



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Efecto de la aplicación de humus de lombriz al suelo sobre el crecimiento y absorción
de nutrientes en pimentón (*Capsicum annuum* L.)**

MEMORIA DE TÍTULO

Amanda Belén Morales González

Talca, Chile

2020

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2020

Aprobación,



Profesor Guía Ing. Agr. Dr. Ricardo Alfonso Cabeza Pérez
Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias



Profesor Guía Ing. Agr. Dr. Hernán Paillán Legue
Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias

Fecha de presentación de Memoria de Título: 28 de mayo de 2020

AGRADECIMIENTOS

Cada proyecto que uno va realizando en la vida va acompañado de personas maravillosas que inconscientemente hacen gran parte del trabajo, entregando enseñanzas, energía, cariño y mucho más.

En primer lugar, quiero agradecer a mi mamá Bernardita, por ser la persona que ha estado presente en todas mis etapas, alentando cada uno de mis logros, levantándome en mis peores momentos y entregándome su amor incondicional.

A mis abuelos, Everes González y Gudelia Soto, quienes me criaron con valores hermosos. Agradezco cada una de sus llamadas, haciéndome saber que están detrás de todos mis pasos, apoyándome y entregándome su cariño. Gracias por entregarme detalles que recordaré toda mi vida.

A mi Papá Cristián Morales, quién me ayudó a través de sus recuerdos a ser mejor persona, estando presente en cada uno de mis pensamientos, dándome la fuerza necesaria para soportar inconvenientes y amor inagotable para entregar.

A Matías Arévalo, quien me entregó cariño, un segundo hogar y las herramientas necesarias para superarme académicamente, recalcándome que los objetivos se logran con esfuerzo y dedicación.

A mis amigos, especialmente a Polet Montecinos y Benjamín González, quienes estuvieron alentándome, me subieron el ánimo, sufrieron y rieron conmigo, les agradezco infinitamente por quedarse en mi vida y apoyarme desde que los conocí.

A mi tío, Nelson Morales, quién me entrega sabiduría a la distancia, que pone mis logros académicos y laborales como una más de sus prioridades. Le agradezco ser cercano y estar presente desde la partida de mi padre.

A mis profesores guías Ricardo Cabeza y Hernán Paillán por darme la oportunidad de realizar este ensayo, por tenerme paciencia y siempre tener excelente disposición para ayudarme. A todo el equipo de CTSyC, los cuales me recibieron siempre con una sonrisa, especialmente a la profesora Carolina Vázquez quién estuvo conmigo la mayor del tiempo, facilitándome información y herramientas claves para finalizar este trabajo.

Por último, agradezco a mis compañeros que llenaron esta etapa de buenos recuerdos, de anécdotas y aprendizaje.

A todas las personas que formaron parte de este proceso, les doy las gracias.

La felicidad se comparte.

Con mucho cariño

Amanda Morales G.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de humus de lombriz al suelo sobre el rendimiento y calidad en pimentón (*Capsicum annuum* L.), se realizó un ensayo con pimentones de la variedad Correntín en macetas con dosis crecientes de humus en una fracción de 1 a 2 mm. Se trabajó en macetas de 12 y 1 L en dosis equivalentes de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg⁻¹ de suelo, para evaluar los nutrientes disponibles en el suelo como también los absorbidos por la planta, además se obtuvieron datos de materia seca producida por la planta, determinación de clorofila en las hojas, altura, diámetro y N° de frutos por planta, los cuales fueron sometidos a análisis estadísticos.

Los resultados obtenidos indicaron que las dosis crecientes de humus de lombriz al suelo aumentan la disponibilidad de potasio (K) u fósforo (P) en el suelo. Por otro lado, también aumentó el diámetro de los tallos secundarios luego de la bifurcación, sin obtenerse diferencias significativas entre tratamientos. Además, la adición de humus se tradujo en un aumento de los frutos comerciales por planta y una disminución de los descartados, por lo que el humus aumentaría el rendimiento y la calidad del cultivo de pimentón en condiciones de invernadero.

ABSTRACT

The goal of this experiment was to assess the effect of earthworm-humus addition on the yield and quality of paprika (*Capsicum annuum* L.). To reach this goal, a pot experiment was carried out with increasing doses of humus (size fraction of 1-2 mm). The humus doses evaluated were as follows: 3.125; 6.25 and 12.5 g kg⁻¹ of soil, all doses were mixed with soil in 1L and 12L-pots. The soil mixed with hummus in the 1L-pots was used to measure the mineralization or release of N, P, and K nutrients from the organic matter added to the soil. In order to evaluate the nutrient availability for plant growth, in the 12-pots paprika plants were transplanted and at two harvests dry matter and nutrient uptake were evaluated. Concomitantly, during the growth period, chlorophyll concentration and stem diameter were measured. At the two harvests, the number of fruits was registered and their size.

The results obtained indicated that increasing doses of earthworm-humus increase the availability in soil of K and P. On the other hand, the diameter of the plant's stems also increased. Furthermore, the addition of humus resulted in a higher number of commercial fruits per plant and in a decrease of fruits considered as no-commercial. Thus, humus increased the yield and quality of paprika fruits under greenhouse conditions.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Hipótesis.....	13
1.2 Objetivo general	13
1.3 Objetivos específicos	13
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Generalidades del pimentón	14
2.1.1 Origen y distribución.....	14
2.1.2 Botánica y fisiología de la planta.....	14
2.1.3 Requerimientos de suelo y clima	15
2.1.4 Requerimientos nutricionales.....	16
2.2 Fertilización orgánica versus convencional.....	17
2.3 Humus de lombriz	20
2.3.1. <i>Eisenia foetida</i> (lombriz roja californiana)	21
2.3.2 Efecto de la aplicación de humus al suelo, influencias en sus propiedades y características	22
2.3.3 Efecto de la aplicación de humus en hortalizas	23
2.3.3.1 Efecto de la aplicación de humus en pimentón (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	24
2.3.4 Importancia económica del humus de lombriz.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1 Ubicación del estudio	26
3.2 Establecimiento del ensayo y aplicación de humus.....	26
3.3 Evaluación de la mineralización del humus	28
3.4 Evaluación de la aplicación de humus al suelo sobre el crecimiento y absorción de nutrientes en pimentón.....	28
3.4.1 Material vegetal y trasplante	29
3.4.2 Control de malezas	29
3.4.3. Riego	29
3.4.4 Diseño experimental.....	29

3.4.5 Toma de muestra de plantas	30
3.4.6 Determinación de clorofila en la planta	31
3.4.7 Determinación de altura y diámetro de la planta	31
3.4.8 Determinación de la concentración de nutrientes en la planta	31
3.4.8.1 Determinación de nitrógeno (N) foliar	31
3.4.8.2 Determinación de fósforo (P) foliar	32
3.4.8.3 Determinación de potasio (K) foliar.....	32
3.5 Análisis estadístico.....	32
IV RESULTADOS	33
4.1 Incubación del suelo con humus.....	33
4.2 Evaluación de la aplicación de humus al suelo sobre el crecimiento y absorción de nutrientes en pimentón.....	35
V. DISCUSIÓN.....	43
VI. CONCLUSIONES	46
VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos climáticos para <i>Capsicum annuum</i> L.	16
Cuadro 2. Dosis total de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para el cultivo de pimentón.	17
Cuadro 3. Extracción de nutrientes en el cultivo de pimentón para una producción de 55 ton/ha.	17
Cuadro 4. Comparación entre la fertilización química y fertilización orgánica según algunos indicadores.	18
Cuadro 5. Superficie agrícola cultivada certificada orgánica según rubro productivo.	20
Cuadro 6. Nutrientes y elementos presentes en un análisis de Humus de Lombriz.	23
Cuadro 7. Composición física y química del humus de lombriz y el suelo utilizado.	26
Cuadro 8. Análisis textural del suelo utilizado.	27
Cuadro 9. Dosis de humus utilizado para incubar el suelo en macetas y total de repeticiones por tratamiento.	28
Cuadro 10. Efecto del tiempo y el tratamiento sobre la disponibilidad de N, P y K en el suelo luego de la incubación con dosis de 3,125 (TM1); 6,25 (TM2) y 12,5 (TM3) g de humus por kg de suelo.	34
Cuadro 11. Variación de la concentración para N, P y K después de la incubación de tres dosis de humus de lombriz al suelo.	34
Cuadro 12. Efecto del tiempo y el tratamiento sobre la altura de la planta de pimentón.	35
Cuadro 13. Efecto del tiempo y el tratamiento sobre el diámetro de los tallos secundarios del pimentón luego de la bifurcación.	36
Cuadro 14. Número de frutos verdes por planta por tratamiento.	40
Cuadro 15. Número de frutos rojos por planta por tratamiento.	40
Cuadro 16. Efecto del tiempo y el tratamiento sobre el diámetro del tallo del pimentón.	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de absorción de N, P, K, Ca y Mg durante el ciclo de crecimiento de pimentón. Fuente: Elaborado en base a información de la Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Pimentón (SQM, 2007).....	16
Figura 2. Ciclo de vida de la <i>Eisenia foetida</i> . Fuente: Elaboración propia.	21
Figura 3. Diseño experimental utilizado en el ensayo de pimentón. El diseño contempló dos bloques: con plantas y sin plantas. Ambos bloques con tres dosis de humus y un control sin fertilizar (cuatro tratamientos). En el caso del bloque con plantas, las macetas usadas tenían 12 L, mientras en el bloque sin plantas, las macetas eran de 1 L.....	30
Figura 4. Nutrientes disponibles en el suelo luego de la incubación con dosis de 3,125 (TM1); 6,25 (TM2) y 12,5 (TM3) g de humus por kg de suelo: (a) Nitrógeno (N); (b) fósforo (P), y; (c) potasio (K). TM0, indica el suelo control. Letras distintas indican diferencias entre tratamientos en un determinado momento (ANDEVA de 2 vías, $p < 0,05$). Comparaciones múltiples por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).	33
Figura 5. Evolución de la altura de la planta de pimentón a través del tiempo luego de la aplicación de humus al suelo en dosis de 3,125 (TP1); 6,25 (TP2) y 12,5 (TP3) g kg de suelo ⁻¹	35
Figura 6. Diámetro de los tallos secundarios de la planta de pimentón luego de la bifurcación durante el ciclo de crecimiento luego de la aplicación de humus de lombriz en dosis de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg de suelo ⁻¹	36
Figura 7. Materia seca (MS) producida por plantas de pimentón luego de la aplicación de humus al suelo en dosis de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg de suelo ⁻¹ en tres momentos (40, 81 y 121 días después de trasplante). (a) MS aérea (tallos, hojas, frutos); (b) MS radical, y; (c) MS total. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas entre los tres momentos muestreados dentro de los tratamientos según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0,05$).	37
Figura 8. Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) absorbido por la planta de pimentón luego de la aplicación de humus en dosis de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg de suelo ⁻¹ . (a) N absorbido por la planta de pimentón en la primera fecha de muestreo (40 días DDT); (b) N absorbido en la segunda fecha (81 DDT), y; (c) N absorbido en la tercera fecha (121 DDT). De la misma forma, (d) representa el P absorbido en el primer muestreo; (e) P absorbido en muestreo 2, y; (f) P absorbido en el tercer muestreo. Por último; (g) indica el K absorbido en muestreo 1; (h) K absorbido en el muestreo 2, e; (i) K absorbido en el muestreo 3. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).	38

Figura 9. N, P y K absorbido por frutos verdes y rojos de pimentón luego de la adición de humus en dosis de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg de suelo⁻¹. (a) N absorbido (mg N maceta⁻¹); (b) P absorbido (mg P maceta⁻¹), y; (c) K absorbido (mg K maceta⁻¹). 39

Figura 10. Número (Nº) de frutos de pimentón descartados y comerciales en las diferentes dosis de humus. (a) Nº de frutos comerciales y descartados en la cosecha 1 (81 DDT); (b) Nº de frutos comerciales y descartados en la cosecha 2 (121 DDT), y; (c) Nº de frutos descartados y comerciales en ambas cosechas (frutos totales por temporada). 41

Figura 11. Variación del contenido de clorofila (Unidades SPAD) en las hojas de pimentón a través del tiempo con distintas dosis de humus. 42

I. INTRODUCCIÓN

El pimentón (*Capsicum annuum* L.) pertenece a la familia Solanaceae, es una planta herbácea perenne de ciclo anual, su tamaño va en función de la variedad y presenta frutos de colores atractivos ricos en provitamina A, vitamina B y C y en minerales tales como calcio (Ca), potasio (K), fósforo (P) y hierro (Fe) (Maboko et al., 2012). Una gran cantidad de las especies del género *Capsicum* se originaron en América tropical, encontrándose de manera silvestre desde México hasta el norte de Chile y Argentina. Sin embargo, su centro de diversificación se encuentra en México y Brasil (Vallejo y Estrada, 2004).

La superficie cultivada de hortalizas en Chile ha disminuido de 84.336 hectáreas en 2009 a 77.209 hectáreas en el año 2019 (INE, 2019). Lo anterior se debe a la baja participación del país como exportador de productos procesados y al alto costo energético para el procesamiento. Cabe destacar, que los cultivos de frutales menores han desplazado a las hortalizas. Sin embargo, el pimentón posee un alto potencial para recuperar su participación y competitividad en el mercado internacional (Pino, 2018). Chile produce pimentón desde la Región de Arica y Parinacota hasta la Región de la Araucanía, ocupando una superficie cultivada nacional de 1.140 hectáreas en el año 2018, contando con 112 hectáreas en la Región del Maule (ODEPA, 2018). El pimentón se consume fresco y procesado y se usa primordialmente como condimento y colorante. Es una hortaliza tan variable, que incluso se comienza a incorporar en usos medicinales y ornamentales (Vásquez et al., 2012).

Esta especie requiere para su crecimiento suelos con pH entre 5,5 y 7,0, preferentemente de textura franca, bien drenados y profundos, con niveles de materia orgánica que favorezca el desarrollo del sistema radical y un vigoroso crecimiento foliar. Además, la planta posee altos requerimientos nutricionales de nitrógeno (N) y K (Gorda et al., 2004). Para que cultivos como el pimentón logren su máximo potencial, se requiere de un balance de nutrientes adecuado, estos pueden ser obtenidos a partir de fertilizaciones convencionales con gran facilidad. Por otra parte, aplicaciones de materia orgánica al suelo contribuyen a mejorar la estructura y disponibilidad de nutrientes del suelo, sin contaminar el recurso, y permite mejorar en forma sostenible la fertilidad del sistema. Una de las enmiendas orgánicas más usadas es el humus de lombriz, el cual se produce a partir del reciclaje de residuos vegetales mediante un compostaje y el paso por el intestino de lombrices (Schuldt, 2006). El humus es un producto amorfo y coloidal de color oscuro, que permite desarrollar de forma normal las cadenas tróficas en el suelo y aumentar la asimilación de nutrientes, por lo que su aplicación funciona como base para la formación de compuestos orgánicos como ácidos húmicos, fúlvicos y huminas los cuales conservan la actividad microbiana del suelo (Herrán et al., 2008; Havlin et al., 2013; Pérez et al., 2012).

