

Vermicompostaje de residuos orgánicos por *Dendrobaena veneta* y
evaluación de su ciclo de vida.

*Vermicomposting of organic waste by *Dendrobaena veneta* and
evaluation of its life cycle.*

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Bárbara Álvarez Besadío

Máster en Biotecnología Avanzada

A Coruña, Junio de 2017



Facultade de Ciencias
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Facultade de Ciencias.
Universidade da Coruña .
Campus da Zapateira, A Coruña

Título

Vermicompostaje de residuos orgánicos por *Dendrobaena veneta* y evaluación de su ciclo de vida.

Vermicomposting of organic waste by *Dendrobaena veneta* and evaluation of its life cycle.

Autora:

Bárbara Álvarez Besadío // Graduada en Biología y técnica de I+D en Ecocelta Galicia S.L.

Visto bueno de los tutores:

Dr. Manuel Soto Castiñeira y Dr. Jorge Domínguez Martín en calidad de tutores de este trabajo autorizan su presentación ante el Tribunal Evaluador

A Coruña, 21 de Junio de 2017

D. Manuel Soto Castiñeira

SOTO CASTIÑEIRA
MANUEL - DNI
76348287V

FDO.

Firmado digitalmente por
SOTO CASTIÑEIRA MANUEL
- DNI 76348287V
Fecha: 2017.06.22 01:44:38
+02'00'

D. Jorge Domínguez Martín

FDO.

AGRADECIMIENTOS

Parece mentira.

Parece mentira que tras dos años de duro trabajo por fin pueda ver este proyecto impreso, encuadernado y listo para ser evaluado.

Parece mentira que tras tantos años de duro trabajo y de enlazar etapas por fin ponga punto y aparte a una de ellas, para descansar.

Parece mentira que tras tantas horas enfrente del ordenador, tantas horas angustiada por no llegar, tanto estrés, tanto compaginar horarios, trabajo haya llegado el día en el que al fin pueda respirar más tranquila.

Parece mentira que sea cierto que la gente que te quiere de verdad siempre estará ahí sin pedir nada a cambio.

Parece mentira que con solo (dicho con ironía) 23 años ya haya encontrado gente tan maravillosa en lo personal y en lo profesional.

Parece mentira que un texto que a priori debería ser solo de agradecimientos incluya una palabra tan desagradable como la “mentira”

Parece que la mentira se transforma en verdad cuando abro los ojos y veo a todos los que me rodean, me han rodeado y espero que me sigan rodeando durante mucho tiempo.

Para todos vosotros, mamá, papá, Rocío, Jose, resto de familiares, Sergio (al que yo siempre conoceré como mi mentor y no sólo como jefe), Manuel y Jorge (dos grandes y pacientes tutores) os doy las gracias por haberme hecho más fácil este camino que hoy termino y que aún no sé cuando volveré a retomar.

GRACIAS

ÍNDICE

RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	6
OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	12
Objetivos.....	12
Plan de trabajo	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Materiales.....	14
Métodos	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO I.....	39
ANEXO II	40
ANEXO II	41

RESUMEN

En un mundo en el que cada vez cobra más importancia la economía circular, la gestión de residuos se ha convertido en un imprescindible de cara a alcanzar la mayor sostenibilidad posible. La gestión biológica de los residuos con el vermicompostaje es una biotecnología con grandes beneficios ambientales y de bajo coste. En este proyecto se ha evaluado la capacidad de la lombriz *Dendrobaena veneta* para digerir tres tipos de residuos seleccionados especialmente por su relevancia en el ámbito de la gestión de residuos: (1) estiércol de caballo, (2) residuos orgánicos de comedor y (3) separado de purín de cerdo). En todos los sustratos, *D. veneta* demostró tener la capacidad de reproducirse, con valores de hasta el 70% de porcentaje de multiplicación y de generar modificaciones físico-químicas sobre los residuos iniciales a través sobre todo de procesos de mineralización. Este estudio también ha permitido evaluar el ciclo evolutivo de la especie de lombriz, del que a día de hoy existe poca bibliografía documentada.

ABSTRACT

In a world where circular economy is becoming increasingly important, waste management has become a must in order to achieve the highest possible sustainability. The biological management of waste with vermicompost is a biotechnology with great environmental benefits and low management cost. This project has evaluated the capacity of the *Dendrobaena veneta* worm to digest three types of waste selected especially for their relevance in the field of waste management: (1) horse manure, (2) organic waste and 3) separate from pig slurry. In all substrates, *D. veneta* proved to have the capacity to reproduce, with values up to 70% of multiplication percentage and to generate physicochemical modifications on the initial residues through mainly mineralization processes. This study has also allowed to evaluate the evolutionary cycle of *D. veneta*, of which at present there is little documented bibliography.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En el medioambiente, de forma natural, no existe un problema por exceso de producción de residuos. La armonía biogeoquímica es un hecho y esta se mantiene de forma permanente en la naturaleza debido al ciclo cerrado de producción y reutilización de residuos. Las actividades del hombre han alterado este equilibrio, generando residuos orgánicos y no orgánicos cuya gestión natural se hace dificultosa y en ocasiones imposible, creando graves problemas ambientales. La OCDE fija en que cada persona produce 520 Kg de residuos al año, valor mucho mayor que los de los años 1990 (OCDE, 2015) Las razones son variadas: el crecimiento excesivo de la población, el desarrollo industrial y tecnológico, la falta de concienciación ambiental, etc. El presente trabajo se centra en la búsqueda de una alternativa sostenible de gestión de residuos de tipo orgánico, centrándose en los que su gestión se ha considerado prioritaria por el autor: residuos orgánicos urbanos (restos de comedor) y residuos agroganaderos (purín de cerdo y caballo).

