces.
AB	11-18 cm. Gris muy oscuro (7.5 YR 3/0) y pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo. Arcilloso a arcillo limoso. Granular a bloques finos, moderados. Friable; ligeramente plástico y adhesivo. Limite claro y suave. Moderadas raíces.
Bt1s	18-42 cm. Pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo. Arcilloso a arcillo limoso. Prismas medios, fuertes-muy fuertes. Abundantes barnices, firme, plástico y adhesivo; comunes concreciones ferromangánicas. Limite claro y suave. Escasas raíces.
Bt2sca	42-55 cm. Pardo oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo. Arcilloso o arcillo limoso. Bloques angulares a prismas medios, fuertes; barnices comunes; firme; plástico y adhesivo; abundantes concreciones ferromangánicas y comunes concreciones calcáreas. Limite claro y suave. Escasas raíces.
BC	55-65 cm. Pardo (7.5 YR 4/2) en húmedo. Arcilloso a arcillo limoso. Bloques angulares, medios, fuertes; escasos barnices; firme. Plástico y adhesivo; abundantes concreciones ferromangánicas y calcáreas. Limite claro y suave. Vestigios de raíces.
C1ca	55-75 cm. Pardo (7.5 YR 4/3) en húmedo arcilloso a arcillo limoso. Bloques subangulares, medios, moderados a fuertes. Firme; moderadamente plástico y adhesivo. Comunes concreciones ferromangánicas y calcáreas. Limite claro y suave.
C2ca	77-90 cm. (7.5 YR 5/4) en húmedo. Arcillosos a arcillo limoso. Masivo, firme; plástico y adhesivo. Concreciones calcáreas comunes.

Capacidad de uso: Clase III, Subclase IIIes. Clasificación para riego: Clase 4, Subclase 4 sd.

Tabla 5.2: análisis de suelo, capa arable de la parcela de ensayo (análisis propio).

ANÁLISIS DE SUELO					
Finca: Severino			Ubicación: El Carmen		
IDENTIFICACION					
Nº interno Laboratorio	7455				
ANÁLISIS GRANULOMETRICO					
Arcilla (%)	27.50				

Limo (%)	25.00				
Arena (%)	47.50				
Clase Textural USDA	FaA				
REACCION DEL SUELO					
pH en agua 1: 2,5	6.95				
NUTRIENTES					
Materia Orgánica (%)	1.64				
Carbono Orgánico (%)	0.96				
Nitrógeno total (%)	0.10				
Relación C/N	10				
Fósforo extractable (mg.kg ⁻¹)	3				
Potasio disponible (mg.kg ⁻¹)	569				
Carbonatos Ca ²⁺ y Mg ²⁺ (%)	-				
CATIONES DE INTERCAMBIO					
Calcio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	10.09				
Magnesio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	5.14				
Sodio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	2.56				
Potasio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	1.46				
C.I.C. T (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)					
PASTA SATURADA					
Ce (dS.m ⁻¹)	0.396				
pH	6.68				

5.5.1.6. Característica del ensayo

En el campo, el ensayo tuvo una dimensión de 900 m², con una disposición de surcos de Este-Oeste. La preparación de suelos se realizó dos meses antes del trasplante, mediante el pasado de dos rastras livianas cruzadas y posteriormente dos rastras más y el surcado al momento del trasplante. El cultivo antecesor fue haba realizado en los meses de junio – noviembre. Una semana antes de efectuar el trasplante de los plantines de lechuga (4 de setiembre de 2009), se realizó un abonado, utilizando 2 kg m⁻² de compost de cama de pollo como fertilización de fondo.

El riego se aplicó por goteo con cintas para hortalizas con capacidad de 1 L h⁻¹, con goteros distanciados a 20 cm. La reposición de la lámina fue diaria, entregándose en promedio 1,5 h de riego. El marco de plantación utilizado fue de 0,30 m entre plantas y 0,70 m entre surcos, lo que implicó una densidad de 47.619 plantas ha⁻¹. Se desmalezó en una sola oportunidad en forma mecánica, mediante azada. Se

realizaron monitoreos semanales para detectar presencia de plagas y/o biocontroladores. No fue necesario realizar ningún tipo de medida fitosanitaria durante el cultivo.

5.5.2. Diseño del experimento

El diseño experimental fue en bloques al azar, con 5 repeticiones y cuatro tratamientos: té de lombricompost (TLC), té de compost (TC), supermagro (SM) y agua (T) como testigo. La parcela experimental estuvo formada por 6 surcos de 20 plantas cada una, dejándose como bordura las filas laterales y las primeras y últimas 5 plantas de cada fila.

5.6. Tratamientos

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo realizado sobre plantines de lechuga correspondiente al capítulo 4, se consideró para el presente ensayo la frecuencia D, por tener esta 5 de las 6 mejores combinaciones de los tres factores evaluados (frecuencia por dosis y tipo de abono orgánico foliar). A su vez las concentraciones de abonos seleccionadas fueron las más bajas de las que resultaron ser las más efectivas. Quedando seleccionadas 0,1% de SM, 0,1 % de TC y 1% de TLC. En base a ello los tratamientos aplicados fueron:

- **Testigo (T):** aplicación foliar de agua.
- **Supermagro (SM):** aplicación foliar con una concentración en agua de 0,1%.
- **Té de Compost (TC):** aplicación foliar con una concentración en agua de 0,1%.
- **Té de Lombricompost (TLC):** aplicación foliar con una concentración en agua de 1%.

Se realizaron pulverizaciones con los abonos orgánicos foliares, día por medio de la semana laboral. Se comenzaron a realizar a partir de los 15 días posteriores al trasplante de la lechuga, hasta la cosecha de la misma.

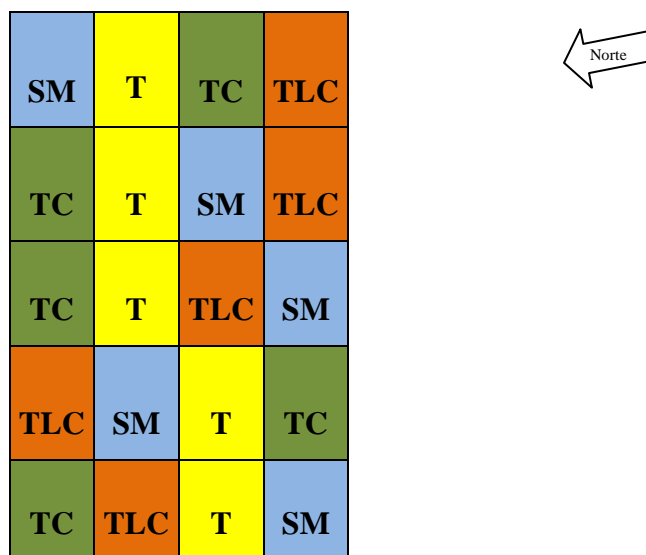


Figura 5.1: Distribución de tratamientos en el ensayo de campo, en bloques, con disposición horizontal (T: Testigo, SM: Supermagro, TC: Té de Compost y TLC: Té de Lombricompuesto).

Las aplicaciones se realizaron mediante el uso de una mochila manual de 20 litros de capacidad, con pastilla cónica 8002. El gasto promedio fue de 5 litros por tratamiento, de cada preparado. Las aplicaciones se realizaron hasta punto de goteo. Se realizaron en total 13 aplicaciones.

5.7. Muestreo y determinaciones

A partir de los 40 días después del trasplante, durante el ciclo del cultivo y con una frecuencia semanal se extrajeron tres plantas completas de cada parcela experimental. Las mismas se acondicionaron para traslado a laboratorio para realizar las distintas determinaciones. En todos los casos fueron extraídas en las primeras horas de la mañana (7 a 9h). Las muestras se colocaron en bolsas plásticas,

identificadas y acondicionadas en conservadora con frío en el trayecto campo-laboratorio. Las fechas correspondientes a los 4 muestreos realizados durante el ciclo fueron 13, 19 y 27 de Octubre y 03 de Noviembre de 2009, correspondientes a los 40, 46, 54 y 61 días después del trasplante (ddt). En los muestreos intermedios (40, 46 y 54 ddt) se determinaron peso fresco, peso seco de planta completa y macronutrientes.

En el último muestreo (61 ddt) se evaluó peso fresco, peso seco y macronutrientes, se determinó número de hojas, color, área foliar, presencia de coliformes como contaminante fecal y presencia de *Trichoderma* y *Azospirillum* como organismos benéficos en filoplano, rizosfera. Por otra parte, muestras de lechuga provenientes de 3 repeticiones de cada tratamiento se enviaron al laboratorio para determinar nitratos, azúcares reductores y ácido ascórbico.

5.7.1 Análisis estadístico

Los datos obtenidos para peso fresco, peso seco, área foliar, color y número de hojas, como así también para contenidos de nitratos, azúcares reductores y ácido ascórbico se procesaron mediante paquete informático INFOSTAT® versión 2009. Se realizaron análisis de la variancia y comparación de medias mediante LSD Fisher con un nivel de significancia de 0,05.

Los valores obtenidos del laboratorio CITA de contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, sólo se presentan como descriptivos, debido a que por su costo se realizaron en muestras compuestas de cada tratamiento.

La variable “presencia de coliformes” fue evaluada mediante NMP, el cual incluye el modelo estadístico.

Las variables presencia de *Trichoderma* y *Azospirillum* se evaluaron mediante software INFOSTAT® versión 2009, realizándose ANAVA y comparación de medias mediante Tukey con nivel de significancia al 0,05.

5.7.2. Peso fresco y peso seco

Se tomó peso fresco de cada planta, incluyendo parte aérea y radical. Posteriormente se colocaron en bolsas de papel, para llevarlas a estufa a 75°C durante 72 horas y

determinar peso seco. En el último muestreo además de peso seco y peso fresco de planta completa se tomaron los mismos diferenciados en parte aérea (A) y radical (R). Para ello las plantas, en el momento del pesado fueron separadas en la base del tallo de la raíz correspondiente, mediante bisturí.