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de la aplicación de humus al suelo como fertilizante orgánico en la producción de pimentones. La hipótesis de esta memoria es la siguiente:

1.1 Hipótesis

- La aplicación de humus de lombriz como fertilizante orgánico aumenta el rendimiento y calidad del cultivo de pimentón.

1.2 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de humus de lombriz al suelo sobre el crecimiento y calidad del pimentón.

1.3 Objetivos específicos

- Analizar la disponibilidad de N, P y K en suelos incubados con humus de lombriz.
- Determinar la producción y calidad de pimentones obtenidos en suelos fertilizados con humus de lombriz.
- Identificar los potenciales efectos de la aplicación de humus sobre crecimiento de la planta de pimentón.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades del pimentón

El pimentón (*Capsicum annuum* L.) posee gran importancia mundial, debido a que ocupa el 5º lugar en superficie cultivada y producción de hortalizas, además, tiene una gran extensión en regiones templadas y cálidas (Hernández et al., 2010). Esta hortaliza, al igual que el ají, se produce en Chile desde la región de Arica y Parinacota hasta la Araucanía. Su destino principal es el mercado en fresco, pero también se procesa y se obtienen productos en conserva, jugos y deshidratados (Pino, 2018). Se considera un alimento bajo en calorías, libre de grasas saturadas, colesterol y sodio, debido a que el fruto posee un 90% de agua, considerando que la materia seca en pimentón deshidratado fluctúa entre 8 a 10%. Además, contiene alto contenido de betacarotenos, vitamina A, C y vitaminas del grupo B6, las que ayudan a prevenir enfermedades crónicas y degenerativas como también a fortalecer el sistema inmunológico (Maoka, 2001).

2.1.1 Origen y distribución

El pimentón pertenece al género *Capsicum*, este nombre deriva del griego *Kapso* que a su vez deriva de la palabra “picar” como también de *Kapsakes* que significa “cápsula” (Nuez et al., 1996). Es originario de América del Sur y hasta la fecha se han identificado a lo menos 30 especies en trópicos y subtrópicos dentro del género *Capsicum*, pero entre las especies cultivadas existen solo cinco, entre ellas encontramos; *C. annuum* y *C. frutescens*, que poseen como centro de origen y distribución México y Guatemala, *C. chinense* originario de la Amazonia, *C. baccatum* y *C. pubescens* originarios de Perú y Bolivia (Bosland y Votava, 2012; Namesny, 2006). Se introdujo a Europa por Cristóbal Colón luego de su primer viaje a América en el año 1493 (Pino, 2018; Namesny, 2006).

En la zona central de Sudamérica obtiene las características edafoclimáticas óptimas para su crecimiento, con un clima templado a subtropical y exento de heladas (Dionizis et al., 2013). Estas condiciones le favorecen porque la planta requiere gran cantidad de luz, humedad y calor para lograr su desarrollo óptimo (Maroto, 2002).

2.1.2 Botánica y fisiología de la planta

Esta hortaliza de nombre científico *C. annuum* L., es una especie perenne de la familia Solanaceae, posee ciclo de cultivo anual y se caracteriza por tener sistema radical profundo con raíz pivotante y raíces adventicias (Pino, 2018; Dionizis et al., 2013). Posee tallos erguidos y lampiños, tiene un crecimiento limitado que, dependiendo del cultivar, varía su altura y forma de

desarrollo. Posee hojas enteras de forma lanceolada u ovada con senos poco profundos. Presenta flores hermafroditas y pequeñas de pétalos blancos que se encuentran solitarias saliendo de un nudo, con inserción en las axilas de las hojas (Dionizis et al., 2013; Pino, 2018). Su pedúnculo se encuentra torcido hacia abajo y tiene la función de soportar el peso total del fruto (Nuez et al., 1996; Pino, 2018). El fruto consiste en una baya de piel lisa con tamaño y forma variable, con un peso que oscila entre los 100 y los 500 g, ostenta diversos colores, entre los más comunes se encuentran: verde, rojo intenso, anaranjado y morado, atributo que puede ir cambiando debido al grado de madurez o a la variedad (Dionizis et al., 2013). Sus semillas varían de 3 a 5 mm de longitud, son de forma redondeada, ligeramente arriñonadas y se ubican en una placenta céntrica que se dispone al interior del fruto (Dionizis et al., 2013). Su sistema reproductivo varía entre la alogamia y autogamia, que a su vez depende de la especie o variedad. Habitualmente el estigma de la flor sobresale por encima de las anteras, lo que favorece la alogamia, por lo tanto, para especies domesticadas y no domesticadas existe polinización entomófila (Nuez et al., 1996). La planta de pimentón tiene un crecimiento limitado y erecto, a partir de cierta altura, la planta expresa 2 a 3 ramificaciones (primer piso o cruz), dependiendo de la variedad, luego continuando su crecimiento vuelve a ramificar de la misma forma (2 a 3 ramificaciones en sucesión a la anterior) hasta el final de su ciclo (Pino, 2018).

2.1.3 Requerimientos de suelo y clima

El pimentón es una planta que requiere de suelos francos, profundos (al menos 60 cm) con buena estructura que favorezca el drenaje, debido a que es sensible al exceso de agua, lo que causa pudriciones del cuello y tallo (Sierra, 2013). Por otro lado, el pH óptimo para algunos autores varía entre 6,0 a 6,5 (Pino, 2018). En cambio, otros autores indican rangos de pH entre 5,5 y 7,0, lo cual favorece la disponibilidad y absorción de los nutrientes (Dionizis et al., 2013; González, 2012). Además, el pimentón es medianamente sensible a la salinidad (~2,5 mmhos cm^{-1}), un valor de conductividad de 4 mmhos cm^{-1} es demasiado alto (González, 2012).

En estaciones cálidas, el pimentón obtiene un buen crecimiento, ya que es sensible a heladas y a temperaturas muy frías, por lo que su exposición a temperaturas bajas forma anomalías en floración, tales como; pétalos sin desarrollo o pétalos curvados (Pino, 2018). En el Cuadro 1 se muestran los requerimientos climáticos básicos para la planta de pimentón (Cuadro 1).

El pimentón necesita de humedad relativa de aproximadamente 75 a 90%. Además, esta planta es muy exigente en luminosidad, sin embargo, exposiciones muy altas durante la etapa de madurez provocan problemas como; coloraciones irregulares, partidura de la fruta y golpes de sol (Maroto y Baixauli, 2017).

Cuadro 1. Requerimientos climáticos para *Capsicum annuum* L.

Requerimiento	Temperatura (°C)
Germinación óptima	28 – 29
Base mínima de crecimiento	15
Crecimiento vegetativo óptimo	20 – 25 (día) y 16 – 18 (noche)
Daño de heladas	<-1
Requerimientos horas de luz	No tiene
Floración y fructificación óptima	26 – 28 (día) y 18 – 20 (noche)

Fuente: Elaborado en base a información disponible en Boletín INIA N° 246 y Boletín INIA N° 360 (González, 2012; Pino, 2018).

2.1.4 Requerimientos nutricionales

El pimentón debe empezar con una buena fertilización basal, debido a que posee alta demanda de nutrientes. Sin embargo, las cantidades de fertilizantes varían según la calidad del agua de riego, el clima, el tipo de suelo y su disponibilidad de nutrientes. En cuanto a la absorción de macro y micronutrientes, depende del estado de desarrollo de la planta, la mayor absorción ocurre cuando la fruta está en desarrollo y después de cosecha (SQM, 2007).

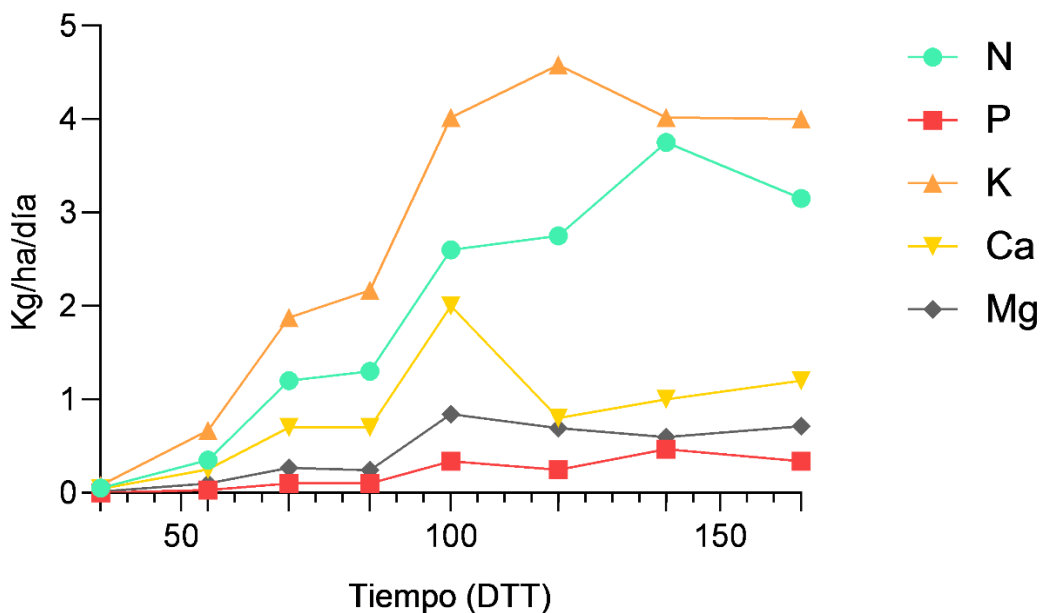


Figura 1. Curva de absorción de N, P, K, Ca y Mg durante el ciclo de crecimiento de pimentón.

Fuente: Elaborado en base a información de la Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Pimentón (SQM, 2007).

La demanda de P comienza a aumentar cuando ocurre en la aparición de las primeras flores y maduración de las semillas. La absorción de K determina la coloración, precocidad y calidad de los frutos de pimentón, por lo que su absorción por la planta se intensifica en floración, a partir de los 50 días después de trasplante (DDT) como lo indica la Figura 1. El magnesio (Mg) es sumamente importante en la maduración del fruto al igual que Ca, que es determinante en pleno desarrollo del fruto, debido a que, si existe deficiencia, se produce una alteración llamada “Necrosis Apical” o “Blossom-end Rot” en inglés. Este último, se acentúa con estrés hídrico, temperaturas y salinidad alta (Hochmuth y Hochmuth, 2015).

A continuación, en el Cuadro 2, se detalla la dosis y época de aplicación de N, P y K para un cultivo de pimentón según González (2012). Por otro lado, en el Cuadro 3, se detalla la extracción de N, P y K en el cultivo de pimentón para una producción de 55 ton/ha según Scharf y Liebig (2002).

Cuadro 2. Dosis total de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) para el cultivo de pimentón.

Nutriente	Dosis total (kg ha ⁻¹)	Época de aplicación
Nitrógeno	150 – 200 de N	30% en plantación 35% a inicio de floración 35% a inicio de fructificación
Fósforo	39 – 52 de P	Pre-plantación
Potasio	83 – 167 de K (no aplicar en suelos con más de 150 ppm de K)	Pre-plantación y una parte cuando empieza la fructificación

Fuente: Elaborado en base a información disponible en boletín INIA N° 246 (González, 2012).

Cuadro 3. Extracción de nutrientes en el cultivo de pimentón para una producción de 55 ton/ha.

Nutriente	Extracción de nutriente (kg/ha)	Extracción de nutriente (kg/ton) de fruta comercial
Nitrógeno	220	4
Fósforo	30	0,54
Potasio	260	4,7

Fuente: Elaborado en base a información disponible en el Instituto federal de investigación para la agricultura (FAL) (Scharf y Liebig, 2002).

2.2 Fertilización orgánica versus convencional

En general, los cultivos responden a la aplicación de fertilizantes inorgánicos a aumentar su producción. Sin embargo, ocasiona gran impacto y desequilibrio ambiental. Últimamente se ha

evaluado la necesidad de preservar la materia orgánica del suelo para aumentar la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas, por esta razón hay interés por utilizar fuentes orgánicas para abonar los suelos y mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Fortis et al., 2012; SAG, 2013; Compagnoni y Putzolu, 2001). En este sentido, el reemplazo de insumos sintéticos, como los fertilizantes, ha derivado a la producción de cultivos orgánicos o en ausencia de productos sintéticos como fertilizantes y productos para el control de plagas y enfermedades.

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar los máximos recursos de un sistema productivo, dándole importancia a la fertilidad del suelo y la actividad biológica, minimizando el uso de los recursos que no son renovables como fertilizantes y plaguicidas de origen sintético, con el fin de proteger el medio ambiente y la salud humana (Andersen y Pazderka, 2003). Una de las principales estrategias para mejorar la fertilidad del suelo, es la rotación de cultivos con leguminosas y la incorporación de abonos verdes (Céspedes, 2005). También se usa la aplicación de abonos animales y rastrojos. Estas estrategias tienen la función de incrementar la calidad del suelo y aumentar la diversidad de organismos, lo cual puede llevar a un equilibrio y sustentabilidad de la fertilidad del suelo (Céspedes, 2005; Reyes et al., 2017; Fortis et al., 2007).

Cuadro 4. Comparación entre la fertilización química y fertilización orgánica según algunos indicadores.

Indicador	Fertilización química	Fertilización orgánica
Origen de insumos	Materias primas provienen principalmente de yacimientos mineros (fuente no renovable)	Nutrientes contenidos en los materiales orgánicos son originarios del mismo suelo agrícola
Concentración de nutrientes y humedad	Elevada concentración de nutrientes y baja humedad	Baja concentración de nutrientes y elevados niveles de humedad
Eficiencia como abono y mejorador del suelo	Solubles (disponibilidad rápida) No son considerados mejoradores del suelo	Menos solubles (disponibilidad lenta) Enmienda mejoradora del suelo
Facilidades de manejo y costo	Facilidad de transporte, aplicación y manejo Menor costo	Mayor mano de obra, transporte, aplicación y manejo, por lo que aumenta su costo

Fuente: Elaborado en base a información del Congreso Agronómico Nacional y de Recursos Naturales de San José, Costa Rica (Cubero y Vieira, 1999).