Generación de residuos orgánicos

En la actualidad, en Galicia se estima que la producción de residuos urbanos es de 1,13 Kg/hab/día, de los cuales un 42% está constituido por restos orgánicos (Figura 1). En total, la cantidad total producida de residuos orgánicos urbanos por habitante al año asciende a 478.487Tn/a (Xunta de Galicia, 2011). Sin embargo, el porcentaje de recuperación de estos residuos es de un 0% en el caso del modelo de gestión mayoritario (SOGAMA) que en la actualidad no contempla la separación selectiva de la materia orgánica aunque existen otros dos modelos en la comunidad (Nostián y Barbanza) que sí incluyen la separación de la citada fracción y su gestión a través del compostaje. Actualmente los tres modelos están apostando fuertemente por el compostaje doméstico y

no en planta, por el que se fomenta la gestión de la fracción orgánica producida en los hogares pero sobre el cual no disponemos de datos globales en Galicia, pero que está en crecimiento en uso en los últimos años (Vázquez et al., 2017).

El problema de gestión de residuos en Galicia es un hecho ya que el modelo SOGAMA tiene adheridos al 93 % de los concellos de Galicia, lo cual se refleja en la nula gestión de residuos orgánicos que tan en cantidad se producen en la Comunidad.

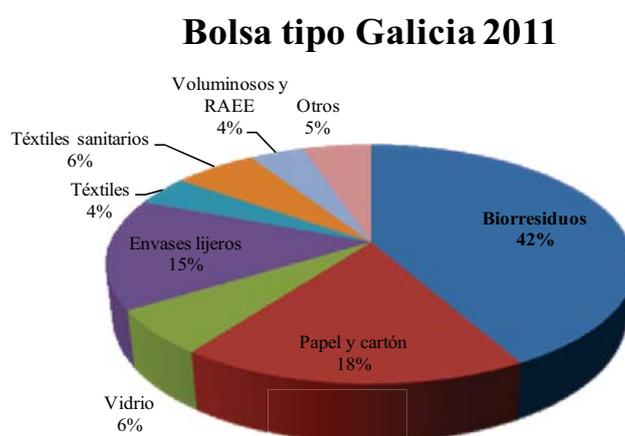


Figura 1: Bolsa tipo de Galicia 2011, caracterizada por la xunta en base a datos correspondientes al año 2005. (Xunta de Galicia, 2011)

Compostaje y vermicompostaje como alternativas de modelos de gestión

El Sistema SOGAMA supone una serie de desventajas económicas, sociales y por supuesto medioambientales que hacen que sea necesario la búsqueda y evaluación de alternativas para la gestión de los residuos orgánicos producidos en Galicia. Entre estas desventajas destacan: los costes de transporte de residuos, la contaminación ambiental, los costes de tratamiento, etc. El hecho de que el 42% de los residuos que van a la planta de Cerceda (SOGAMA) sean biorresiduos refuerza la idea de que es necesario buscar nuevas formas de gestión que permitan evitar las desventajas arriba descritas. Entre las alternativas propuestas se encuentran el compostaje y el vermicompostaje.

El compostaje y el vermicompostaje son dos tecnologías de estabilización de la materia orgánica que permiten cerrar el ciclo de los residuos orgánicos mediante su conversión a una fuente de materia orgánica y nutrientes para los cultivos (Lazcano,2008). El compostaje es un proceso de degradación de la materia orgánica bajo unas condiciones determinadas de temperatura, aireación y la influencia de microorganismos y otras biología específicas de este proceso, cuyo resultado es la obtención de un producto estable y homogéneo, apto para la fertilización de tierras de cultivo, llamado Compost. Por otro lado, el vermicompostaje es un proceso mesofílico y aeróbico en el que las lombrices consumen los restos orgánicos para excretarlos en forma del conocido como Humus de lombriz (Lazcano,2008; Onwosi, et al.2017).. El Humus de lombriz es un producto estable y cuyos nutrientes presentan una mayor disponibilidad que los del compost, además de presentar otros elementos biológicos (ej.fitohormonas y microorganismos) y físicos (porosidad y humedad) que incrementan su calidad fertilizante (Domiguez,2004; Lazcano ,2008).

En este trabajo se evaluará **el vermicompostaje como alternativa para la gestión de residuos orgánicos.**

Precedentes ventajas y desventajas del vermicompostaje

Se sabe que el ser humano es consciente de los beneficios del uso de las lombrices para gestionar los restos orgánicos, desde el Antiguo Egipto (J. Domínguez). Desde entonces la cultura del vermicompostaje ha ido extendiéndose a lo largo de todo el mundo, aumentándose los conocimientos sobre esta biotecnología gracias a la praxis de la misma. Con ello también se ha evolucionado en las técnicas de vermicompostaje y, sobre todo en las últimas décadas, se ha ido un paso más allá, debido a las investigaciones científicas que buscan hallar más datos que permitan comprender con la mayor amplitud posible el funcionamiento y potencial del vermicompostaje (Nagavallemaet *al.* , 2004).

Desde entonces, existen numerosas experiencias que han demostrado la utilidad del vermicompostaje frente a otras técnicas de gestión de residuos orgánicos como son por ejemplo: restos orgánicos de cocina (Chaudhari, 2011), lodos (Xin H., 2016) estiércoles animales (Paul, 1988),. Etc.