5.7.3. Contenido de N, P, K, Ca.

En cada muestreo se remitieron muestras compuestas de cada tratamiento a laboratorio, para determinar los contenidos de N, P, K y Ca. Se extrajeron mínimamente cinco plantas al azar y un mínimo de 500 g en peso total de muestra por tratamiento. Los mismos se acondicionaron en bolsas plásticas, debidamente identificadas y refrigeradas. El Centro de Investigación en Tecnología de los Alimentos (CITA), realizó los análisis mediante protocolos y métodos oficiales A.O.A.C (16th) internacional. Los códigos y métodos utilizados se indican en el Anexo II tabla 2.

5.7.4. Contenidos de Ácido ascórbico, Azúcares reductores y Nitratos.

La valoración de los contenidos de ácido ascórbico, azúcares reductores y nitratos en tejido de las lechugas, se realizaron al final de cultivo, en el momento de la cosecha. Las variables elegidas están relacionadas a la calidad de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) desde el punto de vista nutricional y su inocuidad. Todos los análisis fueron realizados en el Centro de Investigación en Tecnología de los Alimentos (CITA). De la misma manera que para determinar los contenidos de los principales nutrientes, se realizaron los análisis mediante protocolos y métodos oficiales A.O.A.C (16th) internacional. Los métodos se indican en el Anexo II tabla 2.

Para ello se colectaron muestras de tres parcelas experimentales de cada tratamiento (T, TLC, TC y SM), extrayéndose tres plantas por repetición. Las muestras se acondicionaron en bolsas plásticas, debidamente identificadas y colocadas para su transporte a laboratorio, en conservadora con frío. La recolección de las mismas fueron todas en horario matutino, llevándose a laboratorio un total de nueve plantas por tratamiento. El ácido ascórbico se expresa en mg 100 g⁻¹ de lechuga fresca, los

azúcares reductores se expresan en porcentaje (%) y los nitratos son expresados en mg kg^{-1} .

5.7.5. Color de hoja.

En cosecha se tomaron 5 hojas intermedias de 5 plantas, para cada parcela experimental y por tratamiento. Las mismas fueron digitalizadas mediante escáner estándar de mesa. Las muestras fueron refrigeradas y colocadas en bolsas plásticas con sus correspondientes rótulos. Se prestó especial cuidado en que el equipo informático y las condiciones ambientales y de las plantas fueran homogéneas.

Para determinar el color se utilizaron los parámetros “L*”, “a*” y “b*”, del modelo CIELAB. Este último es un modelo cromático usado normalmente para describir todos los colores que puede percibir el ojo humano, siendo el de mayor ajuste. Éste fue desarrollado específicamente con dicho propósito por la Commission Internationale de l'Éclairage (Comisión Internacional de Iluminación), razón por la cual se abrevia CIE (Francis, 2005). **L*** representa la luminosidad del color, siendo $L^*=0$ negro y $L^*=100$ blanco; **a*** toma valores entre magenta y verde, donde valores negativos indican verde, mientras que valores positivos indican magenta; **b*** toma valores entre amarillo y azul, valores negativos indican azul y valores positivos indican amarillo.

Posteriormente al escaneo y mediante el software “Pixel®” se tomaron al azar mediante cuadrícula y sorteo los valores respectivos de “L*”, “a*” y “b*”. Lectura realizada directamente en la ventana accesoria de dicho programa. De cada imagen se tomaron 3 puntos al azar, los que fueron registrados y promediados como valor. Para cada punto se registraron los valores “L*”, “a*” y “b*” correspondientes. También se calculó el índice $h = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$.

5.7.6. Área foliar

Para determinar el área foliar se tomaron tres plantas completas por repetición, recolectándose un total de 15 plantas por tratamiento. Las mismas se desagregaron hoja por hoja, se calcaron en papel, para luego ser escaneadas. Al igual que en el

color, se tuvo especial cuidado en las medidas de acondicionamiento y procesado. El equipo informático y las condiciones ambientales fueron homogéneos. Las muestras fueron refrigeradas y colocadas en bolsas plásticas, realizándose además inmediatamente después de cosechada el procesado. Las imágenes se trabajaron mediante la herramienta informática Autocad®, con lo que se determinó la superficie de cada hoja, integrándose luego el área para cada planta de cada repetición.

5.7.7. Número de hojas por planta

Para determinar el número de hojas por planta se muestrearon tres plantas por repetición para cada tratamiento, procediéndose al conteo de las mismas. Para esta variable se analizó un total de 60 plantas.

5.7.8. Determinación de coliformes

Se determinó la presencia de coliformes en plantas de lechugas tratadas, a cosecha. La técnica utilizada para determinar la presencia de coliformes es conocida como Número más probable (NMP) (ICMSF, 1999) y comprende tres etapas. La primera consistente en determinar la presencia de coliformes por la generación de gas en tubos de ensayos, con medio de cultivo lauril sulfato triptosa. Para ello se sembraron diferentes diluciones (del lavado de las lechugas), tomando volúmenes de 10 mL, 0,1 mL, 0,01 mL y observándose la generación de gas mediante el uso de campanas de Durham. Es decir los tubos con generación de gas desplazaron la campana hacia arriba y se consideraron positivos. Los tubos homogeneizados se incubaron a 37°C y se examinaron a las 24 horas. Esta etapa es conocida como prueba presuntiva. La segunda etapa consistió en extraer de los tubos que tuvieron formación de gas, una muestra, sembrada en medio *E. coli* (EC), incubándose a 45.5 ° C durante 24 y 48 horas. Se registraron positivos aquellos tubos en donde se observó turbidez (crecimiento) y producción de gas después del período de incubación. Esta etapa se conoce como prueba confirmatoria de coliformes fecales. Con los positivos obtenidos del paso anterior y según las diluciones correspondientes se cotejaron los valores correspondientes de las tablas preestablecidas para NMP. Obteniéndose los valores probabilístico de población contaminante para cada tratamiento (Rivera *et al.* 2009). Para la tercer etapa, prueba confirmatoria de *Escherichia coli*, se utilizó agar

EMB (Eosina Azul de Metileno). Realizándose siembras estriadas, de los tubos positivos de la segunda etapa, buscando obtener colonias aisladas y su posterior identificación. Los tubos se incuban a 35 °- 37° C durante 24 a 48 hs. La confirmación se realizó por el crecimiento de colonias características en el medio EMB (Rivera *et al.* 2009). Para analizar las lechugas muestreadas, se realizaron lavados de las hojas de las plantas, a partir de una muestra compuesta. Tanto la toma de muestra, el acondicionamiento y la extracción del lavado se realizó bajo condiciones, de higiene estricta, adecuadas para evitar la contaminación de las plantas, producto del manipuleo de poscosecha. Se cosecharon 3 plantas por repetición para los cuatro tratamientos, en total se analizaron 60 unidades de observación.

5.7.9. Determinación de *Trichoderma sp* y *Azospirillum sp*

El muestreo se realizó durante la cosecha en horario matutino. Las plantas se acondicionaron en bolsas de polietileno estériles, debidamente identificadas y refrigeradas. El muestreo consistió en extraer tres plantas por repetición para los tres tratamientos y el testigo. En total se analizaron 60 plantas. Se realizaron lavados por separado para hojas y raíz. En la raíz se buscó aislar *Trichoderma* y *Azospirillum*. En hojas, sólo *Trichoderma*.

Determinación de *Trichoderma sp* sobre hojas

Para determinar la presencia de *Trichoderma* sobre hojas de las lechugas tratadas, se pesaron un total de 10 g de cada muestra acondicionándolas en recipientes con 90 mL de agua destilada estéril y agitadas durante 30 minutos, mediante agitador mecánico. Luego se procedió a la siembra de 100 µL de la dilución 10^{-1} en agar papa glucosado al 2%. Los cultivos se incubaron a 27°C, por duplicado. La evaluación se realizó a los 3 y a los 7 días de haber sido sembradas. Se tuvieron en cuenta características morfológicas de las colonias y microscópicas del género.

Determinación de *Trichoderma sp* y *Azospirillum sp* en rizosfera

Para determinar la presencia de *Trichoderma* y *Azospirillum* en rizosfera de las lechugas tratadas, se pesaron 10 gramos de raíces finas de cada muestra (previo lavado para extraer los terrones de tierra), colocadas en recipientes con 90 mL de agua destilada estéril y agitadas durante 30 minutos. Posteriormente se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-2} de los lavados. Para aislar *Trichoderma* se sembraron 100 μ L de la dilución 10^{-2} en cajas de Petri con agar papa glucosado al 2 %, por duplicado.

Para aislar *Azospirillum* se sembraron 100 μ L de la dilución 10^{-2} en tubos de ensayos con 5 mL de medio de cultivo NFb semigelificado, se incubó durante 72 horas a 37°C, por duplicado. La evaluación tuvo en cuenta la formación de una película difusa ondulante, densa, blanca observada a 1-4 mm por debajo de la superficie (característica de crecimiento del género en dicho medio). En los casos positivos se realizaron diluciones seriadas en agua destilada estéril sembrándose la dilución 10^{-4} en el medio Rojo Congo, incubándose durante 96 horas a 37°C, confirmándose la presencia de *Azospirillum* en base a características de las colonias en dicho medio.

5.8. Resultados

Efecto de los tratamientos en el peso fresco de plantas de lechuga

En la tabla 5.3 se indican los valores promedios obtenidos de peso fresco por planta para cada fecha de muestreo durante el ciclo del cultivo de lechuga, tratadas con los diferentes abonos orgánicos líquidos ensayados. La aplicación de SM incrementó la materia fresca en la última fecha de muestreo, es decir a cosecha, logrando un 53 % de aumento en peso fresco al final del periodo productivo con respecto a T.

Tabla 5.3: Peso fresco (g) de planta completa de lechuga (*Lactuca sativa* L.) tratadas, en cuatro momentos de muestreo durante el ciclo del cultivo. Letras diferentes indican diferencias significativas.

Trat./fecha	13/10/2009	20/10/2009	27/10/2009	03/11/2009
T	25,94	31,47	60,94	65,66 a
TC	19,3	25,48	59,29	82,59 ab

TLC	21,63	26,12	65,68	74,24 a
SM	19,8	36,22	61,15	100,6 b
DMS	6,04	12,76	17,84	20,13
CV	38	58	39,4	34
p-valor	0,1237	0,299	0,9029	0,0077**

Efecto de los tratamientos en el peso seco de plantas de lechuga

En la tabla 5.4 se indican los valores promedios de peso seco por planta para cada fecha de muestreo durante el ciclo del cultivo de lechuga, tratadas con los diferentes abonos orgánicos ensayados. Para ninguna de las fechas de muestreo se obtuvieron diferencias significativas.