Como se ve en el Cuadro 4, la fertilización química posee mayor solubilidad, lo que permite que los nutrientes estén más rápidamente disponibles para las plantas (en condiciones de exceso de agua en el suelo, la mayoría de estos nutrientes son erosionados o lixiviados, contaminando aguas superficiales y subterráneas) a diferencia de la fertilización orgánica que es menos soluble, ya que los nutrientes quedan a disposición de las plantas de manera gradual. Por otra parte, la aplicación de enmiendas orgánicas aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, por lo que reduce las pérdidas por lixiviación (Cubero y Vieira, 1999; Compagnoni y Putzolu, 2001). Por lo demás, se considera mejorador del suelo debido a que mejoran su estructura, lo que ayuda a la infiltración del agua, facilita el crecimiento radical, posibilita mejor aireación y control de la erosión (Cubero y Vieira, 1999). En cuanto a los costos, la fertilización con productos químicos sintéticos es más baja que la fertilización con enmiendas orgánicas. Lo anterior debido a la mayor concentración de nutrientes y baja humedad de los fertilizantes convencionales, lo cual reduce los costos de transporte, de aplicación y manejo. Por otra parte, las enmiendas orgánicas requieren más mano de obra para su fabricación (humus o compost), o para la siembra y manejo, en el caso de abonos verdes. Además, por su mayor volumen de agua y baja concentración de nutrientes existen costos mayores de transporte, aplicación y manejo para las enmiendas orgánicas (Cubero y Vieira, 1999).

Al realizar aplicaciones de fertilizantes inorgánicos, se incorporan elementos nutricionales necesarios para un cultivo, sin embargo, las cantidades de nutrientes contenidas en estas no son constantes. Por lo anterior, las dosis deben ser ajustadas para cada especie y su requerimiento particular en base a la concentración de los elementos (generalmente N, P y K) presentes en la enmienda. Si las dosis de fertilizantes no son ajustadas a la demanda del cultivo, existe el riesgo de daño medioambiental por dosis excesivas, principalmente de N y P (Cherney et al., 2002; Hirzel y Salazar, 2016).

Por estas razones, la agricultura orgánica resulta ser un sistema más amigable con el cultivo, pero también con el medio ambiente, ya que al adoptar este tipo de agricultura se logra reducir la cantidad de residuos producidos en los predios y hogares, reutilizándolos de manera sustentable. En Chile una persona genera aproximadamente 1,25 kilos de basura diariamente y el 50% corresponde a residuos orgánicos que terminan en rellenos sanitarios (MMA, 2018), por lo que la fabricación de enmiendas orgánicas con este tipo de residuos vegetales, disminuirían las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que se producen en los rellenos sanitarios por procesos de degradación anaeróbica (MMA, 2018). De aquí, la posibilidad de usar este tipo de fertilizaciones como fuente de nutrientes para las plantas y la vez tener efectos más interesantes como aumentar la salud biológica del suelo de forma sustentable a partir de preparados que usan como materia prima los residuos orgánicos (Gopinath et al., 2010).

Sin embargo, la mayor parte de la producción de hortalizas y otros rubros se obtienen bajo un modelo de agricultura intensiva, haciendo uso de aplicaciones excesivas de insumos químicos

(Reyes et al., 2017). El Cuadro 5 muestra la superficie total de hectáreas con cultivos bajo certificación orgánica durante el año 2017.

Cuadro 5. Superficie agrícola cultivada certificada orgánica según rubro productivo.

Rubro	Hectáreas
Recolección silvestre	116.136
Uva vinífera	3.063
Frutales menores	2.478
Frutales mayores (sin uva vinífera)	2.916
Praderas	1.621
Plantas medicinales y aromáticas	260
Hortalizas	499
Cereales	180
Semillas y plantines	34
Sin uso productivo	4.788
TOTAL	131.974

Fuente: Elaborado en base a información disponible en Servicio Agrícola y Ganadero (ODEPA, 2017).

A pesar de que la certificación orgánica es representada en su mayoría por la recolección silvestre, la agricultura orgánica ha tenido un crecimiento importante a nivel mundial desde el año 2000 en adelante, contando con un mayor número de países que adoptan este manejo agrícola más sustentable (SAG, 2018).

2.3 Humus de lombriz

El humus es el producto de la ingesta de restos orgánicos (residuos vegetales y estiércol) previamente compostados por lombrices. La lombriz usada para este propósito es generalmente *Eisenia foetida* o lombriz californiana. Esta lombriz posee rápida reproducción y gran capacidad para transformar abonos orgánicos en humus (SAG, 2013). El sustrato digerido por las lombrices es una mezcla de material vegetal mezclado con estiércol animal el cual es compostado durante 3 a 5 meses. El compostaje es un proceso de descomposición aeróbica en condiciones controladas de aireación y humedad, donde participan bacterias, hongos y actinomicetos. El compost producido sirve de alimento para las lombrices, consiguiendo un humus estable en 8 a 10 meses (Nahed et al., 2009; Yugsi, 2011).

Este humus obtenido por la digestión de lombrices es considerado uno de los abonos de mayor calidad, permitiendo reducir significativamente el uso de fertilizantes convencionales y puede

satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero (SAG, 2013). Este biofertilizante se puede utilizar para diferentes cultivos y plantas. Se puede agregar sobre camellones o camas altas, en surcos de siembra y/o maceteros. También sirve de manera eficiente para hacer almacigueras (SAG, 2013).

2.3.1. *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana)

La lombriz es un anélido que pertenece a la clase de los Oligoquetos y a la familia de Lombrícidos, que agrupa a una decena de especies (todas de hábitos terrestres). Entre ellas, la *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana), resulta ser la variedad más productiva y fácil de introducir en cultivos intensivos para la producción de humus (Compagnoni y Putzolu, 2001).

Eisenia foetida vive aproximadamente 16 años, pesa 1 gramo y puede alcanzar un tamaño de 6 a 10 cm. Posee 5 corazones, 6 pares de riñones y 182 conductos excretores. Se puede alimentar de cualquier tipo de residuo orgánico y su aparato digestivo humifica en pocas horas lo que tarda años la naturaleza, expulsando un 60% de la materia orgánica después de su digestión (Brechelt, 2004; Compagnoni y Putzolu, 2001). Además, pueden vivir y reproducirse en cualquier ambiente, con un mínimo de humedad, por lo que se encuentran fácilmente en cualquier parte del mundo, a excepción de climas extremos (Brechelt, 2004).

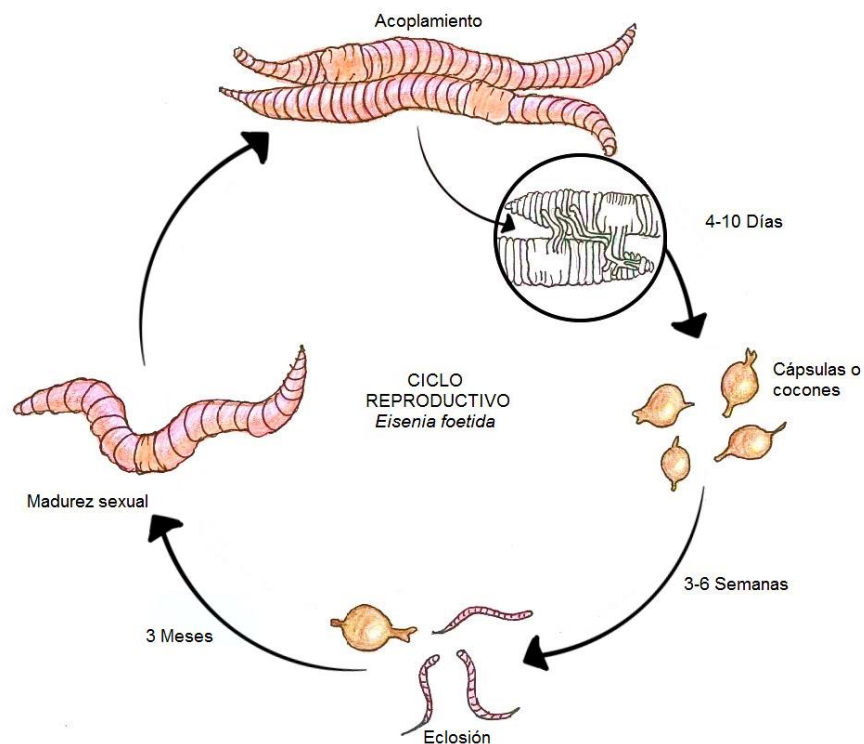


Figura 2. Ciclo de vida de la *Eisenia foetida*. Fuente: Elaboración propia.

Esta lombriz es hermafrodita (dotadas de órganos sexuales masculinos y femeninos), pero son incapaces de autofecundarse, por lo que se reproducen por fecundación cruzada. Madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida. Cuando ya es adulta, es capaz de tener 1.500 crías en un año, se aparea y deposita un cápsula (cocoon) cada 7 a 14 días, estos contienen de 2 a 20 huevos y eclosionan pasados los 21 días (Figura 2) (Brechelt, 2004; Compagnoni y Putzolu, 2001).

2.3.2 Efecto de la aplicación de humus al suelo, influencias en sus propiedades y características

La obtención de productos a través de la acción de las lombrices tiene un efecto sobre el suelo, alterando sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Esta última propiedad es modificada ya que las lombrices en el suelo favorecen al aumento de biomasa del suelo, por lo tanto, proliferan microorganismos benéficos que se alimentan de mucoproteínas liberadas y producidas por las lombrices (Sellés et al., 2006; Brechelt, 2004). Mejoran la fertilidad química debido a que las lombrices participan activamente en el ciclo del nitrógeno y sus deyecciones incrementan las bacterias fijadoras de este elemento (Sellés et al., 2006; Ríos y Calle, 1994). Por otro lado, aumentan la mineralización y reducen la inmovilización del N (Ríos y Calle, 1994).

Las condiciones físicas del suelo son modificadas por el humus mejorando la estructura y la infiltración de agua, disminuyendo la compactación del suelo, además existen poros más grandes en el suelo, mejorando su aireación. En consecuencia, la adición de humus de lombriz favorece consistentemente la disponibilidad de nutrientes existentes en el suelo (Sellés et al., 2006; Amachuy, 2013). Ya que, su aplicación aumenta el contenido de los macronutrientes N, P y K, los cuales permiten obtener mejores rendimientos en el cultivo (Amachuy, 2013).

Este producto orgánico posee partículas finas que pueden formar parte de la materia coloidal del suelo, entregándole alta porosidad, aireación y buen drenaje al suelo. De esta forma, se impide la formación de una costra superficial en los suelos arcillosos, facilitando la infiltración de agua y logrando la conservación de humedad en el suelo. También posee pH neutro, una CIC alta y altos contenidos de ácidos fúlvicos y húmicos totales, siendo estos últimos capaces de liberar de forma rápida los nutrientes asimilables por las plantas (Ndegwa y Thompson, 2000; García et al., 2010; Tenecela, 2012). En el Cuadro 6 se muestra la composición química del humus.

Cuadro 6. Nutrientes y elementos presentes en un análisis de Humus de Lombriz.

Elemento o parámetro medido	Unidad	Rango
pH	–	6,8 – 7,2
MO	g 100 g ⁻¹	30 – 50
CO	g 100 g ⁻¹	8,7 – 38,8
N	g 100 g ⁻¹	1,5 – 3,35
Cenizas	g 100 g ⁻¹	27 - 67
P	mg kg ⁻¹	700 – 2.500
K	mg kg ⁻¹	4.400 – 7.700
Ca	g 100 g ⁻¹	2,8 – 8,7
Mg	g 100 g ⁻¹	0,2 – 0,5
Mn	mg kg ⁻¹	260 – 576
Cu	mg kg ⁻¹	85 – 404
Zn	mg kg ⁻¹	87 – 404
CIC	meq 100 g ⁻¹	150 – 300
Relación ácidos húmicos/fúlvicos	–	1,43 – 2,06
Flora microbiana	Millones g ⁻¹ de suelo seco	20.000 – 50.000
Humedad	g 100 g ⁻¹	30 – 60

Fuente: Elaborado en base a información disponible en Tesis de Grado de Alicia Amachuy y Boletín INIA N° 140 (Amachuy, 2013; Sellés et al., 2006). MO: materia orgánica; CO: carbón orgánico; CIC: capacidad de intercambio catiónico.

2.3.3 Efecto de la aplicación de humus en hortalizas

El humus de lombriz es un abono ecológico que es demandado por el mercado de la horticultura orgánica, debido a que aumenta la producción y sustentación, incrementa el tamaño de los frutos, mejora los índices de cuaja, incrementa el contenido de azúcares en los frutos y contiene los nutrientes disponibles para las plantas, aumentando la fertilidad del suelo sin contaminarlo (Blanco, 2019; Compagnoni y Putzolu, 2001; Beltrán et al., 2016; Méndez et al., 2012). Los atributos mencionados hacen del humus un producto de excelencia para la fertilización de hortalizas (SAG, 2013; Compagnoni y Putzolu, 2001; Castillo et al., 1999).

Reyes et al. (2017), señalan que aplicaciones de humus de lombriz a plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) estimulan el desarrollo sobre las variables de crecimiento y de producción, debido a su aporte de macro y micronutrientes que favorecen su desarrollo. Por otro lado, Aguilera (2009) indica que las plantas de rábano obtienen mayor altura al aplicar extractos de humus de lombriz al suelo. Amachuy (2013) concluyó que al aplicar humus al cultivo de acelga (*Beta*

vulgaris) incrementa su rendimiento, recomendando hacer aplicaciones de humus consecutivamente después de cada cosecha, ya que realizar aplicaciones solamente al inicio, podría no resultar suficiente para otros cultivos. Además, plantas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) cultivadas en maceta con humus obtuvieron altos rendimientos y un mayor desarrollo (altura de la planta, mayor número, longitud y ancho de la hoja y mayor peso fresco) (Blanco, 2019). Así mismo, la adición de humus de lombriz mejoró el crecimiento (altura de la planta, diámetro de tallo y número de hojas) en plantas de maíz (*Zea mays*) (Pérez et al., 2012). Además, Méndez et al. (2012), demostraron efectos positivos del humus sobre el rendimiento del grano de maíz, ya que obtuvo el valor más alto en el peso de grano en comparación a fertilizantes químicos y el tratamiento sin dosis de humus.

Por otro lado, Singh et al. (2010) señalan que hacer aplicaciones de lixiviados de humus de lombriz se obtienen mayores rendimientos en el cultivo de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch) teniendo una fruta con mayor firmeza, color atractivo y atributos de buena calidad, además, se redujo la incidencia de moho gris y trastornos fisiológicos como el albinismo y la malformación. También, Hernández et al. (2014) indica que la aplicación foliar de sustancias húmicas proveniente del humus de lombriz promovió los rendimientos de la lechuga orgánica (*Lactuca sativa* L.), acelerando el ciclo de producción.

2.3.3.1 Efecto de la aplicación de humus en pimentón (*Capsicum annum* L.)

Fortis et al. (2012), señalan que el uso y la aplicación de sustratos orgánicos como el humus de lombriz en pimentón de invernadero incrementaron la presencia de nitratos y amonio, lo que indica que el N estuvo disponible para el cultivo. Además, en el mismo estudio se registraron altos contenidos de MO en el suelo y un valor de pH entre 7 y 8, por lo que se concluyó que este tipo de sustrato orgánico es una alternativa viable ya que se obtienen rendimientos aceptables. Reyes et al. (2017), concluyeron que las aplicaciones de abonos orgánicos como humus de lombriz + jacinto de agua favorecían el largo y diámetro del tallo de pimentón, como también, un mayor peso de los frutos en las cosechas más tempranas en comparación con el tratamiento con fertilización química convencional. Además, Ríos (2015) comparando entre tres dosis de humus crecientes y un tratamiento testigo (sin dosis de humus), concluyó que el nivel más alto de humus resultó ser el más precoz con respecto al tiempo de fructificación del pimentón, al igual que en floración, lo que quiere decir que el humus de lombriz acorta los días a cosecha.