Entre las ventajas que hacen del vermicompost un fertilizante excepcional, destacan: (1) Materia orgánica muy estable en forma de humus; (2) Mayor cantidad de nutrientes disponibles para los cultivos que el compost; (3) Acelera procesos de mineralización de nutrientes como el Nitrógeno; (4) aireación porosidad y drenaje excelente gracias a la estructura aportada por las deyecciones de la lombriz; etc. (Dominguez & Edwards, 2011)

Dendrobaena veneta

El organismo seleccionado para el estudio es *Dendrobaena veneta* (*D. veneta*). Se trata de una lombriz de tipo epigeo, que se desarrolla en el horizonte orgánico del suelo. Presenta características metabólicas que favorecen su adaptación a todo tipo de cambios: ciclo de vida muy corto, alta tasa reproductiva, elevada actividad metabólica, etc. Estos organismos son hermafroditas y alcanzan la madurez sexual a los 65 días y aunque existen casos descritos, no está clara que tengan capacidad de autofecundación. Para el apareamiento, una pareja de individuos se fusiona por el clitelo, que es una estructura muy cercana a los poros sexuales por los cuales se produce el intercambio de gametos. El clitelo forma una sustancia viscosa que envuelve a los gametos, dando lugar al conocido como “capullo” del que posteriormente saldrá uno, varios o ningunos individuos alevines (Domínguez & Gómez-Brandon, 2010).

D. veneta es usada en el sector pesquero debido a su tamaño, por el que se usa como cebo para pesca. Sin embargo, está documentada la capacidad de *D. veneta* para

gestionar todo tipo de residuos orgánicos aunque a diferencia de la *Eisenia andrei*, la especie más usada para el vermicompostaje, tiene menos rendimiento poblacional (**Tabla1**) (Sophié *et al*, 1991).A continuación, se comparan las principales diferencias entre el ciclo de vida de *E. andrei* y *D. veneta*:

Tabla 1: Características principales del ciclo de vida de *D. veneta* y *E. andrei* (Dominguez & Gómez-Brandon, 2010)

	<i>D. veneta</i>	<i>E. andrei</i>
Tamaño (mm)	5-7x50-80	4-8x50-100
Peso medio (g)	0,92	0,55
Capullo/día	0,28	0,35-0,5
Eclosión (%)	20	72
Descendiente/capullo	1,1	2,5-3,8
Días ciclo	100-150	45-51
Temperatura óptima (°C)	25	25
Humedad óptima (%)	65-85	80-85

El uso de *D. veneta* en este experimento se justifica debido a tres razones principales: (1) La falta de información sobre el ciclo de vida y procesos de vermicompostaje desarrollados por esta especie; (2) En experimentos realizados en *Ecocelta Galicia* se ha demostrado el predominio de *D. veneta* en determinados tipos de sustratos (purín y caballo) frente a *E. andrei*, (3) El gran tamaño de los adultos los convierte en un producto útil en el sector pesquero, por lo que su cría podría servir para obtener lombrices para vermicompostaje y para la venta como cebo para pesca

Gestión de residuos orgánicos con D. veneta

El saber generado en *Ecocelta Galicia*, empresa en la que actualmente trabaja la autora del presente trabajo, tras años de pruebas y ensayos de campo con gestión de residuos orgánicos, constituye un precedente que motiva y justifica la selección de los siguientes sustratos como objeto de estudio en el presente proyecto:

Restos de comida: se considera de especial relevancia el estudio de la gestión de los restos orgánicos producidos en el hogar mediante vermicompostaje. En el presente proyecto se busca verificar el potencial que tendría añadir lombrices a los composteros comunitarios para así producir un producto final de mayor calidad fertilizante.

Fracción sólida del purín de cerdo: producto obtenido tras hacer pasar el purín de cerdo por un separador sólido-líquido. El purín de cerdo producido en las explotaciones ganaderas ha sido tradicionalmente aplicado directamente sobre superficies agrícolas. Esta técnica supone un grave problema ambiental debido al desequilibrio que actualmente existe entre la agricultura y la ganadería. Siendo así, los volúmenes de purín producido en las granjas son desproporcionados en comparación a la superficie de suelo agrícola disponible para su aplicación. La normativa (Real Decreto 261/1996) limita la cantidad de máxima de estiércol que puede ser aplicada anualmente sobre el suelo a 170kg Nitrógeno /hectárea y año, lo que obliga a los ganaderos a buscar alternativas para la gestión de estiércoles. En este contexto se han desarrollado numerosos estudios que buscan hallar soluciones de tratamiento para los purines que sean eficientes, respetuosas con el medioambiente y rentables (Chan *et al.* 1988). El vermicompostaje espera ser un método sostenible y eficaz de cara a conseguir un producto final estable, y de muy buena calidad fertilizante concedida gracias al proceso que atraviesa durante su digestión en la lombriz.

Caballo: el estiércol de caballo es en la actualidad un material muy conocido en el compostaje y vermicompostaje debido principalmente a su facilidad de procesado y a la calidad del resultado final. A diferencia de otros estiércoles, el del caballo es una mezcla entre la paja de la “cama” del establo del animal, y los excrementos de éste lo que lo hace un producto con características muy buenas (Relación Carbono/Nitrógeno de 20,4,) para su aplicación como fertilizante (Bernal, 2009). Las grandes cantidades de estiércol que se acumulan en las cuadras debido a la estabulación de los animales obligan al ganadero a

buscar soluciones de gestión. El estiércol de caballo ha sido objeto de estudio en gran cantidad de ensayos científicos (Falole *et al*, 1997), cuyos resultados son prometedores en cuanto al uso de las lombrices para gestionar el estiércol. Es por ello por lo que se ha seleccionado el estiércol de caballo como uno de los tratamientos del presente ensayo.

OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

Objetivos

- **Adaptación de la especie *Dendrobaena veneta*** a tres tipos de sustratos orgánicos: purín de cerdo, estiércol de caballo y fracción orgánica de residuos urbanos.
- Seguimiento del **crecimiento y reproducción de la *Dendrobaena veneta*** en todos los sustratos a lo largo del ensayo (0, 30 y 60 días).
- **Seguimiento de la evolución de los materiales a vermicompost.** Determinación de Carbono orgánico, Nitrógeno orgánico, humedad,pH, conductividad. (Sobre muestras iniciales y finales)

Plan de trabajo

El plan de trabajo que se siguió durante el desarrollo del proyecto y su temporalización se trasladó a un cronograma según el cual se desarrolló la distribución temporal del presente trabajo (Anexo I)

A continuación, se resumen las tareas realizadas en cada uno de los puntos que aparecen en el **ANEXO I**:

- A. Objetivos e hipótesis de trabajo:** revisión bibliográfica para la evaluación del potencial de *Dendrobaena veneta* como gestora de residuos orgánicos y selección

de sustratos para ser objeto de este estudio. Tras realizar la precedente búsqueda de bibliografía se establecieron los **objetivos** del experimento (v. arriba) y la **HIPÓTESIS DE TRABAJO:** uso de *Dendrobaena veneta* para la vermigestión de los residuos: estiércol de caballo, fracción sólida de purín de cerdo y restos de comida.