Tabla 5.4: Peso seco (g) de planta completa de lechuga (*Lactuca sativa* L.) para distintos tratamientos con abonos orgánicos foliares, en cuatro momentos de muestreo durante el ciclo del cultivo.

Trat./fecha	13/10/2009	20/10/2009	27/10/2009	03/11/2009
T	2,56	3,1	5,22	5,53
TC	1,67	2,51	4,44	6,93
TLC	1,96	2,51	6,05	6,61
SM	1,77	3,17	5,01	7,65
DMS	0,69	1,286	2,31	2,0718
CV	47,97	62,34	61,12	42,41
p-valor	0,059	0,5926	0,5755	0,2327

Efecto de los tratamientos en el peso fresco y peso seco de parte aérea y raíz de plantas de lechugas a cosecha

En la tabla 5.5 se presentan los valores promedios para cada tratamiento y las diferencias mínimas significativas correspondientes a PF a cosecha, discriminando parte aérea (PFA) y raíz (PFR), realizándose la relación PF raíz /PF planta (PFR/PFP). Al respecto solo se obtuvieron diferencias significativas en PFA. El tratamiento SM es el que mayor valor de PFA presento con 90,284 g. El menor valor

fue para el testigo con 59,148 g. Respecto a PFR y PFR/PFP no se han obtenido diferencias significativas.

Tabla 5.5: PFA, PFR, expresadas en gramos y relación PFR/PFP para lechugas con diferentes tratamientos con abonos orgánicos foliares. Letras distintas expresan diferencias significativas.

Tratamientos	PFA	PFR	PFR/PFP
T	59,14 a	7,28	0,11
TC	72,53 ab	10,05	0,12
TLC	66,58 ab	7,64	0,10
SM	90,28 b	10,31	0,10
DMS	27,5	4,39	0,13
CV	52	70	67
p-valor	0,01538*	0,1674	0,488

En la tabla 5.6 se muestran los valores promedios para cada tratamiento y las diferencias mínimas significativas correspondientes a peso seco, discriminado parte aérea (PSA), raíz (PSR) y relación peso seco raíz /peso seco planta (PSR/PSP). Se observan diferencias significativas entre los tratamientos para PSA. El tratamiento con mayor peso seco fue SM con 6,386 g, el de menor valor fue T con 4,419 g. Para PSR y PSR/PSP no se han obtenido diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 5.6: PSA, PSR y PSR/PSP para lechugas con diferentes tratamientos con abonos orgánicos foliares. Letras distintas indican diferencias significativas.

Tratamientos	PAS	PRS	PRS/PTS
T	4,419 a	1,108	0,200
TC	5,723 ab	1,207	0,174
TLC	5,388 ab	1,216	0,184
SM	6,386 b	1,261	0,165

DMS	1,77	0,5	0,22
CV	44,06	57	35
p-valor	0,01720*	0,9401	0,9699

Efecto de los tratamientos sobre la concentración de macronutrientes (N, P, Ca y K) en plantas de lechuga

Los valores obtenidos para los diferentes tratamientos respecto a los contenidos de macronutrientes en los tejidos se presentan en las tablas 5.7, 5.8, 5.9 y 5.10.

Contenido de Nitrógeno (N)

Tabla 5.7: Nitrógeno en porciento de materia seca, para las diferentes fechas de muestreo durante el cultivo de lechugas tratadas con diferentes abonos foliares orgánicos.

Trat./fecha	28-sep	13-oct	20-oct	27-oct	03-nov
T	1,8	1,9	2,5	2,5	2,5
TC	1,8	2,7	2,7	2,7	2,7
TLC	1,8	2,9	2,9	2,9	2,9
SM	1,8	2,1	2,1	2,1	2

Contenido de Fosforo (P)

Tabla 5.8: Contenidos de Fósforo en porciento de materia seca, para las diferentes fechas de muestreo durante el cultivo de lechugas tratadas con distintos abonos orgánicos foliares.

Trat./fecha	28-sep	13-oct	20-oct	27-oct	03-nov
T	0,43	0,47	0,47	0,38	0,38
TC	0,43	0,44	0,41	0,41	0,42
TLC	0,43	0,63	0,64	0,63	0,63
SM	0,43	0,43	0,41	0,39	0,39

Contenido de Calcio (Ca)

Tabla 5.9: Contenidos de calcio en porcentaje de materia seca, para las diferentes fechas de muestreo durante el cultivo de lechugas tratadas con distintos abonos orgánicos foliares.

Trat./fecha	28-sep	13-oct	20-oct	27-oct	03-nov
T	0,50	0,51	0,61	0,71	0,98
TC	0,50	0,55	0,79	0,73	1,04
TLC	0,50	0,71	0,65	0,71	0,90
SM	0,50	0,55	0,63	0,87	0,71

Contenido de Potasio (K)

Tabla 5.10: Contenidos de potasio (K) en porcentaje de materia seca, para las diferentes fechas de muestreo durante el cultivo de lechugas tratadas con distintos abonos orgánicos foliares.

Trat./fecha	28-sep	13-oct	20-oct	03-nov
T	0,66	0,83	0,80	0,81
TC	0,66	0,79	0,84	0,81
TLC	0,66	0,69	0,81	0,82
SM	0,66	0,67	0,71	0,68

Concentración de ácido ascórbico, azúcares reductores y nitratos

Los valores de ácido ascórbico para cada tratamiento se indican en el gráfico 5.1. Se puede observar que las plantas tratadas con TLC y TC tuvieron mayor concentración de ácido ascórbico en sus tejidos que los obtenidos en SM y T, con valores similares

y menores a los primeros. Las lechugas tratadas con TLC superaron a T por un 58 % (CV 5,25 p-valor 0,0001).

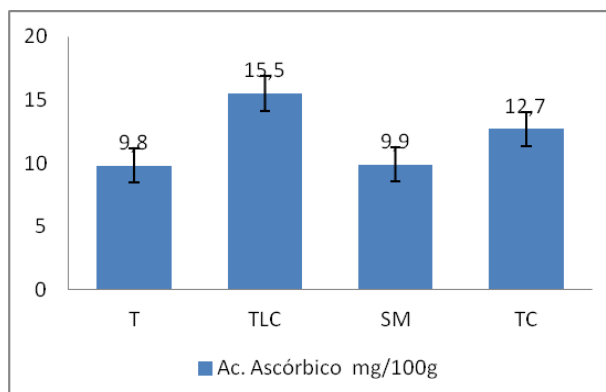


Gráfico 5.1: concentración de ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) en plantas de lechugas tratadas con diferentes abonos orgánicos foliares (TLC, TC y SM) y testigo (T). Evaluación a cosecha.

Los contenidos de azúcares reductores en los tejidos de las plantas de lechugas tratadas mostraron valores distintos para los diferentes tratamientos y el testigo (gráfico 5.2). El mayor contenido de esta variable se encuentra en las plantas tratadas con TC y en orden decreciente aquellas en SM, TLC y T. El tratamiento con mayor valor de azúcares reductores, TC, cuadruplicó al tratamiento T (CV 3,23 p-valor $<0,0001$).

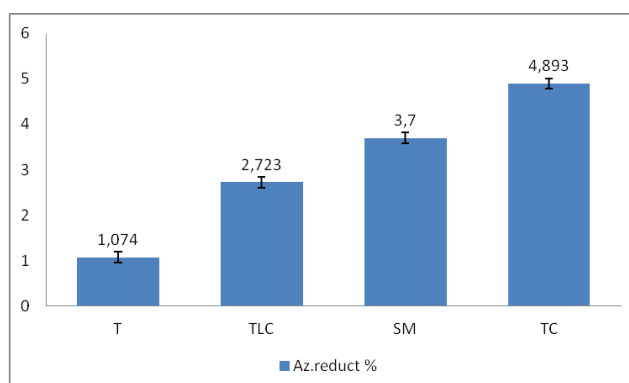


Gráfico 5.2: Contenido de azúcares reductores (%) en muestras de lechugas tratadas con diferentes abonos orgánicos foliares (TLC, TC y SM) y testigo (T). Evaluación a cosecha.

Respecto al contenido de nitratos los tres abonos orgánicos foliares presentaron contenidos similares y mayores a T, promediando un 25% superior. Todos los tratamientos a excepción de T superaron el máximo permitido para cultivos de verano (2500 ppm) (CV 1,24 p-valor <0,0001).

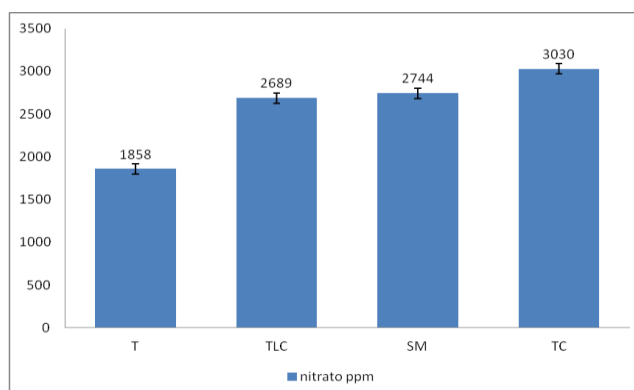


Gráfico 5.3: Contenido de nitratos (ppm) en lechugas tratadas con diferentes abonos orgánicos foliares (TLC, TC y SM) y testigo (T). Evaluación a cosecha.

Color (CIELAB)

Los resultados de los valores promedios de “L*”, “a*” y “b*” se presentan en la tabla 5.11, la comparación de medias se indican mediante letras adjuntas a los valores promedios de cada parámetro. Letras diferentes indican diferencias significativas al 5%. Para el valor “b*” todas las lecturas obtenidas fueron negativos. Para realizar el análisis estadístico correspondiente se tomaron los valores absolutos.

Tabla 5.11: Color según parámetros Lab de CIELAB, mediante escaneado de hojas y procesamiento con software “Pixel®”.