2.3.4 Importancia económica del humus de lombriz

El humus es un producto derivado de procesos orgánicos, ofreciendo una serie de beneficios al ser incorporado al suelo como; mejorar la estructura del suelo, favorecer la capacidad de

retención de agua, aportar nutrientes y restaurar la actividad biológica del suelo. Por estas características, el humus posee una importante demanda en el mercado, lo cual ha resultado en continuas y crecientes aplicaciones en áreas de la agricultura, horticultura y jardinería (Compagnoni y Putzolu, 2001).

Existe un problema a nivel mundial que consiste en la eliminación de residuos urbanos y agroindustriales, la mejor solución que se ha encontrado para soslayar este inconveniente es seleccionar los desechos y generar un producto orgánico con la ayuda de las lombrices. El resultado es un fertilizante de gran importancia económica, que tiene grandes posibilidades de comercialización en todo el mundo, donde su calidad es el factor crucial para obtener el mejor precio en el mercado (Tenecela, 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC) y en la Estación Experimental “Panguilemo”, ambos pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca, campus Lircay, Talca. La estación experimental está ubicada en Panamericana Sur, 7 km al norte de Talca, Región del Maule, Chile (punto de referencia, aeródromo de Panguilemo 35° 22' 40" S, 71° 36' 05" W).

3.2 Establecimiento del ensayo y aplicación de humus

Este ensayo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de tres dosis de humus sobre el crecimiento y calidad de pimentón. Para alcanzar este objetivo se diseñó un ensayo con dosis crecientes de humus aplicadas a un suelo. Las dosis utilizadas fueron aplicadas en forma equivalente a: 7,5; 15; y 30 ton de humus ha⁻¹.

Para el llenado de las macetas, se determinó la humedad del suelo y del humus de lombriz (79 % y 39% respectivamente). Con esta información se procedió a calcular la cantidad de suelo en base seca que debían contener las macetas y la dosis equivalente de humus. Todas las dosis fueron calculadas asumiendo una densidad aparente del suelo de 1,2 g cm⁻³. Las dosis equivalentes de humus fueron: 3,125; 6,25 y 12,5 g kg⁻¹ de suelo.

Se determinaron las propiedades químicas y físicas del suelo como también del humus (Cuadro 7 y 8).

Cuadro 7. Composición física y química del humus de lombriz y el suelo utilizado.

	N	P	K	MO	N Total	C Total	pH	Ce dS m ⁻¹
	%							
Humus	0,83	0,32	0,53	27,2	-	15,1	7,7	2,40
	mg kg ⁻¹							
	8300	3200	5300	-	-	-	-	-
Suelo	10	18	180	1,015	0,024	0,500	6,37	0,096

Fuente: Elaborado en base a información disponible en Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC, 2020).

Cuadro 8. Análisis textural del suelo utilizado.

Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase estructural
48,70	20,00	31,30	Franco Arcillo Arenoso

Fuente: Elaborado en base a información disponible en Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyC, 2020).

El suelo utilizado fue adquirido del fundo Las Lomas, ubicado en la comuna de San Clemente, Talca, Región del Maule, correspondiente a la serie Talca, orden Alfisol (CTSyC, 2020). El suelo ha estado durante las últimas tres temporadas bajo monocultivo de maíz. Por otro lado, el humus utilizado en este ensayo fue producido por la empresa “Tierra Nueva”, ubicada en el huerto “El Maitén” en el sector de Sarmiento en la comuna de Curicó, Región del Maule. La enmienda lleva como nombre “ORIGEN-HUMUS” y fue elaborado a partir de desechos vegetales compostados en un proceso aeróbico con aireación mecanizada, controles de temperatura y humedad. El material resultante es posteriormente digerido por lombrices rojas californianas. Finalmente termina en un producto balanceado, rico en nutrientes y microflora, que proporciona una fácil disponibilidad de nutrientes para los cultivos (Origen-Humus, 2018).

Previo a la aplicación de humus al suelo, este fue tamizado a una fracción de tamaño entre 1 a 2 mm. Se prepararon dos sets de macetas, aquellas usadas para hacer crecer las plantas de pimentón y otro conjunto para evaluar el efecto de la aplicación del humus en el suelo. Para evaluar el efecto del humus sobre el crecimiento de las plantas se usaron macetas de 12 L y para la evaluación del efecto aislado de la aplicación de humus al suelo (incubación), macetas de solo 1 L. Las macetas de 12 L y las de 1 L fueron llenadas con suelo y con dosis de: 3,125; 6,25 y 12,5 g de humus por kg de suelo. La dosis de humus fue mezclada homogéneamente con el suelo. Para asegurar esto, se incorporó la mitad del suelo y se revolvió con la dosis de humus hasta homogeneizar la mezcla (Cuadro 9). Finalmente, se agregó la mitad restante de suelo, hasta llenar la maceta para finalmente mezclar nuevamente. Este procedimiento se repitió para cada una de las macetas, disponiéndolas finalmente dentro de un invernadero durante 2 días hasta el momento del trasplante del pimentón.

Cuadro 9. Dosis de humus utilizado para incubar el suelo en macetas y total de repeticiones por tratamiento.

Dosis (ton humus/ha ⁻¹)	Repeticiones por tratamiento	Nº bloques
Dosis 1: 7,5		
Dosis 2: 15	5	2
Dosis 3: 30		

Nº total de muestras: (3 dosis x 5 réplicas) + 5 réplicas del suelo control sin adición de humus (total 4 tratamientos) x 2 bloques (con plantas y sin plantas) = 40 muestras.

3.3 Evaluación de la mineralización del humus

Para evaluar la mineralización del humus de lombriz en el suelo, se procedió a determinar la concentración de N, P, K (mg kg⁻¹), MO (g 100 g⁻¹), pH y CE (dS m⁻¹), en tres momentos tras la adición: 40, 81 y 121 días. Se entenderá como incubación al periodo de reacción del humus con suelo húmedo a capacidad de campo, mantenidos al interior de un invernadero, aunque sin control de la temperatura. Para la determinación de los parámetros mencionados, se obtuvo una muestra desde las macetas sin plantas y fueron dispuestas en bolsas plásticas, rotuladas y enviadas al laboratorio del Centro Tecnológico de Suelo y Cultivos (CTSyC) de la Universidad de Talca para su análisis.

3.4 Evaluación de la aplicación de humus al suelo sobre el crecimiento y absorción de nutrientes en pimentón

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto de la aplicación de humus al suelo sobre el crecimiento y absorción de nutrientes en pimentón. Para esto, se realizó la aplicación de dosis equivalentes a 7,5; 15 y 30 ton de humus ha⁻¹ en macetas de 12 L con suelo. La cantidad equivalente de humus correspondió a: 3,125; 6,25 y 12,5 g de humus por kg de suelo seco. Previo a la aplicación al suelo, el humus fue tamizado en la fracción de 1 a 2 mm. El período entre la aplicación del humus y el crecimiento de las plantas de pimentón hasta frutos maduros fue de 5 meses. Para la mezcla del suelo con el humus, se dispuso la mitad del suelo en la maceta y se mezcló homogéneamente con la dosis de humus, seguidamente se mezcló con el resto del suelo, hasta completar la cantidad de suelo por maceta. Finalmente se dispuso la plántula de pimentón, haciendo un agujero dentro de la maceta, acomodando la plántula hasta lograr la estabilidad de esta.

A medida que se desarrollaba la planta, se procedió a medir los siguientes parámetros:

- Materia seca producida por la planta (hojas, tallo, raíz)
- Concentración de nutrientes en cada órgano de la planta
- Determinación de la clorofila en hojas
- Altura de la planta y diámetro del tallo
- Nº de frutos por planta

3.4.1 Material vegetal y trasplante

Se trabajó con plantas de pimentón de la variedad Correntín, obtenidas de la empresa Hortiperez, Pelarco. Se obtuvieron plántulas en almacigueras y una vez que estas tuvieron de 3 a 4 hojas verdaderas fueron trasplantadas a las macetas durante la primera semana de septiembre. Se plantó una planta por maceta, para priorizar su correcto crecimiento y aprovechamiento del espacio.

3.4.2 Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma mecánica, removiendo manualmente las plantas a medida que emergían del suelo. Se utilizaron herramientas como palas y rastrillos pequeños acordes al tamaño de la maceta.

3.4.3. Riego

Por último, se diseñó un sistema de riego por goteo para que cada maceta recibiera un gotero, adecuándolo a la cantidad y distancia de estas. Se regó día por medio durante una hora, en el período de septiembre a noviembre, ya que la planta se encontraba en estado vegetativo, por lo que poseía menos necesidades de agua. Por otro lado, en el período de diciembre a enero, debido al incremento de demanda de agua por las plantas (floración y fructificación), la frecuencia y el tiempo de riego fue de 1 h al día.

3.4.4 Diseño experimental

Para evaluar el ensayo en macetas se realizó un diseño de bloques al azar, con los tratamientos y dosis según se muestra en la Figura 3.

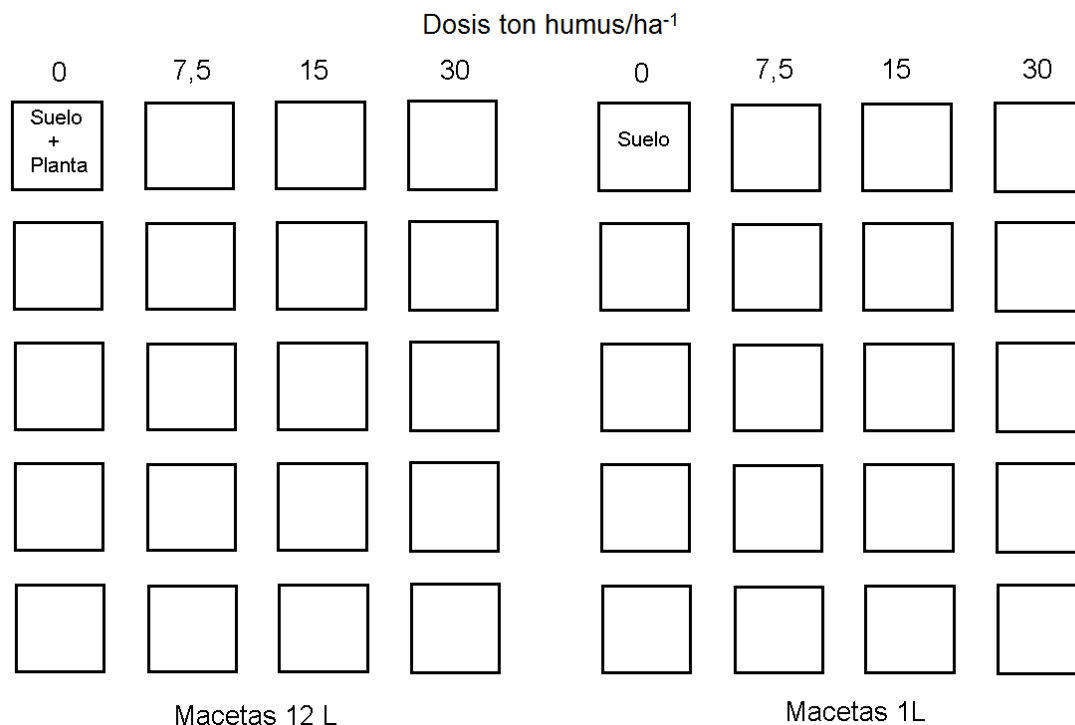


Figura 3. Diseño experimental utilizado en el ensayo de pimentón. El diseño contempló dos bloques: con plantas y sin plantas. Ambos bloques con tres dosis de humus y un control sin fertilizar (cuatro tratamientos). En el caso del bloque con plantas, las macetas usadas tenían 12 L, mientras en el bloque sin plantas, las macetas eran de 1 L.

3.4.5 Toma de muestra de plantas

Se realizaron tres tomas de muestra de plantas: 1) al momento de floración; 2) al momento de obtener frutos maduros verdes y; 3) al momento de obtener fruto maduro rojo. En cada muestreo se eligieron cinco plantas, las cuales fueron retiradas desde las macetas con la ayuda de una pala para extraer la mayor cantidad de raíces. El primer muestreo se realizó el 6 de noviembre, el segundo el 17 de diciembre y el último muestreo se realizó el 27 de enero. En todos los muestreos las raíces fueron lavadas para desprender el suelo adherido a ellas. Una vez limpias y secas, las plantas fueron separadas en hojas, tallos y raíces, y se determinó el peso seco de cada órgano. El peso seco se determinó luego de mantener los órganos en una estufa de aire forzado a 65°C hasta alcanzar peso constante.

3.4.6 Determinación de clorofila en la planta

A las plantas de pimentón se les determinó la cantidad de clorofila presente en las hojas. Este procedimiento se llevó a cabo con el instrumento Minolta SPAD-502 Plus®, el cual proporciona la cantidad relativa de clorofila que poseen las hojas. En este sentido, este instrumento evalúa cuantitativamente la intensidad del verde en la hoja, midiendo las transmisiones de luz a 650 nm, donde ocurre la absorción de luz por la molécula de clorofila. Permite entonces, mediciones instantáneas del valor correspondiente al contenido en la hoja, sin destruirla, determinando un índice SPAD o índice relativo de clorofila, que normalmente está correlacionado con la condición nutricional de la planta, por lo tanto, se puede utilizar para determinar el momento en el cual es necesario hacer una aplicación adicional de fertilizante nitrogenado, ya que identifica la deficiencia de este elemento (Cunha et al., 2015). Todas las mediciones se realizaron en hojas adultas de una misma posición en el dosel, pero no senescentes. Se realizaron dos repeticiones en hojas distintas de la misma categoría y planta para confirmar el resultado medido.

3.4.7 Determinación de altura y diámetro de la planta

Para determinar la altura de la planta se usó una regla metálica de 30 cm. Se midió desde el nudo que limita la parte radicular de la planta con el tallo hasta el ápice de crecimiento de la planta, con una frecuencia de 1 vez por semana. Para la medición de diámetro, se utilizó un pie de metro y se midió el diámetro del tallo desde el momento de la primera bifurcación que presentó la planta, por lo que se realizaron seis mediciones hasta que comenzó a formarse la segunda bifurcación característica del crecimiento de esta especie.

3.4.8 Determinación de la concentración de nutrientes en la planta

Para evaluar la concentración de nutrientes en los diferentes órganos de las plantas, se analizaron los tejidos recolectados previamente en cada toma de muestras de plantas. Las metodologías para el análisis foliar corresponden a los procedimientos estándar usados en el laboratorio de análisis de suelos y tejidos vegetales del CTSyC de la universidad de Talca.