B. Metodología de estudio

- **Selección de sustratos para vermicompostaje**
- **Ensayos de tolerancia a los sustratos:** pruebas para la determinación de la tolerancia de la especie seleccionada a los sustratos en cuestión
- **Ensayos de adaptación al sustrato y vermicompostaje:** se evaluó la posibilidad de realizar modificaciones en los sustratos en los que la lombriz no mostró tolerancia. Este paso se realizó previo al vermicompostaje.
- **Mantenimiento y control:** conservación de las condiciones de humedad, temperatura y oxigenación de los ensayos.
- **Evaluación del desarrollo de la población de *Dendrobaena veneta*:** determinación de parámetros preseleccionados para evaluar el desarrollo de la población de *D. veneta*.
- **Análisis físico-químicos del vermicompost:** determinación de parámetros preseleccionados para evaluar la evolución del vermicompost.
- **Análisis estadístico:** los datos obtenidos en los dos puntos anteriores fueron analizados estadísticamente.

C. Resultados y discusión: los resultados se discutieron y argumentaron basándose en la bibliografía.

D. Conclusiones: como resultado de las valoraciones obtenidas en el apartado “Resultados y discusión” se obtuvieron las conclusiones finales del trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

1. Sustratos

- **Caballo:** cama de cuadras de caballo. Incluye paja.
- **Fracción separada de purín de cerdo:** fracción sólida obtenida tras la separación sólido-líquido del purín de cerdo.
- **Restos de comida:** fracción orgánica de comedor triturada y sin triturar

2. **Estructurante para los restos de comida:** restos de poda triturada .

3. **Cajas poliespan 20 L**

4. **Macetas para inoculación indirecta**

Individuos adultos de *D. veneta* adultas (con clitelo bien desarrollado) procedentes de una población seleccionada adaptada a la vermigestión de residuos orgánicos.

MÉTODOS

1. Selección de Sustratos para el vermicompostaje

Selección de sustratos mediante estudio bibliográfico de los residuos con más necesidad de ser gestionados mediante métodos biológicos y sostenibles.

2. Ensayos de tolerancia al sustrato

Determinación de la tolerancia de la población de *D. veneta* a los sustratos seleccionados mediante cuatro metodologías diferentes de inoculación indirecta. Esta técnica permite que la lombriz se desplace de forma voluntaria al nuevo material si lo considera apto para su desarrollo. En función de la respuesta adaptativa, se seleccionó el método de inoculación.

- **Banda de aclimatación:** se basa en la inclusión de una porción del nuevo sustrato anexa al material con lombrices.
- **Macetas para inoculación:** inoculación vertical en la que se disponen macetas con material rico en lombrices y agujereadas en el fondo encima del nuevo sustrato.
- **Alimentación gradual:** adición de capas delgadas del nuevo sustrato sobre un lecho que contenga una población establecida de lombrices.
- **Adaptación del sustrato mediante:**(1) pre-compostaje: el material que va a ser usado para alimentar a las lombrices pasa por un periodo previo de estabilización; (2) mezcla con otros subproductos: cambio de las propiedades físico-químicas del material a través de la mezcla con otro sustrato.

3. Ensayos de adaptación del sustrato y vermicompostaje

El diseño experimental constó de 3 tratamientos con 3 residuos diferentes con 3 réplicas cada uno. Los ensayos de vermicompostaje constaron de lechos de vermicompostaje compuestos por cajas de polispán de 20 L, el mismo volumen empleado como matriz inicial de cada uno de los residuos. Estas cajas se modificaron para conseguir la máxima estanqueidad posible, evitando así el escape de las lombrices de los experimentos y mantener la humedad a expensas de las condiciones ambientales externas.



Ilustración 1: diseño experimental para el estudio del proceso de vermicompostaje(en la imagen se muestran 3 cajas de el ensayo con el estiércol de caballo e inoculadas con *D. veneta*).

Una vez se obtuvieron resultados positivos en las pruebas de tolerancia al sustrato, a cada una de las réplicas se les adicionó una **población de 200 lombrices adultas y cliteladas** de la especie *D. veneta* con un peso total de 200 gramos.



Ilustración 2: población de *D. veneta* empleada en uno de los ensayos (200 lombrices adultas y cliteladas).

Los ensayos se **mantuvieron como mínimo 60 días**.

A continuación, se describen de forma detallada cada uno de los ensayos realizados con los tres sustratos seleccionados:

- **Vermicompostaje de fracción orgánica de restos de cocina.** Se realizaron pre-ensayos con restos orgánicos de cocina obtenidos mediante separación selectiva,

y restos orgánicos de cocina sin selección previa. La idea es evaluar la influencia de la separación selectiva de restos orgánicos sobre el proceso de vermicompostaje., es decir, valorar si la carne, el pescado, y cítricos entre otros productos afecta a las lombrices. Además se realizaron pruebas en las que los restos e de comida se mezclaron con agentes estructurantes (poda triturada) para mejorar así la aireación y humedad del material durante el vermicompostaje.

Las mezclas realizadas para este ensayo fueron:

- a) Mezcla A: 50% Restos de comida no separada (incluyendo todos los componentes) + 50% restos de poda como estructurante.
- b) Mezcla B: 50% Restos de comida separada (excluyendo restos de carne y pescado) + 50% restos de poda como estructurante.