Trat.\valores CIE	L*	a*	b*
T	45,56 b	114,84	-92,8
TC	47,76 b	114,92	-92,4
TLC	45,4 ab	116	-94,16
SM	41,76 a	115,6	-95,2
DMS	3,703	0,97	2,26
CV	14,6	1,5	4,3
p-valor	0,0176*	0,05	0,06

Solo para L^* las diferencias son significativas. El menor valor se presentó en el tratamiento SM y el mayor en el tratamiento TLC. Respecto a la relación $h^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$, se encontraron diferencias significativas (CV: 2,40; p-valor: 0,0477). En el grafico 5.4 se pueden observar los valores de h^* para los diferentes tratamientos. SM y TLC se diferencian de los tratamientos T y TC.

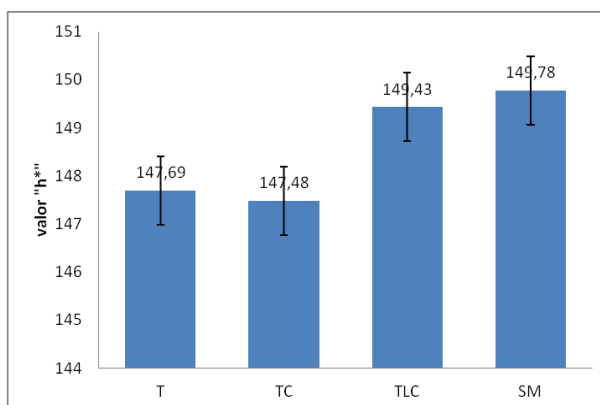


Grafico 5.4: valores de “ h^* ” para hojas de plantas de lechugas bajo distintos tratamientos con abonos orgánicos foliares.

Número de hojas por planta

No se encontró diferencias significativas para la variable número de hojas.

Tabla 5.12: Número de hojas por planta en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	n° hojas
T	11
TC	13
TLC	12
SM	13
DMS	1,579
CV	18,02
p-valor	0,14

Área foliar

Para área foliar no se presentaron diferencias significativas. En la tabla 5.13 se explicitan los valores promedios obtenidos para cada tratamiento.

Tabla 5.13: Área foliar para plantas de lechugas tratadas con diferentes abonos foliares orgánicos.

Tratamiento	AF en cm ²
T	956,28
TC	977,37
TLC	1062,16
SM	1271,6
DMS	348,52
CV	44,67
p-valor	0,2616

Contaminación por microorganismos coliformes

Los valores de coliformes totales en las plantas de lechugas tratadas, a cosecha resultaron altos en el marco de lo establecido por la Comisión Nacional de Alimentos (CONAL, 2004). Pero se resalta la baja calidad del agua con la que se contó, la que posiblemente aporta la mayor parte de dichos contaminantes, (1100 NMP g⁻¹). Sin embargo, se puede observar que en las lechugas tratadas con TLC (1300 NMP g⁻¹) presentaron valores promedios muchos más bajos que el resto de los tratamientos incluido T (2400 NMP). Aunque todos los tratamientos dieron positiva la prueba de NMP, en la prueba confirmatoria no se observaron crecimiento de colonias verdes con brillo metálico, característica excluyente de la presencia de *E. coli*. Si se observaron colonias de *Klebsiella sp*, coloración rosa púrpura. Esta última no es un indicador predominante de bacteria fecal como así tampoco típicamente enteropatógena para el hombre.

Tabla 5.14: NMP g⁻¹ de coliformes obtenidos en muestras de lechugas tratadas con TC, TLC, SM y T.

Lechugas tratadas	NMP g ⁻¹
SM	2400
TC	2400
TLC	1300
T	2140

Presencia de *Trichoderma sp* y *Azospirillum sp* en rizosfera y superficie foliar

Se obtuvieron diferencias significativas en cuanto a la presencia de *Azospirillum sp* en rizosfera de plantas de lechugas bajo los distintos tratamientos. Los valores más altos de aislamiento fueron para TC. Los resultados se detallan en la tabla 5.15.

Tabla 5.15: Aislamiento de *Azospirillum sp* de lavados de raíces de las diferentes tratamientos.

Tratamiento	<i>Azospirillum</i> rizosférico
T	0,13 a
TC	0,70 b**
TLC	0,20 a
SM	0,27 a
DMS	0,283
CV	129
p-valor	<0,0001

Respecto de *Trichoderma sp*, los tratamientos T y TC obtuvieron el mayor número de aislamientos positivos y SM el menor, siendo estas diferencias altamente significativas (tabla 5.16).

Tabla 5.16: Aislamiento de *Trichoderma* sp de lavados de raíces de los diferentes tratamientos. (Valores de referencia: 1 = 100% de aislamiento positivo).

Tratamiento	<i>Trichoderma</i> rizosférico
T	0,53 a
TC	0,53 a
TLC	0,27 ab
SM	0,20 b**
DMS	0,317
CV	122
p-valor	0,0075

Para *Trichoderma* sp en superficie foliar, todos los tratamientos incluso el testigo presentaron aislamientos positivos de los lavados de hojas. Los tratamientos no presentaron diferencias significativas (tabla 5.17).

Tabla 5.17: Aislamiento de *Trichoderma* sp de lavados de hojas de lechugas tratadas. (Valores de referencia: 1 = 100% de aislamiento positivo).

Tratamiento	<i>Trichoderma</i> en hojas
T	0,4
TC	0,4
TLC	0,4
SM	0,46

5.9. Discusión y conclusiones

Peso fresco y peso seco

Solo se obtuvieron diferencias significativas para SM en la última fecha de muestreo, es decir a cosecha. Al respecto Pacheco (2003), obtuvo mejoras en la producción en

plantas de morera con la aplicación de SM al 12%, concentración mayor a las aquí utilizadas. Encontrando retardo del crecimiento con concentraciones del 20 %. También Mazariegos y Colindres (2002) aplicando SM al cultivo de ají (*Capsicum frutescens*) a concentraciones entre 2 y 16 % lograron efectos positivos respecto al testigo. Concentraciones menores no fueron efectivas para otros autores (Pacheco, 2003; Mazariegos y Colindres, 2002). Un factor importante en la concentración óptima puede ser el tipo de cultivo, la etapa fenológica y la morfología foliar correspondiente.

Al momento de cosecha las diferencias de peso seco de SM y T, fueron de un 38 %, siendo para peso fresco de orden mayor (53 %). Solo en las plantas tratadas con SM se pueden observar aumentos de peso fresco significativos. Pero el mismo, solo para la parte aérea, no registrándose efecto en las raíces. Este resultado es contrario a lo obtenido por Barrosa (2011), quien con tres aplicaciones de SM vía foliar sobre plantines de papaya (*Carica papaya* L) obtuvo un mejor volumen radicular. Respecto a la relación PFR con respecto a PFP, TC obtuvo el valor más alto, indicando ello un mayor desarrollo radicular respecto a la masa aérea. A diferencia de ello cuando se toma la relación peso seco raíz respecto peso seco planta completa, vemos que el mayor valor pertenece a T y el menor a SM. Esto implica que SM presentó un menor desarrollo radicular expresado en materia seca.

Contenidos de nitratos, azúcares solubles y ácido ascórbico

Las aplicaciones foliares de SM, TLC y TC presentaron contenidos mayores de nitratos respecto a T. El contenido más alto de nitrato se presentó en las lechugas tratadas con TC (3030 ppm) y el menor con T (1858 ppm). Turazi *et al* (2006) en lechuga cultivar Verónica con fertilización química y orgánica obtuvieron valores entre 1100 y 1300 ppm. Siendo los valores obtenidos en la presente tesis ampliamente superiores. De Martin y Restani (2003) encontraron que hortalizas de hoja como las endivias y lechugas de hojas crespas tuvieron contenidos de nitratos más altos cuando fueron cultivados bajo un sistema orgánico comparado con un sistema convencional. Mayorga (2008) encuentra a su vez que dicho comportamiento puede variar con el componente varietal. Tsai *et al.* (2005) determinaron que la

absorción de nitrógeno por parte de los cultivos fue mayor con el incremento en la dosis de abono orgánico adicionado, elevando el contenido de nitratos en los tejidos. Comparativamente a las citas precedentes, los abonos orgánicos líquidos aplicados de forma foliar estarían realizando un aporte mínimo debido a la baja concentración en que fueron utilizados. A su vez Cometti *et al.* (2004) obtuvieron en lechugas cultivadas en hidroponía contenidos mayores de nitratos en comparación con orgánica y convencional. Aunque estos encontraron concentraciones máximas de 1000 ppm. Menores a los presentados en la presente tesis y menores a su vez a los límites máximos recomendados por la OMS y la FAO. En síntesis los tratamientos SM, TLC y TC superaron el máximo permitido para cultivos de verano (2500 ppm). Solamente T presentó contenidos de nitratos aceptables por la normativa. Los contenidos presentados en TLC y SM son cercanos al límite máximo permitido.

Respecto de contenidos de azúcares reductores se observó que ésta variable fue la que mayor efecto de los tratamientos manifestó. El valor más alto para las lechugas tratadas fue para TC (4,893 %) y el más bajo para T (1,074 %). El tratamiento TLC presentó una concentración promedio de un 153 % mayor que T. SM un 244 % y TC un 355 %. Los azúcares reductores se acumulan especialmente en el jugo celular. Los mismos son utilizados como sustratos en la actividad respiratoria para la biosíntesis de otros componentes durante el crecimiento de las hojas. Esto significa que se producen modificaciones en las proporciones de los diversos carbohidratos como consecuencia de la diferente actividad metabólica (Mayorga, 2008). El mayor contenido de azúcares reductores estaría indicando que los abonos orgánicos líquidos (TLC, SM y TC) generaron una mejora en el estado nutricional y por lo tanto favorecieron las condiciones de crecimiento y el aumento del metabolismo de las plantas, resultando todo ello en un mayor contenido de azúcares. Rozek *et al.* (1995) encontraron diferencias significativas para azúcares solubles entre cultivares de lechuga. Cometti *et al.* (2004) obtuvieron mayores tenores de azúcares solubles en plantas de lechugas cultivadas en hidroponía vs orgánico y convencional.