3.4.8.1 Determinación de nitrógeno (N) foliar

Para el análisis de N foliar se utilizó el método de Dumas, el cual determina el contenido total de N en una matriz, para esto, la muestra se combustiona a alta temperatura en una atmósfera de oxígeno (Müller, 2017). Para el análisis se pesó 0,1 g de muestra seca y molida en una cápsula de estaño. La muestra en la cápsula de estaño fue combustionada a 900°C en presencia de

oxígeno, convirtiendo los compuestos orgánicos de N en N molecular. Posteriormente la cantidad de N oxidado se midió con un detector de conductividad térmica. Para la medición de N se utilizó el instrumento TruSpec CN.

3.4.8.2 Determinación de fósforo (P) foliar

Para determinar la concentración de fósforo (P) se realizó una calcinación de las muestras y luego se midió la concentración de P en las cenizas por colorimetría en una solución de nitro-vanado-molibdato. Las cenizas fueron diluidas con HCl diluido y se filtró. Se tomó 1 mL de la solución filtrada a la cual se le agregaron 4 mL de nitro-vanado-molibdato, se mezcló y dejó reposar por una hora para el desarrollo de color. La concentración de P en la solución fue determinada por espectrometría con una absorbancia de 466 nm.

3.4.8.3 Determinación de potasio (K) foliar

Para realizar la determinación de K, se usó el método de espectrofotometría de emisión atómica (EEA). Se tomó 1 mL de la muestra y se mezcló con 9 mL de solución de lantano, posteriormente se midió la concentración de K por emisión a 766,5nm, finalmente se calculó la concentración de K de la muestra.

3.5 Análisis estadístico

Los resultados del ensayo se analizaron con el programa estadístico GraphPad Prism® 8. Las diferencias evaluadas entre el tratamiento control y los tratamientos con dosis crecientes de humus para las plantas de pimentón se evaluaron con ANDEVAS de una y dos vías con GraphPad Prism® 8. Para evaluar las medias entre los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los gráficos de este estudio se realizaron con el programa GraphPad Prism® 8.

IV RESULTADOS

4.1 Incubación del suelo con humus

Luego de la aplicación de humus al suelo se observa que la disponibilidad de N a los 40 días después de la incubación fue muy alta, sin embargo, tiende a decrecer a medida que transcurre el tiempo. Posteriormente, a los 81 días y hasta la tercera medición (121 días después de la incubación) permanece constante en el tiempo. Sin embargo, no existen diferencias entre los tratamientos (Figura 4, a). Por el contrario, el P disponible en el suelo aumenta a medida que se incrementa la dosis de humus (Figura 4, b). Del mismo modo, para la disponibilidad de K en el suelo se muestra que aumenta a medida que se incrementa las dosis de humus (Figura 4c). Ambos nutrientes (P y K) se mantienen constantes entre la medición 2 y 3 (Figura 4, b y c). Para P y K existen diferencias significativas entre tratamientos según el análisis de varianza (ANDEVA) de 2 vías (Cuadro 10).

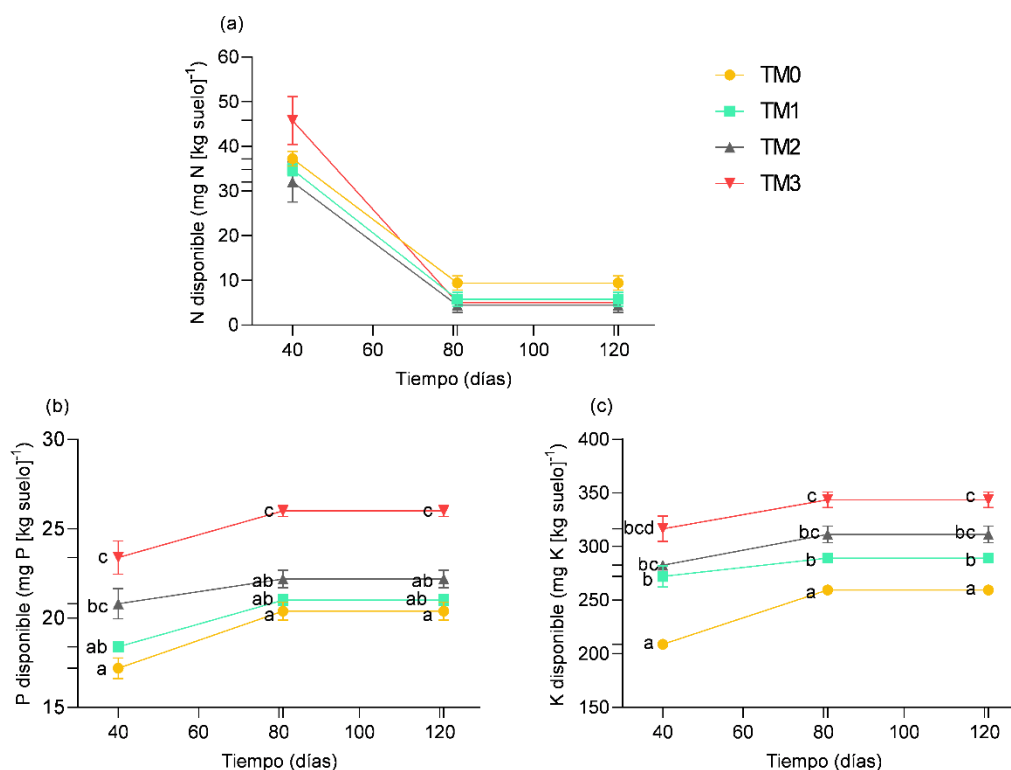


Figura 4. Nutrientes disponibles en el suelo luego de la incubación con dosis de 3, 125 (TM1); 6,25 (TM2) y 12,5 (TM3) g de humus por kg de suelo: (a) Nitrógeno (N); (b) fósforo (P), y; (c) potasio (K). TM0, indica el suelo control. Letras distintas indican diferencias entre tratamientos en un determinado momento (ANDEVA de 2 vías, $p < 0,05$). Comparaciones múltiples por la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Cuadro 10. Efecto del tiempo y el tratamiento sobre la disponibilidad de N, P y K en el suelo luego de la incubación con dosis de 3,125 (TM1); 6,25 (TM2) y 12,5 (TM3) g de humus por kg de suelo.

Fuente de variación		% de la variación total	Valor P	Resumen valor P
Interacción tiempo x tratamiento		2.652	0.0074	**
N	Tiempo	85.55	<0.0001	****
	Tratamiento	1.823	0.2286	ns
Interacción tiempo x tratamiento		1.265	0.4531	ns
P	Tiempo	17.76	<0.0001	****
	Tratamiento	65.88	<0.0001	****
Interacción tiempo x tratamiento		2.180	0.1286	ns
K	Tiempo	13.81	<0.0001	****
	Tratamiento	72.19	<0.0001	****

** , ****, indican significancias con valor $p < 0,01$ y $0,0001$ respectivamente.

Cuadro 11. Variación de la concentración para N, P y K luego de la aplicación de tres dosis de humus de lombriz al suelo.

T (días)	Concentración en el suelo antes de la incubación de humus (mg kg ⁻¹)											
	N				P				K			
0	10				18				180			
Concentración en el suelo luego de la incubación												
	D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3	D0	D1	D2	D3
40	37.2	34.8	32	45.8	17.2	18.4	20.8	23.4	208.8	272.2	282.6	316.6
81	9.4	5.8	4.4	5	20.4	21	22.2	26	259.4	289.2	311.4	343.6
121	9.4	5.8	4.4	5	20.4	21	22.2	26	259.4	289.2	311.4	343.6
Diferencia de la concentración de dosis aplicadas con relación al suelo sin aplicación												
40	-	-2.4	-5.2	8.6	-	1.2	3.6	6.2	-	63.4	73.8	107.8
81	-	-3.6	-5	-4.4	-	0.6	1.8	5.6	-	29.8	52	84.2
121	-	-3.6	-5	-4.4	-	0.6	1.8	5.6	-	29.8	52	84.2

El Cuadro 11 muestra la variación de la concentración de N, P y K después de 40, 81 y 121 días desde la aplicación de diferentes dosis de humus al suelo (D1, D2 y D3) en relación al suelo sin aplicación de humus (D0).

Para N, la concentración disminuye en el tiempo, disminuyendo entonces la disponibilidad para la planta. Mientras que para P la concentración se incrementa a medida que transcurre el tiempo y la dosis aumenta.

En el caso de K, aumentó a medida que la dosis era mayor. Por ejemplo, luego de la aplicación de la dosis de humus más alta, la concentración de K fue de 316,6 mg kg⁻¹ de suelo, mientras que para la dosis más baja fue de 272,2 mg kg⁻¹ de suelo, en ambos casos tuvieron un aumento del nutriente mayor a 60 mg kg⁻¹ gracias a la adición de humus. Esto muestra que el humus de lombriz tiene un efecto en el suelo, independiente de la cantidad adicionada, concordando con la Figura 4.

4.2 Evaluación de la aplicación de humus al suelo sobre el crecimiento y absorción de nutrientes en pimentón

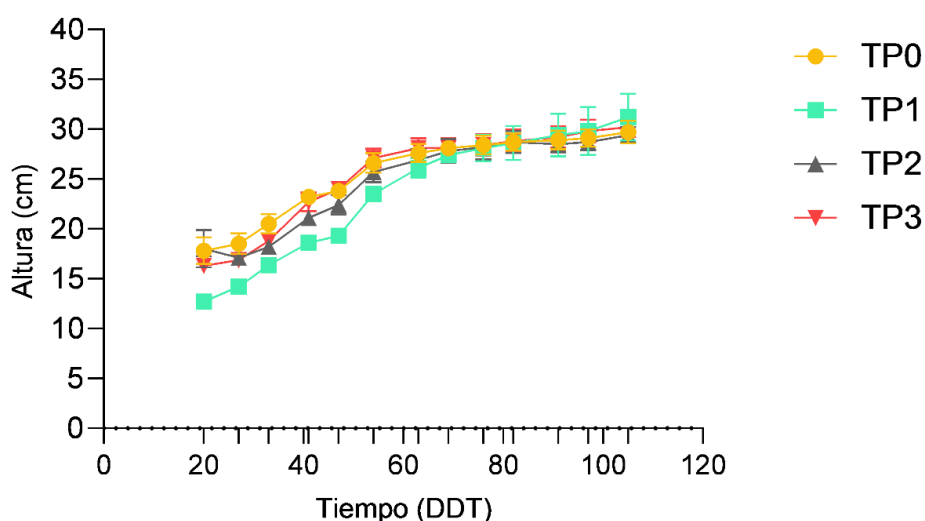


Figura 5. Evolución de la altura de la planta de pimentón a través del tiempo luego de la aplicación de humus al suelo en dosis de 3,125 (TP1); 6,25 (TP2) y 12,5 (TP3) g kg de suelo⁻¹.

Cuadro 12. Efecto del tiempo y el tratamiento sobre la altura de la planta de pimentón.

Fuente de variación	% de la variación total	Valor P	Resumen valor P
Interacción tiempo x tratamiento	2.989	<0.0001	****
Tiempo	79.56	<0.0001	****
Tratamiento	1.987	0.3399	ns

****, indica significancia con valor p<0,0001.

Al analizar la altura de la planta a través del tiempo se observa que los tratamientos tienen un crecimiento continuo y rápido hasta los 54 DDT. Luego el crecimiento es más lento en los siguientes días, sin embargo, el tratamiento TP1 tuvo un crecimiento inicial más lento que el resto, pero obtiene una altura mayor al término del ensayo. Los demás tratamientos tuvieron un

comportamiento similar en cuanto al crecimiento, teniendo en cuenta que las plantas estaban contenidas en macetas, por lo que su crecimiento estaba limitado por estas (Figura 5). Por otro lado, la ANDEVA de 2 vías indica que para la altura no hay diferencias entre los distintos tratamientos a través del tiempo. Además, uno de los tratamientos (TP1) interactúa con el tiempo (aproximadamente el día 82) (Cuadro 12).

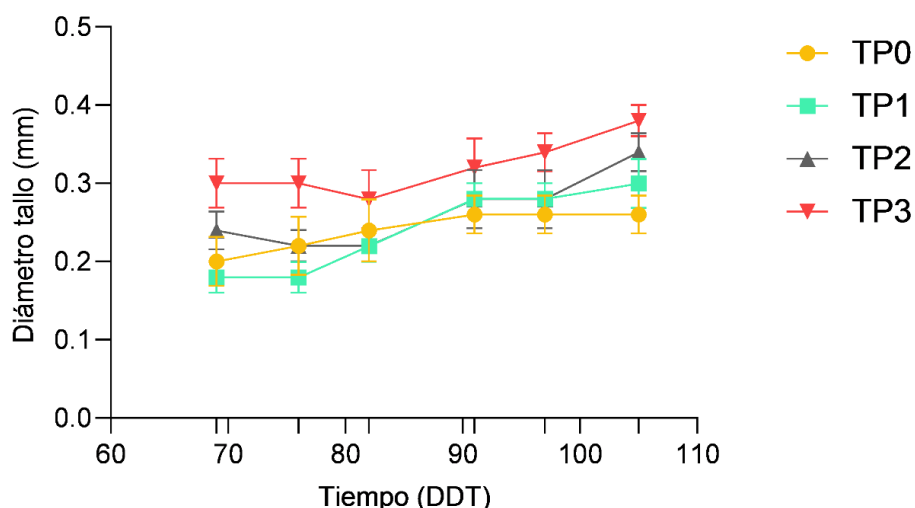


Figura 6. Diámetro de los tallos secundarios de la planta de pimentón luego de la bifurcación durante el ciclo de crecimiento luego de la aplicación de humus de lombriz en dosis de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg de suelo⁻¹.

Cuadro 13. Efecto del tiempo y el tratamiento sobre el diámetro de los tallos secundarios del pimentón luego de la bifurcación.

Fuente de variación	% de la variación total	Valor P	Resumen valor P
Interacción tiempo x tratamiento	4.530	0.1263	ns
Tiempo	20.64	<0.0001	****
Tratamiento	18.59	0.0990	ns

****, indica significancia con valor $p < 0,0001$.

Por otro lado, se observa que el diámetro de los tallos secundarios de las plantas fue en aumento a medida que transcurrió el tiempo. El tratamiento con la adición más alta de humus presentó consistentemente un diámetro mayor a través de todo el período de crecimiento (Figura 6). Sin embargo, según datos de la ANDEVA de 2 vías, no existe diferencia entre tratamientos (Cuadro 13).

En cuanto a la materia seca (MS) producida, se observa que a medida que la planta crece, esta aumenta (toma de muestras 1, 2 y 3 [40, 81 y 121 días después de trasplante (DDT), respectivamente]). Esto se repite tanto para la MS radical, aérea y total (Figura 7). Sin embargo, no existen diferencias significativas con respecto a las dosis aplicadas al suelo, es decir, a medida que aumenta la dosis de humus la materia seca no se diferencia entre tratamientos.