Con las pruebas de tolerancia realizadas sobre las mezclas de restos de comida se detectó que *D. veneta* se escapaba o moría en aquellas en las que los restos de comida no se habían separado selectivamente y contenían restos de pescado y comida. Por ello las pruebas de vermicompostaje se realizaron con la mezcla B

- o **Vermicompostaje de estiércol de caballo:** la prueba de tolerancia por banda de inoculación demostró ser suficiente para la adaptación de la lombriz al nuevo sustrato.
- o **Vermicompostaje de fracción sólida de purín de cerdo:** las altas temperaturas que alcanzó de forma espontánea el material fresco obligaron a mantener el material en periodo de estabilización 7 días, tras los cuales las pruebas de adaptación por banda de inoculación fueron positivas.

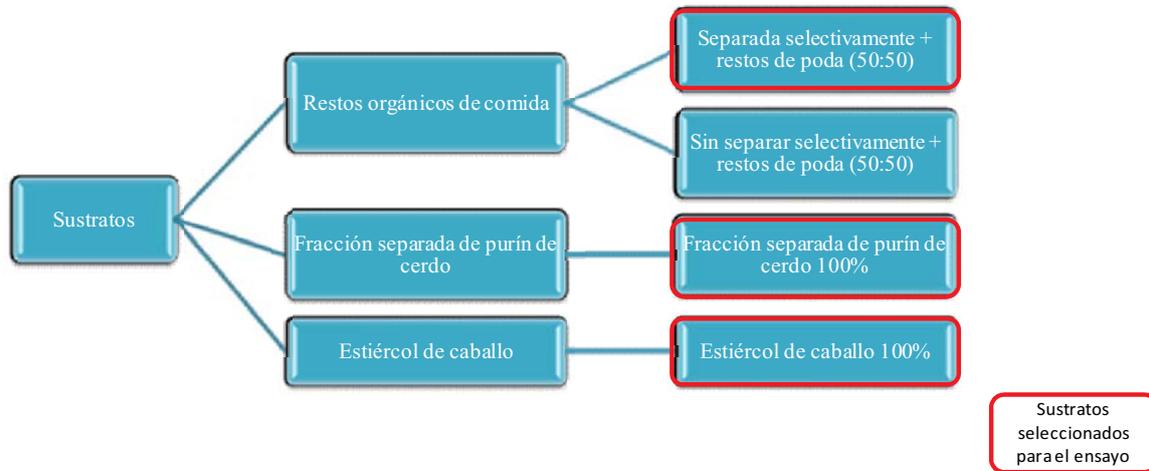


Figura 2: representación gráfica de los ensayos del experimento

4. Mantenimiento y control

Mantenimiento

El periodo pre-establecido de 60 días de ensayo sufrió pequeñas variaciones en función del desarrollo de variables como: disminución del tamaño de las lombrices (característica inequívoca de que comienzan a sufrir carencia de nutrientes); disminución de la reproducción de las lombrices (verificada por muestreos puntuales y por último) y la apariencia del material (homogeneidad, porosidad y coloración oscura.)

Se estableció un protocolo de mantenimiento de las pruebas para garantizar que las condiciones de las pruebas fueran idóneas para la reproducción de las lombrices:

- **Aireación regular:** para evitar la falta de oxígeno en el sustrato.
- **Riego para evitar la pérdida de humedad:** siguiendo el método descrito por Ferruzi (1986) basado en la presión manual del material, se verificó su contenido en humedad.

- **Medición de temperaturas** para controlar el riesgo de fermentación de los materiales. En caso de apreciar un ascenso anormal de las temperaturas (por encima de los 30°C) se procedió con el riego del sustrato y aireación del mismo varias veces al día.

Control de las pruebas

A lo largo de todo el desarrollo experimental se realizó de forma periódica las siguientes actividades.

- pH, conductividad y temperaturas (0, 30 y 60 días)
- **Toma de muestras de materiales** (0 y 60 días). Se recogieron muestras de cada una de las pruebas para realizar los análisis pertinentes tras 60 días de vermicompostaje. .
- **Revisión del desarrollo de las lombrices.** A los 30 y 60 días se realizaron determinaciones para establecer la evolución del desarrollo de las lombrices en relación al inoculo inicial (200 lombrices por prueba).

5. Evaluación del desarrollo de la población de *D. veneta* y proceso de vermicompostaje

Al inicio del experimento se preseleccionaron determinados parámetros para usar su evaluación como método de seguimiento y determinación final de la influencia del sustrato en el ciclo de vida de las lombrices que lo consumen. Además se realizaron las determinaciones químicas correspondientes para evaluar la influencia de las lombrices en el proceso de vermicompostaje de los distintos sustratos

El seguimiento de la población se efectuó en tres tiempos: al inicio, mitad (30 días) y final del experimento (60 días). La toma de muestras se realizó con ayuda una unidad de

muestreo cilíndrica, con una capacidad de 2L y con la que se realizaron 3 muestreos en cada uno de los ensayos previa homogenización de los sustratos



Ilustración 3: y superiorde la unidad de muestreo empleada.

Los valores estimados para la determinación del desarrollo de *D. veneta* son los siguientes:

Distribución poblacional

En base a la bibliografía se **caracterizaron las diferentes etapas** en términos de edades ecológicas según las cuales se realizó la distinción por categorías de los individuos hallados en los muestreos (**Tabla 2**).

Tabla 2: etapas de desarrollo de *D. veneta* (Muyimaet al, 1994). En este proyecto se hace referencia a los individuos Juveniles como juveniles <2cm y a los Pre-clitelados como juveniles >2cm .