Respecto del ácido ascórbico, los valores más altos se reflejaron en las plantas tratadas con TLC (15,5 mg 100 g⁻¹). Tanto T como SM presentaron valores menores y similares (9,8 y 9,9 mg 100 g⁻¹), y TC un valor intermedio (12,7 mg 100 g⁻¹). El aumento de contenido de ácido ascórbico de TLC respecto de T es del orden de un

50%. Tavella *et al.* (2012) encontraron contenidos de ácido ascórbico en lechugas entre 20 y 35 mg 100 g⁻¹. Destacándose que los resultados obtenidos en la presente tesis están por debajo de 20 mg 100 g⁻¹, que para la especie fueron bajos (Staugaitis y Viskelis, 2001).

Al contenido de dichas moléculas nitrogenadas (nitratos) se le adjudica una acción cancerígena (Maynard *et al.* 1976; Minotti *et al.* 1994 Tei *et al.* 1999). En ese sentido la relación de ácido ascórbico y nitratos resultó de gran importancia desde el punto de vista de la inocuidad. Siendo el primero importante no solo como antioxidante, sino como molécula neutralizadora de los nitratos contenidos en la misma lechuga. De allí la importancia de la relación entre el contenido de ambas moléculas en el tejido de las lechugas. Las mejores relaciones (nitratos/ácido ascórbico) se obtuvieron en los tratamientos TLC y T (173,5 y 189,5) con respecto a TC y SM (238,6 y 277,2).

Color

Se obtuvieron diferencias significativas para “L*” de los tres parámetros de CIELAB y para “h*”, SM se diferenció del resto de los tratamientos, coincidente con la apreciación visual, cuyas parcelas (SM) se diferenciaban del resto en cuanto a su aspecto verde oscuro. Rangel *et al.* (2011), obtuvieron mayor contenido de clorofila y un verde más intenso en hojas de tomate en cultivo sin suelo fertilizados con te de compost y te de lombricompost. Mayorga (2008) en lechugas cultivadas en otoño-invierno y con aplicación de lombricompost sólido al suelo, obtuvo para hojas internas valores de L* y b* más altos que las hojas externas, además de valores de c* más elevados. Todo esto indica que este tipo de hoja fue más luminosa, con una tendencia hacia el amarillo. Esto es esperable por sus menores contenidos de clorofilas y con una mayor saturación del color. A nivel de dosis, el menor valor de a* se observó en los tratamientos sin aplicación de lombricompost, contrariamente a la suposición de que el lombricompost mejora la nutrición de la planta y por ende los niveles de clorofila. Govin *et al.* (2005) obtuvieron mejoras en el color y contenido de pigmentos de interés medicinal en plantas de manzanillas abonadas con humus de lombriz. Para SM, no se encontraron reportes relacionados.

Número de hojas

No se encontró respuesta de esta variable a los tratamiento, contrariamente a Arteaga *et al.* (2006) quienes lograron mayor número de hojas con té de lombricompuesto. También Minervino *et al.* (2008) pudieron aumentar el número de hojas en plantas de lechugas mediante inoculación con *Trichoderma spp*, el mismo autor obtuvo un mayor número de hojas para plantas de lechugas cultivadas en suelo con tecnología convencional vs cultivo sin suelos. Mayorga (2008) mediante la aplicación de lombricompuesto al cultivo de lechugas, obtuvo un 9,84 % de aumento en el número de hojas que en los testigos sin fertilizar.

Área Foliar

Al igual que para la variable numero de hojas, el área foliar no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. Contrariamente Mayorga (2008) obtuvo para plantas de lechugas fertilizadas tanto orgánica como químicamente aumentos significativos vs el testigo sin fertilizar. Cobiella *et al.* (1995) citan mejoras en área foliar con aplicación de humus en forma líquida sobre el follaje. También Biscaro *et al.* (2011) lograron aumentos graduales de área foliar en plantas de *Tetragonia tetragonoides* para concentraciones ascendentes de 0 a 20 ml L⁻¹ de fertilizante en el agua de riego. Lo que indicaría la dependencia de dicho carácter a la cuestión nutricional del cultivo. Resultados similares fueron obtenidos por Gordin *et al.* (2010) con concentraciones de 0 a 8 g L⁻¹ de fertilizantes (NPK : 20-5-10) en agua de riego en plantines de repollo chino. Produciendo un efecto depresivo en el área foliar las concentraciones mayores de 10 g L⁻¹.

Presencia de coliformes en lechugas

Todas las lechugas obtenidas en los diferentes tratamientos presentaron valores de NMP g⁻¹ superiores al valor tolerado por la autoridad sanitaria (1000 NMP g⁻¹) (CONAL, 2004). Los tratamientos TC y SM fueron los de mayor valor (2400 NMP g⁻¹); siguiéndole a estos T (agua; 2140 NMP g⁻¹). Sin embargo TLC presentó un valor relativamente más bajo (1300 NMP g⁻¹) y cercano al máximo permitido. Del análisis de los abonos y el agua se puede apreciar que esta última (T) es la mayor fuente de contaminación con microorganismos coliformes. Vega *et al.* (2005) para hortalizas abonadas con guanos y regadas con aguas de mala calidad, obtuvieron valores de NMP g⁻¹ mayores a lo permitido, reportando a la lechuga junto a la espinaca y la escarola como las especies más contaminadas. Jacinto *et al.* (2009) en hortalizas expandidas en el principal mercado de Cajamarca, Perú, encontraron recuentos más altos de coliformes para lechuga y perejil. Lo que indicó el potencial patógeno que tiene dicha hortaliza como vector de mencionados microorganismos. El uso de abonos orgánicos como el estiércol, en condiciones sanitarias de manejo deficientes y de mala calidad de agua podrían ser las fuentes de mayor contaminación. Sin embargo los resultados obtenidos en las lechugas de los diferentes tratamientos indicarían un efecto inhibitor y/o regulador de TLC en la microflora colérica. Lo que podría explicar el menor contenido de TLC respecto a T. Los resultados obtenidos indicarían la necesidad de profundizar estudios sobre TLC en cuanto a la capacidad supresora respecto a microorganismos enterocólicas. La microflora de TLC podría ejercer una acción reguladora respecto a los microorganismos coliformes.

Presencia de *Trichoderma* y *Azospirillum* en rizosfera y superficie foliar

Todos los lavados de raíces de los diferentes tratamientos presentaron aislamientos positivos de *Azospirillum*. De estos TC presentó el mayor valor, siendo 5,4 veces mayor a T, lo que implica un favorecimiento de TC para la presencia del mismo. Para *Trichoderma* en lavados de raíces, todos los tratamientos presentaron aislados positivos. Obteniéndose los valores más altos para T junto a TC. En relación a la promoción de crecimiento vegetal y la presencia de ambos organismos benéficos,

Grasso *et al.* (2010) incorporando *Trichoderma* y *Azospirillum* a cultivo de lechuga y acelga lograron mayores rendimientos. También Carletti *et al.* (2010) ha logrado incrementos del 50% en el sistema radical de las plantas tratadas, mejorando con ello la capacidad de nutrirse de las mismas mediante inoculación de plantines de lechuga con *Azospirillum*. También Bonillo *et al.* (2010) reportaron mayor crecimiento de raíz en plántulas de zanahorias inoculadas con dos cepas diferentes de *Trichoderma sp.* A nivel de rizósfera se observó una marcada presencia de *Azospirillum* en el tratamiento TC. Respecto a *Trichoderma* en superficie foliar de las lechugas tratadas, los resultados mostraron una presencia relativa en todos los tratamientos no existiendo diferencia entre ellos. Indicando que los tratamientos no afectan la presencia de este hongo benéfico en la superficie foliar de las lechugas.

Concluyendo, la aplicación foliar de SM mostró mejor comportamiento para el crecimiento vegetal de las plantas de lechugas, observando mayor relación en peso fresco total y peso fresco/seco aéreo. El contenido de nitratos para todos los tratamientos foliares de los abonos orgánicos líquidos fueron superiores a T. La mayor concentración de nitrato en tejido se presentó en las lechugas tratadas con TLC. Sin embargo TLC presentó la mejor relación nitrato/ ácido ascórbico respecto a los demás tratamientos. Respecto a azúcares reductores, se destacan los tratamientos TC y SM. Para color, en las variables L^* y h^* se obtuvieron diferencias con SM. En área foliar no se encontró respuesta a los tratamientos, al igual que para número de hojas. Todas las lechugas tratadas tuvieron valores superiores a 1000 NMP g^{-1} de coliformes totales. La principal fuente de contaminación sería el agua utilizada. En ningún caso se observó *Escherichia coli*. En cuanto a organismos benéficos, para *Azospirillum* se observó respuesta con TC.

Ninguno de los tratamientos entregó efectos positivos en la totalidad de variables consideradas. Habiéndose considerado a tal efecto variables que representan la productividad (PF, PFA, PFR, PS, PSA, PSR, PFR/PFP, PSR/PSP), el estado nutricional y fisiológico de las plantas (N, P, K, Ca, azúcares reductores, AF, N° hojas, L^* , a^* , b^* , h^*), la calidad nutricional (ácido ascórbico, azúcares reductores), la inocuidad (coliformes totales y nitratos) y la promoción de flora benéfica (*Trichoderma* y *Azospirillum*). Sin embargo cada uno de los abonos orgánicos foliares han mostrado efectos promisorios a ser considerados en futuros estudios que

permitan profundizar los conocimientos de los mismos y el desarrollo de estrategias para su utilización como tecnologías adecuadas para sistemas agroecológicos de producción como el considerado en la presente tesis. A su vez se entiende conveniente profundizar los estudios para ajustes de concentraciones, formas de utilización y frecuencias de aplicación. Evaluando variantes de producción de los abonos orgánicos a partir de diferentes materiales y formas de producción. Se propone aceptar parcialmente la hipótesis 1 planteada, destacándose SM para PF y Color, TLC para ácido ascórbico y coliformes totales y TC para azúcares reductores y *Azospirillum*. Se entiende conveniente desarrollar nuevos estudios para poder generar recomendaciones de uso que contribuyan al éxito de la presente tecnología de manera sustentable tanto en lo económico como en lo ambiental.