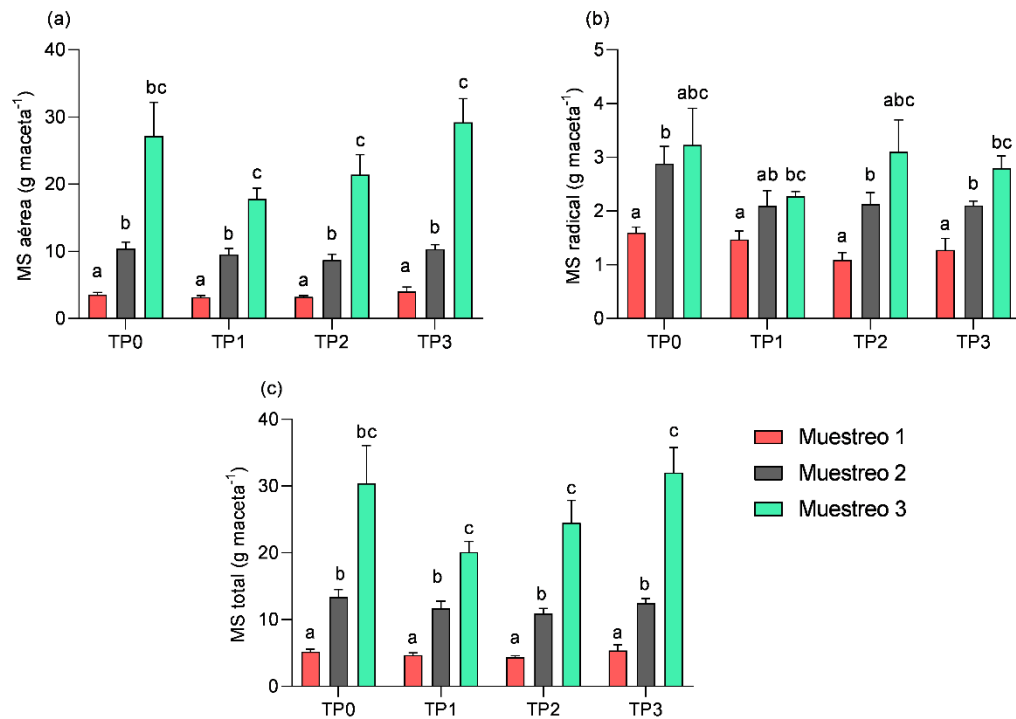


Figura 7. Materia seca (MS) producida por plantas de pimentón luego de la aplicación de humus al suelo en dosis de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg de suelo⁻¹ en tres momentos (40, 81 y 121 días después de trasplante). (a) MS aérea (tallo, hojas, frutos); (b) MS radical, y; (c) MS total. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas entre los tres momentos muestreados dentro de los tratamientos según la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0,05$).

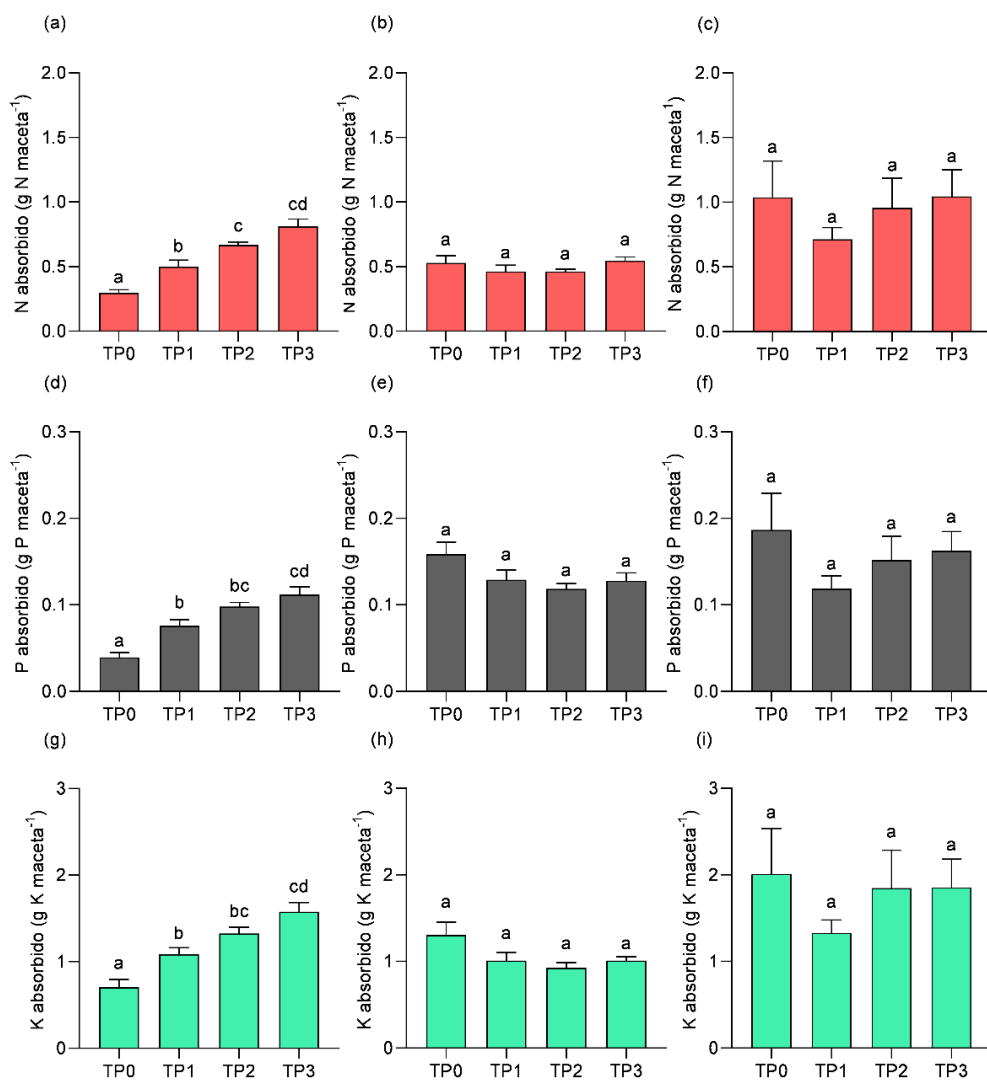


Figura 8. Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) absorbido por la planta de pimentón luego de la aplicación de humus en dosis de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg de suelo⁻¹. (a) N absorbido por la planta de pimentón en la primera fecha de muestreo (40 días DDT); (b) N absorbido en la segunda fecha (81 DDT), y; (c) N absorbido en la tercera fecha (121 DDT). De la misma forma, (d) representa el P absorbido en el primer muestreo; (e) P absorbido en muestreo 2, y; (f) P absorbido en el tercer muestreo. Por último; (g) indica el K absorbido en muestreo 1; (h) K absorbido en el muestreo 2, e; (i) K absorbido en el muestreo 3. Letras distintas sobre las barras indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey (p<0,05).

Al analizar la absorción de N por la planta en el muestreo 1, se infiere que existe un incremento de este nutriente a medida que aumenta la dosis de humus de lombriz al suelo y a través de la separación de medias se infirió que hay diferencias entre los tratamientos control (TP0), dosis de 3,125 (TP1) y dosis de 6,25 (TP2) g kg de suelo⁻¹, mientras que para el tratamiento TP3 (12,5 g

kg de suelo⁻¹) no existe diferencia con el tratamiento TP2 (Figura 8, a). Para el muestreo 2 y 3 no existen diferencias entre tratamientos (Figura 8, b y c).

Para la absorción de P ocurrió algo similar que en la absorción de N. Esto quiere decir que existe un incremento de la absorción de P a medida que aumenta la dosis de humus, con diferencias significativas entre los tratamientos, pero no para TP2 y TP3 (Figura 8d). Para las siguientes tomas de muestras tampoco hubo diferencias (Figura 8e y 8f).

Para el K absorbido por la planta en el primer muestreo, se infiere que aumenta a medida que la concentración de humus se incrementa. Sin embargo, existen diferencias significativas entre los tratamientos TP0, TP1 y TP2, mientras que TP3 es igual al tratamiento TP2 (Figura 8g). Al igual que los nutrientes anteriores, para el muestreo 2 y 3 no hubo diferencias significativas entre tratamientos (Figura 8h y 8i).

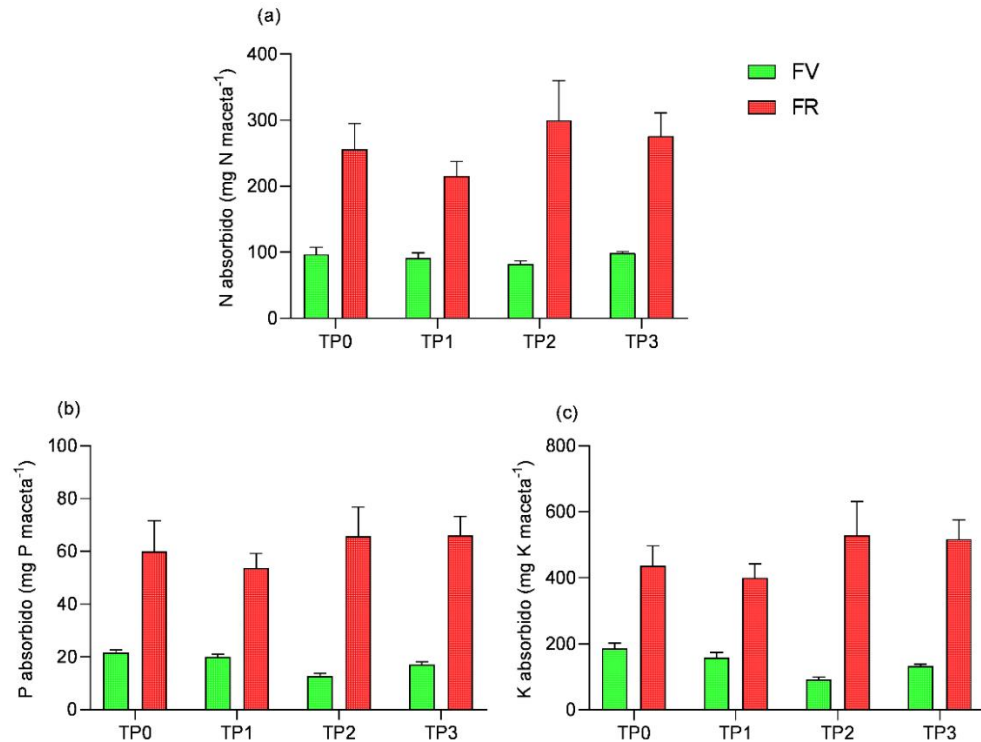


Figura 9. N, P y K absorbido por frutos verdes y rojos de pimentón luego de la adición de humus en dosis de 3,125; 6,25 y 12,5 g kg de suelo⁻¹. (a) N absorbido (mg N maceta⁻¹); (b) P absorbido (mg P maceta⁻¹), y; (c) K absorbido (mg K maceta⁻¹).

Para los nutrientes absorbidos por los frutos, coincide que el N, P y K absorbido es mayor en frutos rojos que en frutos verdes para todos los tratamientos (Figura 9a, b y c). Por otro lado, en el N absorbido para el fruto maduro rojo se encuentran mejores resultados con dosis mayor de humus, en este caso, con dosis de 6,25 y 12,5 g kg de suelo⁻¹ (Figura 9a). Mientras que, para P

y K, se obtienen resultados similares, siendo estas mismas dosis las que obtienen un mayor contenido del nutriente absorbido por los frutos (Figura 9, b y c). En frutos verdes y rojos no se indican diferencias significativas para ninguno de los tratamientos según resultados de la ANDEVA de 2 vías.

Cuadro 14. Número de frutos verdes por planta por tratamiento.

Tratamientos	Frutos totales/planta	Frutos comerciales/planta
Control (0 g kg de suelo ⁻¹)	1,8	0,8
TP1 (3,125 g kg de suelo ⁻¹)	1,6	1,5
TP2 (6,25 g kg de suelo ⁻¹)	1,8	1,3
TP3 (12,5 g kg de suelo ⁻¹)	2	1,6

Al analizar los frutos verdes por planta al aumentar la dosis de humus, en tendencia, aumenta la cantidad de frutos por planta. La dosis mayor de humus tiene la mayor cantidad de frutos. Por otro lado, al eliminar los frutos descarte de cada planta, existe una disminución en los frutos totales por planta, el tratamiento sin adición de humus presentó la mayor cantidad de frutos de descarte, mientras que el tratamiento con mayor cantidad de humus mantiene la mayor cantidad de frutos comerciales por planta (Cuadro 14).

Cuadro 15. Número de frutos rojos por planta por tratamiento.

Tratamientos	Frutos totales/planta	Frutos comerciales/planta
Control (0 g kg de suelo ⁻¹)	1,6	1,2
TP1 (3,125 g kg de suelo ⁻¹)	1,5	0,6
TP2 (6,25 g kg de suelo ⁻¹)	1,4	1,1
TP3 (12,5 g kg de suelo ⁻¹)	1,6	1,3

Al ver el promedio de los frutos rojos por planta, se asemeja a los resultados de los frutos verdes, es decir, la mayor cantidad de frutos comerciales se obtuvo en los frutos con mayor dosis de humus. Además, existe la misma cantidad de frutos totales de TP0 y TP3, sin embargo, el tratamiento control (TP0) posee más frutos descarte entre sus frutos totales que TP3. Así mismo, los tratamientos con dosis menores de humus poseen menos frutos totales que TP3 (Cuadro 15).

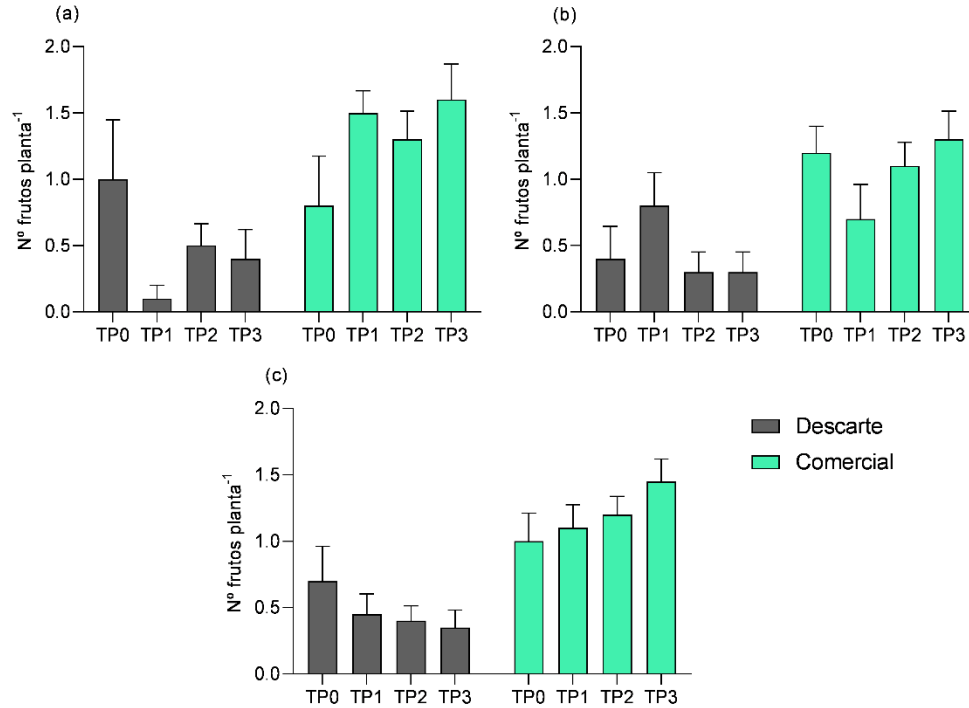


Figura 10. Número (N°) de frutos de pimentón descartados y comerciales en las diferentes dosis de humus. (a) N° de frutos comerciales y descartados en la cosecha 1 (81 DDT); (b) N° de frutos comerciales y descartados en la cosecha 2 (121 DDT), y; (c) N° de frutos descartados y comerciales en ambas cosechas (frutos totales por temporada).