Etapa de desarrollo	Días	Tamaño	Peso lombriz
Juvenil	<20 días	<2 cm	<0.25 mg
Pre-clitelado	≥20días <40 días	>2 cm	≥0.25 mg <0.5 mg
Clitelada / adulta	>40 días	≥ 3 cm	≥0.5 mg

Además, en los seguimientos también se contabilizaron los huevos fértiles encontrados en los ensayos.

Al final del ensayo se realizó la **valoración de la población final**, en términos de número y peso (g) (Duran, L., 2009)

Multiplicación de la lombriz

La reproducción de los especímenes en cada una de las réplicas se evaluó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ demultiplicación} = \frac{N^{\circ} \text{ de lombrices final}}{N^{\circ} \text{ de lombrices inoculadas}} \times 100$$

Biomasa (g de lombriz/L de sustrato)

Este valor permite estimar la abundancia de población de lombrices en función del volumen del sustrato en el que se desarrollan. Se calcula dividiendo los gramos de lombriz determinados en un sustrato por el volumen total de éste en el momento de la toma de la muestra.

Densidad del sustrato (gramos de sustrato/L de sustrato)

Este parámetro está directamente relacionado con el grado de humedad de la mezcla y con el denominado “Espacio libre de aire” (ELA). A mayor densidad menor ELA y mayor compactación del material y menos volumen (L) que ocupa una misma cantidad (expresada en Kg). Este factor es muy interesante ya que uno de los objetivos últimos del vermicompostaje es reducir el volumen de los residuos gestionados.

Eficiencia de transformación del abono (EFTA)

Parámetro útil a la hora de estimar la eficiencia de conversión de las poblaciones de *D. veneta* para convertir el abono suministrado en vermicompost.

$$EFT = \frac{Kg\ de\ vermicompost\ producido}{Kg\ de\ sustrato\ suministrado} \times 100$$

6. Análisis físico-químico del vermicompost

Evolución del proceso a tiempo real: determinaciones realizadas en campo. Se realizaron medidas de pH, conductividad y temperatura a los 0, 30 y 60 días del experimento.

Evolución del proceso post-cosecha: determinaciones realizadas tras haber finalizado el ensayo. Las siguientes determinaciones permitieron evaluar la calidad físico-química del vermicompost final:

- Carbono orgánico
- Nitrógeno orgánico
- Materia orgánica
- Humedad

Los análisis se realizaron a través de una empresa externa, ALKEMI SA.

7. Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el paquete estadístico SPSS (IBM SPSS Statistics 20). Los resultados se discutieron y argumentaron basándose en la bibliografía, y se obtuvieron las conclusiones finales del trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se representan y evalúan los datos obtenidos a lo largo del estudio. El objetivo es analizar punto por punto la influencia de los sustratos sobre el desarrollo del ciclo de vida de *Dendrobaena veneta* y sobre la calidad del vermicompost final.

1. Evolución de las unidades poblacionales

Los resultados de la evolución de las poblaciones durante la duración del experimento se muestran representados en la **Figura 4**. En esta figura se reúnen todos los valores para el número de capullos hallados, juveniles y adultos. En el caso de los Juveniles en la figura 4 se agrupan los resultados obtenidos a lo largo de los 60 días para los dos subgrupos: juveniles <2cm y >2cm

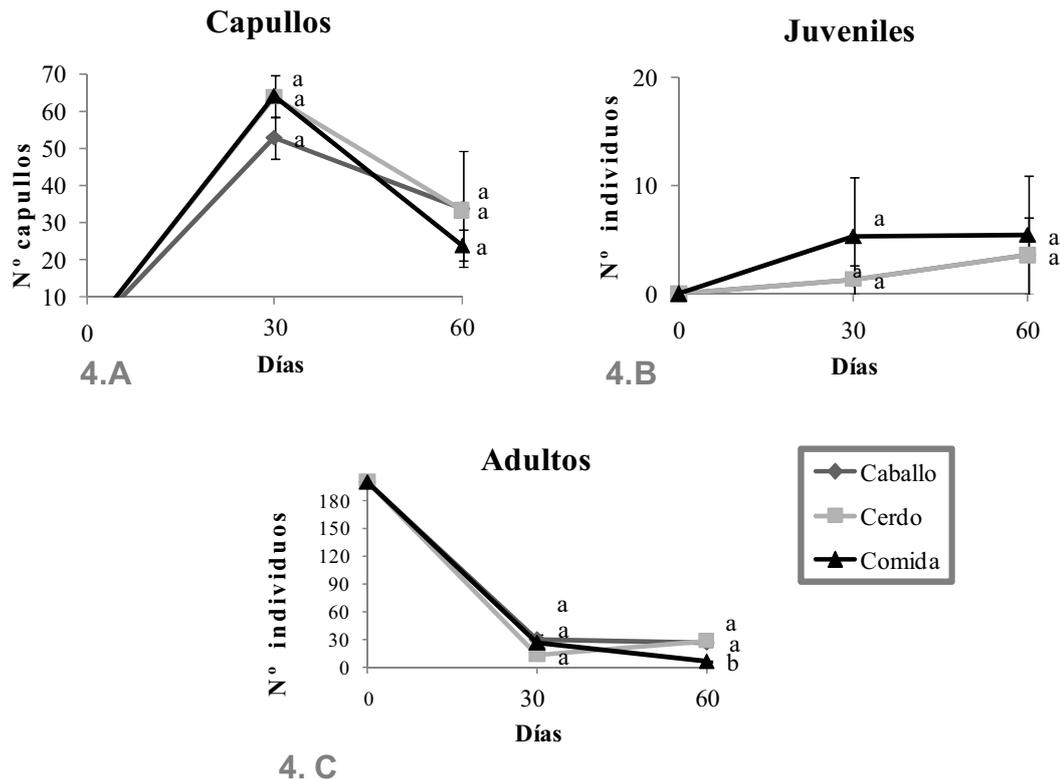


Figura 3: capullos (4. A.), juveniles (4. B) y adultos (4. C) durante el vermicompostaje de estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz de tierra *Dendrobaena veneta*. Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Tukey, $P < 0,05$).