5.11. Bibliografía

- ABRIL A, BIASUTTI C, MAICH R, DUBBINI L Y NOE L. 2006. Inoculación con *Azospirillum* spp. en la Región Semiárida-Central de Argentina: factores que afectan la colonización rizosférica. *Cienc. suelo* v.24 n.1 Buenos Aires ene./jul.
- ABRIL, A.; NOÉ, L.; FILIPPINI, M.F.; CONY, M.; MARTINEZ, L. R. 2011. Microbial dynamics and fertility characteristics in compost from different waste and maturation processes. *The Open Agriculture Journal*. 5, 19-29.
- ABREU O, JUNQUEIRA A, PEIXOTO J y de OLIVEIRA S. 2010. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 30(Supl.1): 108-118,
- ALI B, SABRI N, LJUNG K, HASNAIN S. 2009. Auxin production by plant associated bacteria: impact on endogenous IAA content and growth of *Triticum aestivum* L. *The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology* 48, 542-547.
- ALTIERI M, HECHT S, LIEBMAN M, MAGDOFF F, NORGAARD R Y SIKOR T MAGDOFF F. 1999. *Agroecología*. Capítulo: Calidad y manejo del suelo. Ed Nordan. Pp 338.
- ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, E.; VÁZQUEZ-ALARCÓN, A.; CASTELLANOS, J. Z.; CUETO-WONG, J. 2006. Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo. *TERRA Latinoamericana*, México. Vol. 24, Núm. 2, abril-junio, pp. 261-268.
- ARTEAGA, MAYRA; GARCÉS, N.; GURIDI, F.; PINO, J. A.; LÓPEZ, A.; MENÉNDEZ, J. L.; CARTAYA, O. 2006. Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) var. Amalia en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*, vol. 27, núm. 3, pp. 95-101. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, Cuba.
- ARTENISA C. RODRIGUES, LOURIVAL F. CAVALCANTE, ADEMAR P. DE OLIVEIRA, J T. DE SOUSA Y FRANCISCO O. 2009. Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com

- biofertilizante supermagro e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.13, n.2, p.117–124
- ATIYEH R.M., S. LEE, C.A. EDWARDS, N.Q. ARANCON, J.D. METZGER. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7–14.
- BARROSA B. C. 2011. Tesis maestría: Substratos e adubação foliar com biofertilizante na produção de mudas de maracujazeiro e mamoeiro. Universidade Estadual do Centro-Oeste, unicentro-pr programa de pós-graduação em agronomia-ppga.
- BARROSO, R.; MENDOZA, L. & GAMDARILLA, F. 1994. Humus líquido como opción estimuladora para el desarrollo del tomate. *Rev. Cultivos Tropicales* 15 (3). La Habana.
- BERNAL, A.; NAVARRO, N. & PASCUAL, J. 2002. Tratamiento biológico de fusariosis en melón con compost inoculado con *Trichoderma*. *Agricultura Ecológica*.
[<http://www.marm.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf>]
[Consulta julio 2012]
- BETTIOL W. 2006. Productos alternativos para el manejo de enfermedades en cultivos comerciales. *Fitosanidad* vol 10, n°2p 85-98.
- BISCARO G.; MARQUES R.; BATISTA C.; MONACO K.; ENSINAS S. Y REZENDE R. 2011. Efeito de diferentes níveis de fertirrigação nas características morfofisiológicas de espinafre. *Acta Scientiarum Agronomy*. Maringá. V.33, n. 3, p. 487-493.
- BLOM-ZANDSTRA, M. & LAMPE, J. E. M. 1985. The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. *Journal of Experimental Botany* 36: 1043-1052.
- BONANOMI, G., ANTIGNANI, V., PANE, C., & SCALA, F. 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology*, 89, 311–324.
- BONILLO M.; ROJAS N.; RIVERA A.; ALVAREZ S. Y ABDO G. 2010. Tratamientos de semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.) con abonos orgánicos y *Trichoderma spp.*: incidencia en el crecimiento inicial de raíz. *Acta XXXIII Congreso Argentino de Horticultura*, p.501.

- BRAUN WILKE, R. H. 2000. Carta de Aptitud ambiental de la provincia de Jujuy. Colección: Arte y Ciencia. Red de Editoriales Universitarias Nacionales. Jujuy. Argentina. 120 p
- BRECHELT, A. 2004. Manejo Ecológico del Suelo. [www.rap-al.org.][consulta julio 2012].
- BRITON, W. & DROFFNER, M. 1994. Microbial Approaches to Characterization of composting processes. Compost Science & Utilization.
- BUITRAGO, G. L. 2002. El clima de la provincia de Jujuy. Ed. Unju. Jujuy. Argentina. 87 p.
- CARLETTI S.; VITA F.; GARBI M.; VARELA F. Y MEZQUIRIZ N. 2010. Promoción temprana del crecimiento de lechuga inoculada con *Azospirillum brasilense*. Acta XXXIII Congreso Argentino de Horticultura, p.471.
- CARDOSO RODDA M., CANELLAS L., FAÇANHA A., ZANDONADI D., GUERRA J., DE ALMEIDA J. Y SANTOS G. 2006. Estímulo no crescimento e na hidrólise de ATP em raízes de alface tratadas com humatos de vermicomposto. ii - efeito da fonte de vermicomposto R. Bras. Ci. Solo, 30:657-664.
- CASTRO, E.; MANAS, P.; DE LAS HERAS, J. A comparison of the application of different waste products to a lettuce crop: Effects on plant and soil properties. Scientia horticulturae, 2009, vol. 123, no 2, p. 148-155.
- CHIESA A. y MAYORGA I. 2007. Factores de precosecha que afectan la calidad poscosecha de lechuga *Lactuca sativa* L. [1http://www.horticom.com] [consulta: octubre 2013]. Actas V Congreso Iberoamericano de tecnología poscosecha y agroexportaciones. 1120-1131.
- CHIESA, A., FREZZA, D. & LEON, A. 2004. Edad a cosecha y calidad en poscosecha de lechuga mantecosa mínimamente procesada. Revista FAVE - Ciencias Agrarias 3 (1-2). Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

- COBIELLA, R.; DE LA ROSA, .P & GOLACHEA, M. 1995. Aplicación de humus foliar como alternativa en la producción de hortalizas. Taller Nacional sobre Desertificación. CISS 27. Guantánamo. Cuba.
- COMETTI, N.N.; MATIAS, G.C.S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M.S. 2004. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.4, p.748-753.
- CONAL. Grupo Técnico Criterios Microbiológicos-. 2004. Guía de Interpretación de Resultados Microbiológicos de Alimentos. Comisión Nacional de Alimentos, Argentina.
- COOPER R, LIU C AND FISHER D. 1998. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. Crop Science, vol 38, p 1639-1644.
- CRADDOCK, V.M. 1983. Nitrosamines and human cancer. Proof of an Association. Nature London 306, 438.
- CUBILLOS-HINOJOSA, J; VALERO, N; MEJÍA, L. 2009. Trichoderma harzianum como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Agronomía Colombiana, vol. 27, núm. 1, pp. 81-86.
- DAVID, P. P.; NELSON, P. V. & SÁNDERS, D. C. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedlings in solution culture. Journal of Plant Nutrition. 17:173-184.
- DE MARTIN S. & RESTANI P. 2003. Determination of nitrates by a novel ion chromatographic method: occurrence on leafy vegetables (organic and conventional) and assessment for Italian consumers. Food Additives and Contaminants, 20 (9): 787-792.
- DIVER S. 1998. Notes on compost teas. Appropriate technology transfer for rural areas. [www.attra.ncat.org] [consulta: abril 2005]
- ETCHEVERS BARRA, J. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Terra Latinoamericana, julio-septiembre, año/vol. 17, número 003. pp. 209-219. [redalyc.uaemex.mx] [consulta: julio 2012].
- FAÇANHA R., OKOROKOVA A., OLIVARES F., GURIDI F., SANTOS G., VELLOSO A., RUMJANEK V., BRASIL F., SCHRIPSEMA J.,

- BRAZ R., DE OLIVEIRA M. Y CANELLAS L. 2002. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1301-1310.
- FAO. 2010. Buenas Prácticas Agrícolas para la agricultura familiar. Cadena de las principales hortalizas de hojas en Argentina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FERRARA G. AND G. BRUNETTI. 2010. Effects of the times of application of a soil humic acid on berry quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) Italia *Span J Agric Res.* 8(3), 817-822.
- FILIPPINI, M.F. 2006. Contenido de nitratos en frutas y hortalizas II Foro FANUS: Nitratos y Nitritos en la alimentación humana, Buenos Aires, Argentina. 10 pp.
- FILIPPINI, M.F.; ABRIL, A.; CONY, M.; NOÉ, L.; VENIER, M.; CÓN SOLI, D.; VALLONE, R. 2012. Effects of Organic Amendment Application on Soil Quality and Garlic Yield in Central-Western Argentina. *The Open Agriculture Journal* 6: 1-8
- FRANCIS, J.F. 2005. Francis, F. J. (1995). Colorimetric properties of foods. En: *FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER*, 495-495.
- GOVÍN ESTER, ING. HORACIO RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, TÉC. CARIDAD CARBALLO GUERRA Y TÉC. MASGLOIRIS MILANÉS FIGUEREDO. 2005. Influencia de los abonos orgánicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. *Rev Cubana Plant Med* v.10 n.1
- GONZÁLEZ, P. & VALIENTE, F. 2001. Evaluación y validación del efecto de un abono orgánico líquido fermentado sobre el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* cv. emperador) en Finca Integrada Orgánica de EARTH, Costa Rica. Trabajo de graduación para obtener Grado de Licenciatura en Agronomía. Guacimo, CR, Universidad EARTH. 31p.
- GORDIN C.; BISCARO G.; DOS SANTOS A., PAGLIARINI M Y PEIXOTO P. 2010. Níveis de fertirrigação nas características morfofisiológicas de mudas de couve chinesa. *Revista Agrarian* v. 3, n.10, p.253-260.