A medida que aumenta la dosis de humus, existe un incremento de los frutos comerciales y una disminución de los frutos de descarte (Figura 10). En la suma de las cosechas, es decir, la cantidad total de frutos cosechados por temporada se observa que a medida que aumenta la dosis de humus en el suelo, existe una mayor cantidad de frutos comerciales en la planta, siendo el tratamiento con la dosis más alta el que consigue la mayor cantidad de frutos comerciales y la menor cantidad de frutos descartados. El tratamiento control (sin dosis de humus), por el contrario, muestra una disminución de los frutos comerciales y un aumento de los frutos de descarte (Figura 10c). No se indican diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los tratamientos según resultados de la ANDEVA de 2 vías.

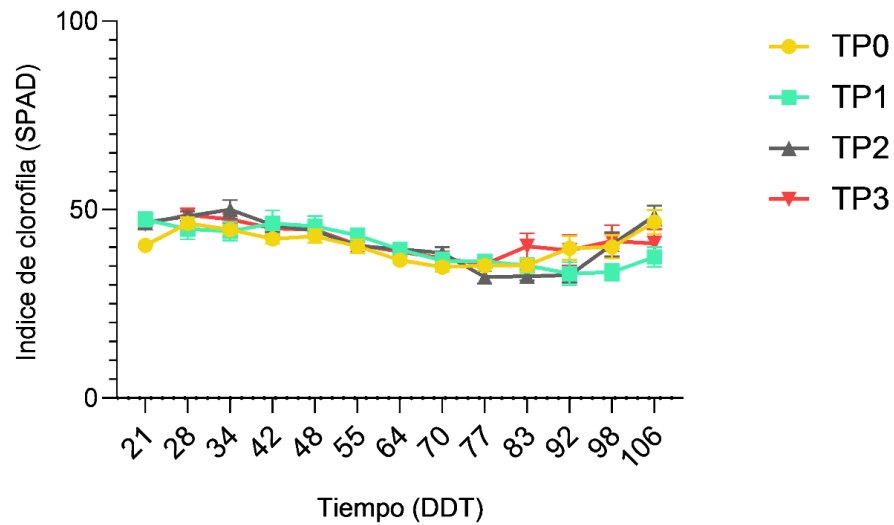


Figura 11. Variación del contenido de clorofila (Unidades SPAD) en las hojas de pimentón a través del tiempo con distintas dosis de humus.

Cuadro 16. Efecto del tiempo y el tratamiento sobre el diámetro del tallo del pimentón.

Fuente de variación	% de la variación total	Valor P	Resumen valor P
Interacción tiempo x tratamiento	7.775	0.0017	**
Tiempo	27.09	<0.0001	****
Tratamiento	0.8466	0.5751	ns

** , ****, indican significancias con valor $p < 0,01$ y $0,0001$ respectivamente.

El contenido de clorofila en las hojas de pimentón se mantuvo constante durante los 21 DDT hasta los 42 DDT entre las 40 y 50 unidades mientras que con el transcurso del tiempo comenzó a decrecer el contenido de clorofila hasta el día 77 después de trasplante. Sin embargo, a partir de ese día comenzó a aumentar nuevamente el contenido de clorofila hasta los 106 DDT. Sin embargo, según la ANDEVA de 2 vías no existen diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 16).

V. DISCUSIÓN

Después de la adición de humus al suelo, la disponibilidad de N estuvo unos días disponible en el suelo y posteriormente disminuyó considerablemente (Figura 4a). Esto se debe a que el N orgánico del suelo no puede ser utilizado por las plantas directamente, para ello debe descomponerse y mineralizarse, este proceso es llevado a cabo principalmente por una gran variedad de microorganismos como bacterias y protozoarios, además de nemátodos, ácaros y hongos, los que aprovechan el N orgánico para usarlo en su desarrollo (inmovilización del N) (Celaya y Castellanos, 2011; Osler y Sommerkorn, 2007). Por esta razón, el N no se encuentra disponibles para el día 40 hasta el 121 (Figura 4a). Por otro lado, estos microorganismos son de gran importancia, ya que actúan como descomponedores y como reservorio de N, que eventualmente se libera con su muerte o depredación de forma gradual (Osler y Sommerkorn, 2007; Castillo, 2015), por lo cual solo una fracción del N está disponible los primeros años después de su aplicación, esto quiere decir que para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, se requiere una mayor cantidad de abono (López et al., 2001).

El N durante el primer año se mineraliza un 11%, mientras que el fósforo se encuentra disponible de un 70 a 80% el primer año y el potasio un 80 a 90% (Heeb et al., 2005). En este ensayo el contenido de P y K disponible en el suelo luego de la incubación del humus aumentó a medida que se incrementaron las dosis de humus. Sin embargo, los niveles de P y K disponibles en el suelo son muy altos, aún con la dosis baja de humus, esto se debió a que el suelo utilizado para este ensayo poseía grandes cantidades de estos nutrientes, sobre todo de K (Cuadro 6). A pesar de ello, estos dos nutrientes aumentaron con las dosis crecientes de humus, lo cual indica que hubo un efecto positivo de la adición de humus de lombriz (Cuadro 11). El incremento de P y K en el suelo es el producto de la disponibilidad de estos en el humus y, probablemente, al efecto de ácidos húmicos que podrían desorber nutrientes desde el suelo, aumentando su disponibilidad (Mindari et al., 2018). Además, Tapia (2019) coincide con que el humus de lombriz puede aumentar la disponibilidad de P y K en el suelo, ya que realizó un estudio en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y ballica italiana (*Lolium multiflorum* L.) para ver el efecto de tres dosis crecientes de humus de lombriz con dos fracciones al suelo sobre el crecimiento de estas dos especies. Su estudio mostró que, al aplicar una mayor dosis de humus, mayor es la disponibilidad de nutrientes, como el N, P y K, por lo tanto, se infiere que no todos los cultivos responden de la misma manera a fertilizaciones orgánicas, ya que, en pimentón, se obtuvo mayor disponibilidad de K que de P, mientras que para N no se obtuvieron resultados similares. El aumento de K se pudo provocar también, por el origen de los sustratos de alimentación de las lombrices para fabricar el humus, ya que Castillo et al. (1999) realizó un ensayo para caracterizar los contenidos químicos y la calidad del humus de lombriz usando dos sustratos diferentes para la alimentación de las lombrices. Utilizó 100% estiércol (T1), desechos vegetales (T2) y la combinación de ambos

en distintas proporciones. Sus resultados mostraron que el contenido de K aumentó con el humus proveniente de residuos vegetales, al igual que el humus fabricado para este ensayo, ya que estos vegetales contienen un elevado contenido de este elemento, por lo que puede facilitar su disponibilidad al hacer aplicados al suelo. Como resultado de la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, ocurrió una absorción de estos (N, P y K) por la planta de pimentón en el primer muestreo, mientras que en los dos siguientes la absorción de estos nutrientes disminuyó. Esto último, se puede explicar por la evolución creciente que posee la planta en su desarrollo vegetativo, aproximadamente desde los 26 DDT, encontrándose los valores máximos a los 54 días DDT, disminuyendo posteriormente hasta recolección (Rincón et al., 2001).

Los resultados de MS mostraron que esta se incrementa a medida que transcurre el tiempo, pero no se debió a las dosis crecientes de humus, ya que los tratamientos no demostraron diferencias significativas. Resultado similar al ensayo realizado por Borges et al. (2014), quienes evaluaron el efecto de tres dosis crecientes de humus de lombriz más un tratamiento con agua destilada (testigo) de manera foliar en mora (*Morus alba* L.). Se concluyó que la MS acumulada en hojas no respondió directamente a las concentraciones de humus, sino que pudo estar asociado a la asimilación de nutrientes a través del sistema radical de la planta.

Con respecto a la fenología del cultivo, al analizar la altura de la planta se obtuvo un crecimiento normal, con un comportamiento similar en todos los tratamientos (Figura 5). Como lo menciona Vidal (2011), los pimentones crecen siguiendo una forma sigmoidea, comenzando con una fase de crecimiento lento (proceso inicial, antes de trasplante), posteriormente continúa una fase exponencial o logarítmica, en donde la planta crece más rápido, predominando la división celular. Luego ocurre una tercera fase donde el crecimiento disminuye, pero no cesa. Por último, hay una fase de crecimiento desacelerado, caracterizándose por ser un proceso con menos capacidad fotosintética hasta que la planta envejece. En el presente ensayo ocurrió desde la fase exponencial, donde la planta generó una gran cantidad de hojas y sus primeras flores, alrededor de los 50 DDT comenzó a ralentizar su crecimiento hasta mantenerse constante (Figura 5) ya que comenzó la producción de frutos (fase reproductiva), y cesó su crecimiento vegetativo. La última fase no se completó en el presente ensayo, ya que las plantas fueron extraídas para los análisis.

En cuanto al diámetro de los tallos secundarios, luego de la bifurcación, los resultados obtenidos muestran que, al fertilizar con la dosis más alta de humus se obtiene un diámetro mayor. Esto último coincide los resultados obtenidos por Canizales et al. (2005) quienes realizaron un ensayo en *Capsicum annuum* L. haciendo aplicaciones de 3 dosis crecientes de humus (90, 120, 150 g por kg de suelo), más un tratamiento testigo con fertilización química. En el estudio se observa que el tratamiento con la dosis mayor de humus de lombriz se obtuvo un promedio mayor en el diámetro del tallo, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos. En presente trabajo, TP3 (dosis

mayor de humus) también resultó con plantas con diámetro del tallo mayor a medida que aumentaban los DDT, manteniéndose por sobre los demás tratamientos (Figura 6). Beltrán et al. (2016) también coinciden con estos resultados, ya que indicó en su ensayo realizado en Chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) con tratamientos de arena + estiércol solarizado (T1), arena + vermicomposta (T2) y un tratamiento testigo (mezcla de arena y perlita), que el tratamiento de vermicomposta con arena tuvo un mayor diámetro del tallo, ya que el aporte nutricional que brindó este sustrato y sus adecuadas propiedades físicas, ofrecieron las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas de Chile jalapeño en comparación a los demás tratamientos.

Al analizar la cantidad de frutos totales y comerciales en la planta, se observa que al utilizar dosis crecientes de humus aumenta el rendimiento de la planta, obteniendo una mayor cantidad de frutos por planta, como también un aumento de los frutos comerciales y una disminución de los descartados. Los resultados obtenidos concuerdan con el ensayo realizado por Reyes et al. (2017), quienes realizaron fertilizaciones con abono orgánico en *Capsicum annuum* L. En este estudio, los autores analizaron el impacto de la fertilización con abonos orgánicos sobre el rendimiento y sus componentes, realizando tres variantes de fertilización: humus de lombriz, compost de jacinto de agua y la combinación 50% humus de lombriz + 50% jacinto de agua. Mostraron que el tratamiento únicamente con humus de lombriz obtuvo un mayor número de frutos de pimentón que el resto de los tratamientos. Este resultado puede atribuirse a que los abonos orgánicos, como el humus de lombriz, aportan sustancias activas (fitohormonas) y microelementos que pueden estimular la cuaja y producción de los frutos (Yang et al., 2004). También coincide con el ensayo realizado por Chung (1999), en el cual comparó tres dosis de humus de lombriz, 0,5; 1,0 y 1,5 kg de humus por planta y un tratamiento control sin humus en un cultivo de tomate. El autor reportó resultados con respecto al número de frutos por planta, siendo el tratamiento con la dosis más alta (1,5 Kg de humus por planta) el que obtuvo el mayor número de frutos.

Para el contenido de clorofila en las hojas, existe una buena correlación entre el N foliar determinado por Dumas y el contenido de clorofila medido con el medidor de clorofila Minolta SPAD-502 Plus®, sin embargo, no se encontraron datos concluyentes que las dosis crecientes de humus afectaran este parámetro.

Cabe destacar, que muchos de los resultados obtenidos o no obtenidos en este estudio se pudieron provocar por la limitación del volumen del sustrato y las condiciones de maceta, afectando negativamente su crecimiento y desarrollo. Además, pueden ser afectados por la constitución genética de las plantas como también las condiciones externas.

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de humus de lombriz al suelo afecta positivamente la producción y la calidad comercial de los frutos de pimentón.

El uso de este abono orgánico aumenta la disponibilidad de P y K en el suelo, sin embargo, no ocurre lo mismo para N. Mientras que la MS y la cantidad de clorofila en las hojas no tuvieron efectos que provengan de la aplicación de humus.

El humus de lombriz como abono orgánico es una tecnología sostenible que podría integrar otras prácticas agrícolas con el objetivo de que los sistemas sean más productivos y eficientes, ayudando a mitigar impactos negativos en el medio ambiente. Sin embargo, se necesitan más estudios que comprueben los efectos de los ácidos húmicos y otros componentes contenidos en el humus de lombriz y las características que le confieran al suelo y a los cultivos.