A los **30 días** de dar comienzo el ensayo en todas las pruebas se detecta un pico máximo en la **puesta de capullos** aunque este no supone diferencias significativas entre los alimentos. Esta tendencia cambia drásticamente a los **60 días** cuando se reduce la puesta aunque de forma más acusada en el residuo de restos de comida. Para que un residuo sea vermicompostable es imprescindible que la reproducción sea exitosa, asegurándose una continuidad en la población de *D. veneta*. Los resultados obtenidos indican la posibilidad de que *D. veneta* se reproduzca en todos los sustratos **empleados**. La fuerte mengua de los resultados a los 60 días de experimento se genera probablemente debido a un exceso en la población en relación al volumen de alimento existente o bien a un agotamiento nutricional del alimento (Reinecke *et al*, 1990). A diferencia de lo publicado en otros artículos, bajo las condiciones de este experimento *D.*

veneta sí ha podido desarrollarse directamente sobre sustratos que no han pasado por un compostaje previo. (Gunadi & Edwards, 2003)

Los individuos juveniles aumentaron en la **mitad del experimento**, aunque en el caso del estiércol de cerdo no fue tan acusado. El crecimiento de la población continuó siendo evidente al finalizar el experimento tras 60 días de cría. En el caso del residuo de estiércol de cerdo se aprecia un aumento del crecimiento poblacional para esta etapa de vida de la lombriz, alcanzando los valores del estiércol de caballo y restos de comida. Los huevos de *D. veneta* eclosionan de media a los 40 días de la puesta, es por ello por lo que el incremento de los individuos juveniles de la **Figura 4. A los 30 y 60 días** sería ocasionado por **la eclosión de los huevos puestos por los adultos** con los que se inició el experimento (Elvira *et al*, 1996; Viljoen *et al*, 1991).

Los **adultos** sufrieron un descenso muy destacado desde el inicio del experimento con 200 individuos (**Figura 4**). Si bien es cierto que aunque a los **60 días** se aprecia un incremento en el número de adultos con respecto la toma de datos anterior, esta no muestra diferencias significativas entre los medios. Es plausible la posibilidad de que se dieran **fenómenos de regresión del clitelo** en los adultos, hechos citados por Edwards (1988) y Domínguez *et al* (1997) que explicarían que gran parte de los adultos, afectados por un periodo de estrés generado ante el cambio de medio de crecimiento, perdieran el clitelo y en los recuentos fueran catalogados de individuos juveniles. Existe otra teoría que correlacionaría la disminución de los individuos adultos a los 30 días con el elevado incremento de los huevos hallados en el recuento de este mismo periodo. Domínguez (2004) cita en su estudio la existencia de un mecanismo de perpetuación de la población, llevado a cabo por los individuos adultos de lombrices ante situaciones de máximo estrés. Bajo estas condiciones las lombrices adultas canalizan todos sus recursos de cara a producir capullos. Estas estructuras presentan una gran resistencia, que les permite resistir

latentes hasta que las condiciones ambientales son las idóneas para que la especie pueda desarrollarse con normalidad.

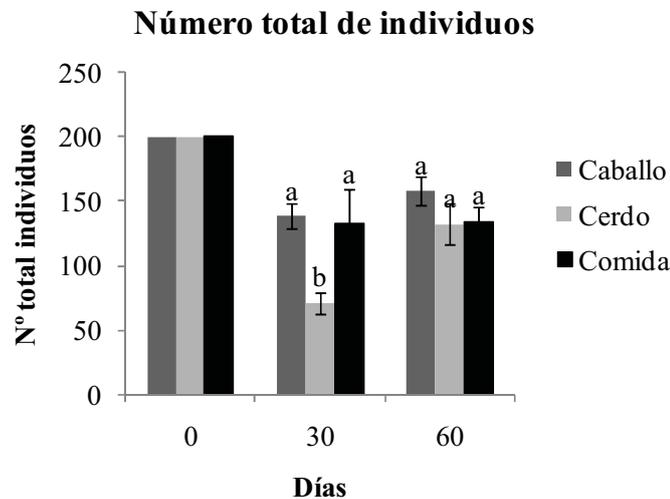


Figura 4: número total de individuos durante el vermicompostaje de estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz de tierra *Dendrobaena veneta*. Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Turkey, $P < 0,05$).

Los datos expuestos en la **Figura 5** determinan que aunque en mitad del experimento sí se detectaron diferencias de crecimiento significativas entre las pruebas de alimentación con estiércol de cerdo y las demás, al finalizar los 60 días de experimento las diferencias se salvaron, llegando a un casi equilibrio entre el número de individuos de todas las pruebas. Probablemente, la principal causa se deba a un mayor coste adaptativo por parte de *D. veneta* en el estiércol de cerdo. Durante el transcurso del experimento el estiércol maduró de ahí que los individuos pudieran desarrollarse de forma equiparable al resto de medios (Domínguez *et al*, 1997; Garg *et al*,2005)