- GRASSO R.; MUGUIRO A., PECHIN C., MONDINO M. Y ESTANGA U. 2010. Efecto de la aplicación de formulados *Trichoderma sp*, *Bacillus sp* y *Azospirillum sp* en cultivos de lechuga y acelga bajo cubierta en General Pico, Provincia de La Pampa. Acta XXXIII Congreso Argentino de Horticultura, p.230.
- GUILHERME, A. F.; ARAUJO, S. M.; FALAVIGNA, D. M.; PUPULIM, A. T.; DIAS, M. L. & OLIVEIRA, E. S. 1999. Prevalência de enteroparasitas em horticultores e hortaliças da feira do produtor de Maringá, Paraná. Rev Soc Bras Med Trop; 32:405-11.
- GUIMARÃES, A.M.; ALVES, E.G.L.; FIGUEIREDO, H.C.P.; COSTA, G.M.; RODRIGUES, L.S. 2003. Freqüência de enteroparasitas em amostras de alface (*Lactuca sativa*) comercializadas em Lavras, Minas Gerais. Rev. Soc. Bras. Med. Trop., v. 36, n. 5, p. 132- 135.
- GUMINSKI, S., SULEJ, J. y GLABISZEWSKI, J. 1983. Influence of sodium humate on the uptake of some ions by tomato seedlings. Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 52, 149-164.
- GUZMÁN, M. 2004. Evaluación bioagronómica de cinco cultivares de lechuga y cuatro densidades de siembra.
- HARMAN G, HOWELL C, VITERBO A, CHET I AND LORITO M. 2004. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology. Volume 2, pp 43-56.
- HOITINK, HAJ Y STONE AG. 1996. Suppression of plant diseases by composts. III Congreso Nacional de Fitopatología 1996. Costa Rica. [<http://www.mag.go.cr>.] [Consulta Julio 2012].
- ICMSF. 1999. Microorganismos de los Alimentos 2 – Métodos de muestreo para análisis microbiológicos. Principios y aplicaciones específicas.– Editorial Acribia
- JACINTO M.; ULLOA C. Y ORBEGOSO. 2009. Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de la ciudad de Cajamarca, Perú. Rev. Perú Med. Exp. Salud publica 26(1): 45-48.
- JAKSZYN, P. 2006. Nitrosaminas y riesgo de cáncer gástrico. Tesis doctoral. Universidad Pompeu Fabra.[<http://tesisred.net>] [consulta: julio 2012].

- JAURIXJE, M; TORRES, D; MENDOZA, B; HENRÍQUEZ, M; CONTRERAS, J. 2013. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, estado Lara. *Bioagro*, vol. 25, núm. 1, enero-abril, pp. 47-56
- MAHESWARI, T. U., HARIPRIYA, K. AND KAMALAKANNAN, S. 2004. Impact of foliar organic nutrients on nutrient uptake pattern of chilli (*Capsicum annuum* L.) cv. K2. *South Indian Horticulture*. 51(1/6):168-172.
- MAZARIEGOS, S., COLINDRES, C.2002. Produccion de chile picante (*Capsicum frutesces* L.) con y sin presencia de arvenses y bajo cinco concentraciones de abono líquido orgánico fermentado, en las Mercedes de Guacimo. Costa Rica. Trabajo de graduación para obtener Grado de Licenciatura en Agronomía. Guacimo, CR, Universidad EARTH. 44p.
- MAYNARD, D.N.; BARKER, A.; MINOTTI, P. & PECK, N. 1976. Nitrate accumulation in vegetable. *Advances in Agronomy* 28: 71-117.
- MAYORGA, I. 2008. Influencia de los factores de precosecha en un cultivo a campo y en postcosecha de lechuga mínimamente procesada. Tesis presentada como requerimiento parcial para obtener el grado de Magister Scientiae en Horticultura. Universidad Nacional de Cuyo.
- MC CALL, D. & WILLUMSEN, J. 1999. Effects of nitrogen availability and supplementary light on the nitrate content of soil-grown lettuce. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 74 (4): 458-463.
- MINERVINO M.; VILLAGRA E. Y BRANDAN E. 2008. Determinación de efecto de cepas nativas de *Trichoderma spp.* como promotoras de crecimiento en cultivo de lechuga. *Acta de Resúmenes, XXXI Congreso Argentino de Horticultura*, p 323.
- MINOTTI, P. L.; HALSETH, D.E. & SIECZKA, J. B. 1994. Field chlorophyll measurements to assess the nitrogen status of potato varieties. *HortScience*, 29 (12): 1497-1500.
- MIRABELLI, E. 2000. Apunte de la Cátedra de Zoología Aplicada, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

- MONTECINOS, C. 1996. Capítulo Manejo de la Fertilidad del suelo. Apuntes Curso de Desarrollo Rural Humano y Agroecológico. CET – CLADES INDAP Chile, Universidad Católica de Temuco. Pp57-66
- NADIR A. Y CHAFATINOS T. 1995. Los Suelos del NOA (Salta y Jujuy). Tomo III. Pp 427.
- OCHOA E; FIGUEROA-VIRAMONTES U; CANO-RÍOS P; PRECIADO-RANGEL P; MORENO-RESÉNDEZ, A.; RODRÍGUEZ-DIMAS, N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura, Vol. 15, Núm. 3, pp. 245-250.
- OROPEZA, J. y RUSSIAN, T. 2008. Efecto del vermicompost, sobre el crecimiento, en vivero, de la naranja 'criolla' sobre tres patrones. *Agronomía Trop.* 58(3): 289-297. 2008.
- PACHECO P. 2003. Evaluación del efecto de un abono orgánico líquido fermentado (biofermento) sobre el crecimiento de morera (*Morus alba*) en bancos de forrajes en la región tropical húmeda de Costa Rica. Trabajo de graduación para obtener Grado de Licenciatura en Agronomía. Guácimo, CR, Universidad EARTH. 58p. [<http://usi.earth.ac.cr>] [consulta julio 2012].
- PÉREZ N Y POZO E. 1996. El problema de las plagas. Apuntes Curso de Desarrollo Rural Humano y Agroecológico. CET – CLADES INDAP Chile, Universidad Católica de Temuco. Pp 159-166.
- PIMPINI, F; FILIPPINI, M.F.; SAMBO, P. ; GIANQUINTO, G. 2000. Influenza della concimazione sul contenuto di nitrato in due tipi di radicchio rosso. *Edagricole e Società Italiana di Agronomia* . ISSN 0035 - 6034. *Rivista di Agronomia*. 34: 406 - 418
- PIMPINI, F.; FILIPPINI, M.F.; GENNARI, A. 2004. La qualità dei prodotti frutiorticoli. Curso de posgrado. Maestría de Horticultura. FCAgrarias, Mendoza. 54 pp.
- POULSEN, N.; JOHANSEN, A. S. & SORENSEN, J. N. 1995. Influence of growth conditions on the value of crisphead lettuce. IV: Quality changes during storage. *Plant Foods for Human Nutrition* 47: 157-162.

- QUAGGIOTTI, S.; RUPERTI, B.; PIZZEGHELLO, D.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V. & NARDI, S. 2004. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany*. 55(398):803-813.
- RANGEL P., BERNAL F, VELAZCO V, PIZANO J, HERNANDEZ M, HERNÁNDEZ J, PUENTE R Y HERNÁNDEZ C. 2010. *Agricultura Orgánica. Tercera Parte*. ISBN: 978-607-00-3411-4.
- RANGEL PABLO PRECIADO, MANUEL FORTIS HERNÁNDEZ, JOSÉ LUIS GARCÍA-HERNÁNDEZ, EDGAR RUEDA PUENTE, JUAN RAMÓN ESPARZA RIVERA, ALFREDO LARA HERRERA, MIGUEL ÁNGEL SEGURA CASTRUITA Y JORGE OROZCO VIDAL. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* Vol. 36 n°9.
- RESTREPO J. 2007. *Manual Práctico El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de rocas*. ISBN: 978-99924-55-27-2. Pp 262.
- REININK, K. 1993. Relationship between effects of seasonal change on nitrate and dry matter content in lettuce. *Scientia Horticulturae* 53: 35-44.
- RICCI M, CASALI V, CARDOSO A y RUIZ H. 1992. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com composto orgânico. *Pesq. Agrop. Bras.* V 30 n°8. pp 1035 – 1039.
- RINCÓN SÁNCHEZ, A. PÉREZ CRESPO, C. PELLICER BOTÍA, J. SÁEZ SIRONI, A. ABADÍA SÁNCHEZ. 2002. Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol. 17 (2).
- RIVERA M.; RODRIGUEZ C. & LOPEZ J. 2009. Contaminación fecal en hortalizas que se expenden en mercados de La Ciudad de Cajamarca, Peru. *Rev Peru Med. Exp. Salud Pública*. 26(1): 45-48.
- RODRIGUEZ A, CAVALCANTE L, de OLIVEIRA A, de SOUSA J y MESQUITA F. 2009. Produção e nutrição mineral do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante supermagro e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.13, n.2, p.117–124.

- RODRÍGUEZ, J. 1993. La fertilización de los cultivos. Un método racional. Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile. p. 291.
- RODRÍGUEZ, P. 2003. Evaluación del efecto de un abono líquido fermentado (biofermento) sobre el crecimiento de morera (*Morus alba*) en banco de forraje en la Región Tropical Húmeda de Costa Rica.
- ROTHMAN, M.; DONDO, G.; TONELLI, B. & MONTIEL, M. 2006. Evaluación del uso de extracto de Lombricomposto en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*) a campo. Docentes de la cátedra de Cultivos IV. Facultad de Ciencias Agropecuarias – UNER. Paraná, Entre Ríos. Argentina. Revista Científica Agropecuaria 10 (2): 101-107.
- ROZEK, S.; LEJA, M.; MYCZKOWSKI, J. & MARECZEK, A. 1995. The effect of fertilization with nitrate and urea forms of nitrogen on quality and storage ability of lettuce grown in a foil tunnel. I. Content of certain nutritive compounds. Folia Horticulturae 7 (1): 91-105.
- SANTANA, L.; CARVALHO, D.; LAITE, C.; ALCANTARA, L.; OLIVERA, T. & RODRIGUEZ, B. 2006. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces de diferentes sistemas de cultivo. Cienc. Technol. Aliment. Campinas, 26(2): 264-269.
- SALAS, E. y RAMIREZ, C. 2001. Determinación de la disponibilidad de N y P en abonos orgánicos mediante la técnica del elemento faltante de invernadero y un bioensayo microbiano. Agronomía Costarricense. 25(2):25-34.
- SCHMIDT, R.; ERVIN, H. & ZHANG, X. 2003. Questions and answers about bioestimulants. Golf course management. [<http://gcsaa.org>] [consulta: Julio 2012].
- SILVA, M.; AZEVEDO, M.; SILVA, F.; FERNANDES, J. y MONTEIRO, A. 2011. Análise de crescimento não destrutiva das plantas de feijão branco adubadas com biofertilizante supermagro. Cuadernos de Agroecología – ISSN 2236-7934 – Vol 6, No.2.
- SLIPKA, J.; PRIBYLOVA, P. & KOLAROVA, S. 2000. The accumulation of nitrates in different parts of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Collection of