VII. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, R. A. 2009. Efecto del extracto de humus de lombriz, *Eisenia foetida*, en el desarrollo de la planta de rábano, *Raphanus sativus* (Brassicaceae) y en el control de *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) y *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 22p.
- Amachuy, A. 2013. Efecto de tres dosis de Humus de Lombriz provenientes de residuos sólidos orgánicos urbanos en el cultivo de Acelga (*Beta Vulgares*) en la zona de Mollasa. Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Licenciado en Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 121p.
- Andersen, M., Pazderka, C. 2003. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Abonos ¿Es la certificación algo para mí? – Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos agrícolas para la exportación. Series de Publicaciones RUTA: Material de Capacitación. 21p.
- Beltrán, F. A., García, J. L., Ruiz, F. H., Valdez, R. D., Preciado, P., Fortis, M. y González, A. 2016. Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Dirección de Investigación y Posgrado. Tabasco, México. 3(7): 143-149p.
- Blanco, M. W. 2019. Determinación del Efecto del Humus de Lombriz en el Cultivo de Rúcula (*Eruca sativa* Mill.) en la Estación Experimental Patacamaya. Revista de Investigación e innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. La Paz, Bolivia. 6 (2): 60-65p.
- Borges, J. A., Barrios, M. Chávez, A. y Avendaño, R. 2014. Efecto de la Fertilización Foliar con Humus Líquido de Lombriz durante el Aviveramiento de la Morera (*Morus alba* L.). Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Revista Bioagro, Barquisimeto, Venezuela. 26(3): 159-164p.
- Bosland, P. W. and Votava, E. J. 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums. Vol 22, Second Edition, CABI Publishing. E.U. 1-230p.
- Brechelt, A. 2004. Manejo Ecológico del Suelo. Primera edición. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). República Dominicana, Dominicana. 28p.
- Canizales, J. L., Mclean, D. A. y Martines, J. R. 2005. Evaluación de la Rentabilidad del Cultivo Chile Dulce (*Capsicum annum* L.) Bajo el Sistema de Fertilización Orgánica. Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo Tropical. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Departamento de Agroecología. León, Nicaragua. 55p.
- Castillo, A. E., Quarín, S. H. y Iglesias, M. C. 1999. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborado a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agricultura Técnica. Corrientes, Argentina. 60(1): 74-79p.

- Castillo, C. D. 2015. Evaluación de tres fuentes de Materia Orgánica (Champiñonaza, Bovinaza, y Lombrhumus) en la habilitación de Cangahua Tipo C. Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de ingeniería Agronómica. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 92p.
- Celaya, H. y Castellanos, A. E. 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Revista Terra Latinoamericana*. Hermosillo, Sonora, México. 29(3): 343-356p.
- Centro Tecnológico de Suelos y Cultivos (CTSyc), Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Talca, Chile. Recuperado en <http://www.ctsyc.cl/> Consultado el 07 de mayo de 2020.
- Céspedes, M. C. 2005. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Agricultura Orgánica, Principios y prácticas de producción. Boletín INIA N° 131. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33207.pdf> Consultado el 01 junio de 2019.
- Cherney, D. J., Cherney, J. H., and Mikhailova, E. A. 2002. Orchardgrass and tall fescue utilization of nitrogen from dairy manure and commercial fertilizer. *Agronomy Journal*. 94(3): 405-412p.
- Chung, E. 1999. Comparativo de cuatro (4) niveles de abonamiento con Humus de Lombriz de *Eisenia foetida* en el cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* L). Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ciencias Agrarias. Tarapoto, Perú. 59p.
- Compagnoni, L. y Putzolu, G. 2001. Cría moderna de las Lombrices y utilización rentable del Humus. Primera edición. Ediciones De Vecchi. Barcelona, España. 128p.
- Cubero, D. y Vieira, M. J. 1999. Orgánicos y Fertilizantes Químicos... ¿Son Compatibles con la Agricultura? Congreso Nacional Agronómico/ III Congreso Nacional de Suelos. Conferencia 70: 61-67p.
- Cunha, A. R., Katz, L., Sousa, A. y Uribe, M. 2015. Índice SPAD en el crecimiento y desarrollo de plantas de *lisianthus* en función de diferentes dosis de nitrógeno en ambiente protegido. *Revista Chilena IDESIA*. 33(2): 97-105p.
- Dionizis, N., Potter, W., Sepúlveda, R. y Román, L. F. 2013. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Informativo INIA N° 82. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40408.pdf> Consultado el 20 de mayo de 2019.
- Fortis, M., Preciado, P., García, J. L., Navarro, A., González, J. A. y Omaña, J. M. 2012. Sustratos Orgánicos en la Producción de Chile, Pimiento, Morrón. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6): 1203-1216p.
- Fortis, M., Salazar, E., Orona, C., Leos, R., Rodríguez, R., Montemayor, T., García, S. y Aldaco, N. 2007. Estadísticas de la Producción Orgánica. Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. En: Salazar, E., Trejo, H. I., Orona, I., Vázquez, C., López, J. D., Fortis, M., Flores,

- A., Sánchez, F. J., Leos, J. A y Jiménez, F. Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. Primera edición. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Montecillo, México. 617p.
- García, J. L., Salazar, E., Orona, I., Fortis, M. y Trejo, H. I. Agricultura Orgánica, Tercera Parte. 2010. Primera edición. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Durango, México. 438p.
- González, M. I. 2012. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Nuevas Fichas Hortícolas. Boletín INIA N° 246. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38784.pdf> Consultado el 04 de junio de 2019.
- Gorda, M. A., Estrada, E. I., Cardozo, C. I., Gutiérrez, A., Sánchez, M. S., Baena, D. y Vallejo, F. A. 2004. Cultivo de Pimentón Variedad UNAPAL Serrano. Segunda Edición. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 17p.
- Gopinath, K. A., Venkateswarlu, B., Mina, B. L., Nataraja, K. C. and Devi, K. G. 2010. Utilization of Vermicompost as a Soil Amendment in Organic Crop Production. Dynamic Soil, Dynamic Plant. Almora, India. 10p.
- Havlin, J. L., Tisdale, S.L., Nelson, W. L. and Beaton, J. D. 2013. Soil Fertility and Fertilizers. Octave edition. Editions Macmillan Company. New York Unite Estates. 528p.
- Heeb, A., Lundegårdh, B., Ericsson, T. y Savage, G. P. 2005. Nitrogen form affects yield and taste of tomatoes. Journal of Science of Food and Agriculture. 85(8): 1405-1414p.
- Hernández, A. D., Campos, R. y Pinedo, J. M. 2010. Comportamiento poscosecha de Pimiento Morrón (*Capsicum annum* L.) Var. California por Efecto de la fertilización química y aplicación de Lombriumus. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 11(1): 82-91p.
- Hernández, O, L., Calderín, A., Huelva, R., Martínez-Balmori, D., Guridi, F., Aguiar, N. O., Herrán, J. A., Torres, R. R., Martínez, G. E. y Portugal, V. O. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Revista Ra Ximhai. 4(1): 57-67.
- Hirzel, J., y Salazar, F. 2016. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Guía de manejo y buenas prácticas de aplicación de enmiendas organicas en agricultura. Boletín INIA N° 325. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40478.pdf> Consultado el 31 de mayo de 2019.
- Hochmuth, G.J. & Hochmuth, R.C. 2015. The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS). Blossom-End Rot in Bell Pepper: Causes and Prevention. SL 284, one of a series of the Soil and Water Science Department. Recovered in <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/ss/ss49700.pdf> Reviewed June 06, 2019.
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE). 2019. Encuesta de Superficie Hortícola 2019. Recuperado en <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/hortalizas> Consultado el 18 de mayo de 2020.
- López, J. D., Díaz, A., Martínez, E. y Valdez, R. D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en

propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Revista Terra Latinoamericana*. Chapingo, México. 19(4): 293-299p.

Maboko, M. M., Du Plooy, C. P., and Chiloane, S. 2012. Effect of plant population, stem and flower pruning on hydroponically grown sweet pepper in a shadenet structure. *African Journal of Agricultural Research*. 7(11): 1742-1748p.

Maoka, T., Mochidaa, K., Kozukaa, M., Itoa Y., Fujiwarab, Y., Hashimotob, K., Enjoc, F., Ogata, M. C., Nobukunic, Y., Tokudac, H., and Nishino, H. 2001. Cancer chemopreventive activity of carotenoids in the fruits of red paprika *Capsicum annum* L. *Cancer letters*. 172(2), 103-109p.

Maroto, J. V. 2002. *Horticultura herbácea especial*. Quinta edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 702 p.

Maroto, J. V. y Baixauli. C. 2017. *Cultivos Hortícolas al Aire Libre*. Primera edición. Ediciones Cajamar Caja Rural. Valencia y Almería, España. 786p.

Méndez, O., León, N. S., Gutiérrez, F. A., Rincón, R. y Álvarez, J. D. 2012. Efecto de la aplicación de humus de lombriz en el crecimiento y rendimiento de grano del cultivo de maíz. *Revista Gayana Botánica*. 69(especial): 49-54p.

Minardi, W., Sasongko, P. E., Kusuma, Z., Syekhfani. y Aini, N. 2018. Efficiency of various sources and doses of humic acid on physical and chemical properties of saline soil and growth and yield of rice. The 9th International Conference on Global Resource Conservation (ICGRC) and AJI from Ritsumeikan University. 9p.

Ministerio del Medio Ambiente (MMA), gobierno de Chile. 2018. *Compostaje: Una tendencia para combatir el Cambio Climático*. Recuperado en <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico-2/> Consultado el 19 mayo de 2020.

Müller, J. 2017. *¿Dumas o Kjeldahl para el análisis de referencia?* Primera edición. Foss. Barcelona, España. 5p.

Nahed, T. J., Calderón, P. J., Aguilar, J. R., Sánchez, B., Ruiz, J. L., Mena, Y., Castel, J. M., Ruiz, F. A., Jiménez, F. G., López, J., Sánchez, G. y Salvatierra, I. B. 2009. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Revista científica de América Latina*. 13(1): 45-58p.

Namesny, A. 2006. *Pimientos*. Segunda edición. Ediciones de Horticultura, S.L. Barcelona, España. 254p.

Ndegwa, P. M. and Thompson, S.A. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technology*. 75(1): 7-12p.

Nuez, F., Gil, R. y Costa, J. 1996. *El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes*. Primera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 607p.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2017. *Agricultura orgánica: agosto de 2017*. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/organico2017.pdf> Consultado el 18 de mayo de 2020.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2018. Encuesta de Superficie Hortícola 2018. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <https://www.odepa.gob.cl/superficie-cultivada-con-hortalizas-3> Consultado el 19 de abril de 2020.

Origen-Humus. 2020. Lombricultura tierra nueva. Recuperado en <http://www.humus-origen.cl/producto/> Consultado el 07 de abril de 2020.

Osler, G. H. R. and M. Sommerkorn. 2007. Toward a complete soil C and N cycle: incorporating the soil fauna. *Ecology* 88: 1611-1621.

Pérez, Y., Álvarez, J. D., Mendoza, J., Pat, M., Gómez, R. 2012. Influencia del humus de lombriz y biofertilizantes en el crecimiento y rendimiento de maíz. *Revista Gayana Botánica*. 69(especial): 12-22p.

Pino, M.T. 2018. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. Boletín INIA N° 360. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40850.pdf> Consultado el 30 abril de 2019.

Reyes, J. J., Luna, R. A., Reyes, M., Yépez, A. J., Abasolo, F., Espinosa, K. A., López, R. J., Vázquez, V. F., Zambrano, D., Cabrera, D. A. y Torres, J. A. 2017. Uso del Humus de Lombriz y Jacinto de Agua sobre el Crecimiento y Desarrollo del Pepino (*Cucumis sativus*, L). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad de Sonora*. XIX (2): 30-35p.

Reyes, J. J., Luna, R. A., Reyes, M., Zambrano, D. y Vázquez, V. F. 2017. Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Revista Centro agrícola*. 44(4): 88-94p.

Reyes, J. J., Luna, R. A., Reyes, M., Zambrano, D. y Vázquez, V. F. 2017. Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Revista Centro Agrícola*, 44(4): 88-94p.

Rincón, L., Pellicer, C., Sáez, J., Abadía, A., Pérez, A. y Nartínez, C. 2001. Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes de la coliflor. Centro de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (CIDA). *Revista de Investigación agraria. Producción y protección vegetales*. 16(1): 120-130p.

Ríos, O. y Calle, C. 1994. Humus de Lombricultura y su Efecto en el Rendimiento de *Cucumis sativus*, *Capsicum annum* y *Vigna sinensis* en un Ultisol Degradado de Pucallpa. *Revista Folia Amazónica, IIAP*. 6 (1-2): 47-60p.

Ríos, P. X. 2015. Efecto de tres niveles de humus de lombriz en tres variedades de pimiento (*Capsicum annum* L) bajo carpa solar en el centro experimental de Cota Cota. Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Carrera de ingeniería Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de agronomía. La Paz, Bolivia. 139p.

Schuldt, M. 2006. Lombricultura teoría y práctica. Primera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 308p.

Scharf, H. Ch. and Liebig, H. P. 2002. Ernährung und Düngung. In Gemüseproduktion. Verlag Eugen Ulmer. 463 p

Sellés, G., Ferreyra, R., Ahumada, R., Santelices, M., García - Huidobro, J. y Ruiz, R. 2006. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Lombrices de Tierra como Agentes Mejoradores de las Propiedades Físicas del Suelo en Huertos Frutales. Boletín INIA N° 140. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33305.pdf> Consultado el 04 de junio de 2019.

Servicio Agrícola Ganadero (SAG). 2013. Agricultura Orgánica Nacional, Bases Técnicas y Situación Actual. Ministerio de agricultura, Gobierno de Chile. Recuperado en https://www.opia.cl/static/website/601/articles-74978_archivo_01.pdf Consultado el 02 junio de 2019.

Servicio Agrícola Ganadero (SAG). 2018. Datos de Producción agrícola 2018. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Recuperado en https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/datos_de_produccion_organica_ano_2018.pdf Consultado el 02 junio de 2019.

Sierra, C. 2013. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas: Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria. Boletín INIA N° 271. Ministerio de agricultura, gobierno de Chile. Recuperado en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40528.pdf> Consultado el 27 mayo de 2019.

Singh, R., Gupta, R. K., Patil, R. T., Sharma, R. R., Asrey, R., Kumar, A. and Jangra, K.K. 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*. 124(1), 34-29p.

Tapia, J. P. 2019. Memoria de título presentada como requisito para optar al título de Ingeniero agrónomo. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias. Talca, Chile. 53p.

Tenecela, X. 2012. Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. 113p.

The Worldwide Business Formula (SQM). 2007. CropKit Guía de Manejo de Nutrición Vegetal de Especialidad, Pimiento. 104p.

Vallejo, F. A. y Estrada, E. I. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 346p.

Vásquez, C., Céspedes, C., Paillán, H. y Vargas, S. 2012. Manejo orgánico de cultivos hortícolas. En: Céspedes, C. Producción Hortofrutícola Orgánica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Biobío, Chile. Boletín INIA N° 232. Recuperado en <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38266.pdf> Consultado el 01 mayo de 2019.

Vidal, J. L. 2011. Efectos del factor térmico en el desarrollo y crecimiento inicial de pimentón (*Capsicum annuum* L.) cultivado en campo. Tesis de grado presentado como requisito para optar al grado de Magíster. Departamento de Postgrado. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Tucumán, Argentina. 94p.

Yang, C. M., Wang, Y. F., Chang, I. F. y Chou, C. H. 2004. Humic Substances Affect the Activity of Chlorophyllase. *Journal of Chemical Ecology*, 30(5), 1057-1065p.

Yugsi, L. 2011. Elaboración y Uso de Abonos Orgánicos. Guía de Campo para Capacitación a Capacitadores. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, Ecuador. 32p.