- Scientific Papers, Faculty of Agriculture in Ceske Budejovice. Series for Crop Sciences. Czech Republic. 17 (2):111-120 & 17 (1):15-23.
- SOLANO, K. D. G., MENDOZA, M. D. L. N. R., TÉLLEZ, L. I. T., CUE, J. L. G., & ESCUDERO, J. S. (2013). Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT. *Interciencia*, 38(12), 863-869.
- STAUGAITIS, G. & VISKELIS, P. 2001. Quality assessment of leaf vegetables, vitamin C and nitrates. *Sodininkyste ir Darzininkyste* 20 (4): 61-69.
- STEINER A. 1961. A Universal Method for Preparing Nutrient Solutions of a Certain Desired Composition. *Plant Soil*. 15: 134-154.
- STENTZ S., FREITAS R., ROSAS M. Y PENTEADO P. 2006. Qualidade nutricional e contaminantes de alface convencional, orgânica e hidropônica. *Vision acadêmica*. Curitiba. V6, N1. ISSN 1518-5192.
- STEVENS P. T. 2008. Nitrogen Management and the Effects of Compost Tea on Organic Irish Potato and Sweet Corn. Thesis Faculty of Virginia Polytechnic Institute USA. Master of Science In Horticulture.
- TAVELLA L.; SALINO A.; CAMPOS P.; NETO S. Y FERREIRA R. 2012. Aplicação foliar de produtos agroecológicos no desempenho agrônômico da alface. *ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.8, n.1, p.23-27, jan-mar.
- TAKAYANAGUI, O. M.; OLIVEIRA, C. D.; BERGAMINI, A. M.; CAPUANO, D. M.; OKINO, M. T. & FEBRÔNIO, L. P. 2001. Fiscalização de verduras comercializadas no município de Ribeirão Preto, SP. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.*; 34:37-41.
- TEI, F.; BENINCASA, P. & GUIDUCCI, M. 1999. Nitrogen fertilization of lettuce, processing tomato and sweet pepper: yield, nitrogen uptake and the risk of nitrate leaching. *Acta Horticulturae*, 506: 61-67.
- TSAI, Y. H.; HSU, H. M. & CHUNG, R. S. 2005. The effect of application of different rates of organic fertilizer on the soil properties and nitrogen uptake of vegetables planted in plastic house. *Journal of the Agricultural Association of China*, 6 (3): 229-244.
- TURAZI C.; JUNQUEIRA A.; OLIVEIRA S. Y BORGIO L. 2006. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo

- de almacenamiento. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 24, n. 1, p. 65-70.
- VALLES, L.; DÁVILA, J.; RODRÍGUEZ, R.; PERDOMO, O. & PÉREZ J. 2004. Contaminación enteroparasitaria de lechugas expandidas en mercados del estado Lara, Venezuela. Parasitol. Latinoamer; 59:167-70.
- VEGA M., JIMÉNEZ M., SALGADO R. Y PINEDA G. 2005. Determinación de bacterias de origen fecal en hortalizas cultivadas en Xochimilco de octubre de 2003 a marzo de 2004. Rev. Inv. Univ. Mult. Año 4, N°4.
- VERÓN, R. 2008. Absorción de nutrientes en el cultivo de lisiantus (*Eustoma grandiflorum*) para flor de corte en Bella Vista. Magister Scientiae en Horticultura. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias.
- VIGNONI, L.; HERRERA, M.; MIRABILE, M.; GRANVAL, N.; TAPIA, O.; VENTRERA, N.; GIMENEZ, A. & GUINLE, V. 2003. Estudio comparativo de conservación y evaluación sensorial entre lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var. Gallega orgánica y convencional. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.
- VOLKOVA, E.N. & KUDUMS, A.E. 1996. Study of the diurnal changes in the content of nitrates in vegetable. St. Petersburg, Russia. Agrokhimiya. No. 4, 22-27; 9 ref.
- YOSSEN, V.; VARGAS GIL, S.; DÍAZ, M.; & OLMOS, C. 2003. Material compostado y *Trichoderma harzianum* como supresores de *Rhizoctonia solani* y promotores del crecimiento de la lechuga. Manejo integrado de plagas y agroecología (costa rica) no. 68 p.19-25.
- ZHANG, W.; HAN, Y.; DICK, A.; DAVIS, R. & HOITINK. 1998. Compost and Compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and Arabidopsis. Phytopathology vol. 88 n° 5: 450-455.

ANEXO I: imágenes



Imagen 1: parcela de lechuga en Maimara, Quebrada de Humahuaca, Jujuy.



Imagen 2: Compost en proceso de terminacion, producido a partir de cama de granja avicola.



Imagen 3: Preparacion de los abonos organicos foliares, de izquierda a derecha: te de compost, supermagro y te de lombricompuesto.



Imagen 4: Ensayo de dosis en plantines de lechugas. Izquierda mayor concentración y dosis, hacia la derecha disminuyen, y con ella el efecto fitotoxico.



Imagen 5: evaluación de ensayo de concentraciones y frecuencias en almacigo.



Imagen 6: producción de plantines para ensayo de campo.

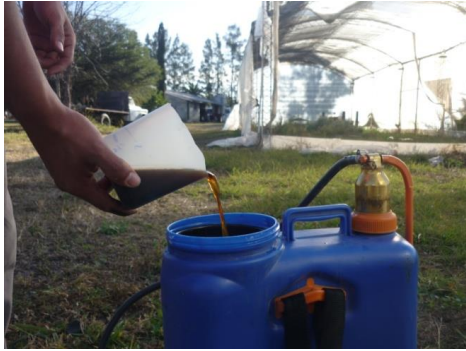


Imagen 7: preparación en mochila de té de compost para aplicación.



Imagen 8: parcela de ensayo de campo.

ANEXO II: tablas resúmenes de tratamientos y variables evaluadas correspondientes a capítulo 5.

Tabla 1: Resumen de los tratamientos, fechas y el tipo de evaluaciones realizadas en la misma.

Tratamiento	fecha	Tipo de evaluación
1°	28/09/09	
2°	30/09/09	
3°	02/10/09	Parcial: peso fresco, peso seco, análisis de laboratorio: N, P, K, Ca, Mg
4°	05/10/09	
5°	07/10/09	
6°	09/10/09	Parcial: peso fresco, peso seco, análisis de laboratorio: N, P, K, Ca, Mg
7°	12/10/09	
8°	14/10/09	
9°	16/10/09	Parcial: peso fresco, peso seco, análisis de laboratorio: N, P, K, Ca, Mg
10°	19/10/09	
11°	21/10/09	
12°	23/10/09	Parcial: peso fresco, peso seco, análisis de laboratorio: N, P, K, Ca, Mg
13°	26/10/09	Cosecha y evaluación final: peso fresco, peso seco, área foliar, n° de hojas, color, coliformes NMP, <i>Trichoderma</i> , <i>Azospirillum</i> y análisis de laboratorio: N, P, K, Ca, Mg; ac. ascórbico, nitratos y azúcares reductores.

Tabla 2: Resumen sobre las variables evaluadas en plantas de lechugas y metodología utilizada.

Variable	Tipo de muestra	metodología	Tipo de análisis
Peso fresco Durante el desarrollo del cultivo	3 plantas al azar para cada repetición	Pesado en balanza analítica	ANOVA y comparación de medias con LSD 0,05
Peso seco Durante el desarrollo del cultivo	3 plantas al azar para cada repetición	Secado en estufa a 75°C por 72 horas y pesado en balanza analítica	ANOVA y comparación de medias con LSD 0,05
Contenido en lechugas de nutrientes: N, P, K y Ca . Durante el cultivo	Compuesta de las cinco repeticiones	N: AOAC 978.40 Kjeldahl	Sin análisis estadístico.
		P: AOAC 958.01 espectrofotometría de absorción mediante método de vanadato molibdeno	
		K: AOAC 983.02 Fotometría de llama	
		Ca: AOAC 945.03 método titrométrico	
Acido Ascórbico. A cosecha	3 plantas para tres repeticiones por tratamiento	AOAC 984.26 Fluorometría	ANOVA y comparación de medias con LSD 0,05
Azúcares solubles. A cosecha	3 plantas para tres repeticiones por tratamiento	Método Miller G. L., Anal. Chem. 31, 426, 1959.	ANOVA y comparación de medias con LSD 0,05
Nitratos. A cosecha	3 plantas para tres repeticiones por tratamiento	Colorimétrico Cataldo D.A. et al. 1975. Commun. Soil Sci. and plant analysis. 6: 71-80. USA	ANOVA y comparación de medias con LSD 0,05
Número de hojas A cosecha del cultivo	3 plantas al azar de cada repetición	Conteo de hojas	ANOVA y comparación de medias con LSD 0,05
Área Foliar	3 plantas al azar para	Escaneo y determinación de	ANOVA y

A cosecha del cultivo	cada repetición	superficie AutoCad®	comparación de medias con LSD 0,05
Color de hojas A cosecha del cultivo	3 plantas al azar para cada repetición. Cinco mediciones por hoja	Escaneo y determinación de los parámetros de cielab mediante Soft Pixel ®	ANOVA y comparación de medias con LSD 0,05
Contaminación con coliformes A cosecha del cultivo	3 plantas al azar para cada repetición	Método Numero Más Probable	Numero Más Probable
Presencia de <i>Azospirillum sp</i> y <i>Trichoderma sp</i> en rizosfera A cosecha del cultivo	3 plantas al azar para cada repetición	Lavado de raíces y aislamiento en medios selectivos	ANOVA y comparación de medias con Tukey 0,05
Presencia de <i>Trichoderma sp</i> en hojas A cosecha del cultivo	3 plantas al azar para cada repetición	Lavado de hojas y aislamiento en medios selectivos	ANOVA y comparación de medias con Tukey 0,05