2. Evolución de los pesos de las poblaciones

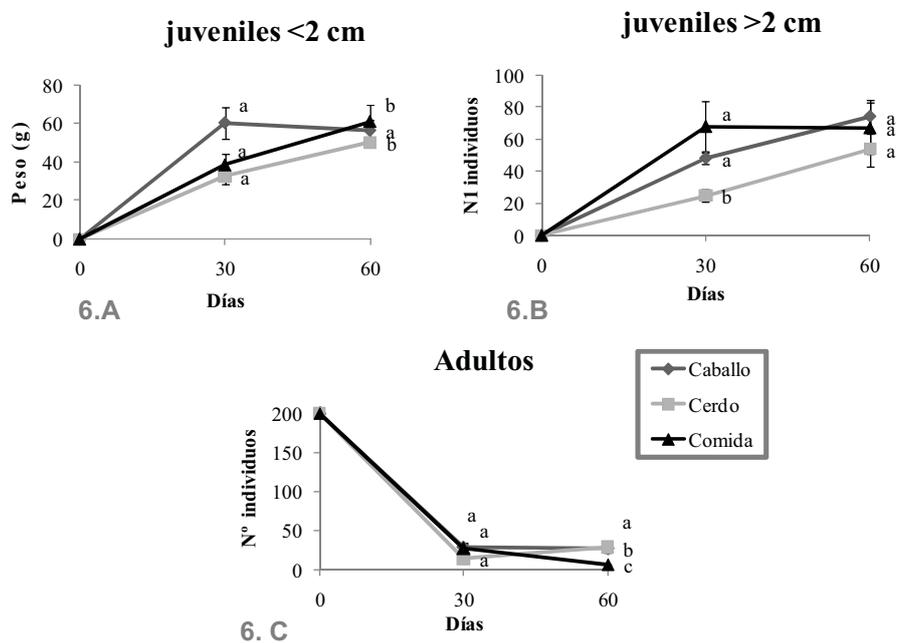


Figura 5: evolución del peso de los grupos de individuos: juveniles<2cm (6. A.), juveniles > 2cm (6. B) y adultos (6. C) durante el vermicompostaje de estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz de tierra *Dendrobaena veneta*. Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Tukey, $P < 0,05$).

En la **Figura 6** se representan los resultados obtenidos para la evolución de los pesos de distintos estadios vitales de *D. veneta*: juveniles<2cm, juveniles >2 cm y adultos. La valoración del peso se realizó **en función al peso total de los individuos hallados en cada prueba**. En ambas etapas de juveniles, el aumento del peso total de la población se mantiene a la alza en el primer periodo de prueba (30 días) mientras que se estabiliza al finalizar el estudio (60 días). Las únicas diferencias significativas halladas entre medios tuvieron lugar en las poblaciones alimentadas con estiércol de cerdo, lo que sugiere que, al menos en este parámetro, este alimento influye de forma diferente en la población que el estiércol de caballo y la comida. **El incremento del peso** de cada una de estos estadios vitales es proporcional y por tanto, **coherente con el aumento del número de**

individuos de las poblaciones apreciado en la Figura 4. El crecimiento fue mayor en los primeros 30 días, probablemente coincidiendo con una mayor disponibilidad de alimentos, que se vio reducida en el tiempo debido a un incremento en la población total (Figura 5) que, junto con el agotamiento de los recursos nutricionales del alimento, ocasionaron una **reducción en el engorde de los individuos juveniles** (Aquino *et al.* , 1994)

El peso de los adultos se redujo considerablemente tras el inicio del experimento. La principal causa se puede comprobar en la **Figura 4. C.**, en la que se detectó una reducción sustancial del número de individuos adultos. A los 60 días del estudio sí se detectó un incremento del peso en los individuos adultos alimentados con caballo y cerdo a comparación con el peso de los individuos criados en los restos de comida (6.C) existiendo diferencias significativas que así lo manifiestan. Dmitriew & Rowe (2007) basaron sus estudios en el análisis de la respuesta de crecimiento compensatorio (CC) que puede tener lugar en individuos de especies que han sido sometidos a largos periodos de estrés alimentario (limitación de alimento). Basando los resultados de los pesos de los adultos en la **Figura 6. C** bajo la premisa del CC es probable que los resultados obtenidos a los 60 días **anticipasen una probable recuperación de la población al estrés inicial causado por el cambio de medio de alimentación.** Está documentado que, a pesar de que las lombrices demuestren tolerancia positiva ante un determinado alimento pueden tener lugar periodos de adaptación de corta duración, durante los cuales se produce una ralentización del desarrollo de la población, que redirige sus reservas alimenticias a sobrevivir y no a crecer en tamaño. Una vez vuelve a haber disponibilidad de comida, las lombrices recuperarían su desarrollo habitual (James & Hendrix, 2004). Sería interesante dar continuidad a este estudio con más duración para verificar si tras un

periodo de mayor duración el peso de la población seguiría en aumento tal y como se presupone con los resultados obtenidos (Yearsley *et al.*, 2004)

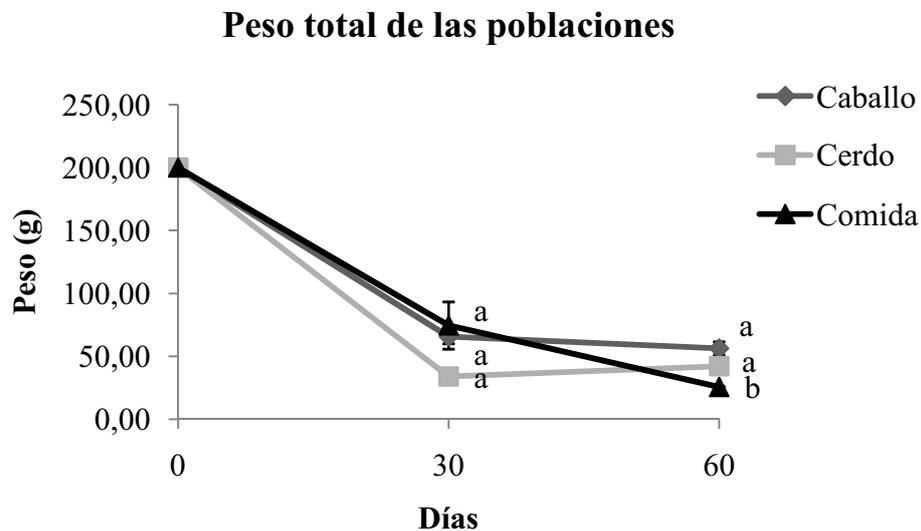


Figura 6: peso total de individuos durante el vermicompostaje de estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz de tierra *Dendrobaena veneta*. Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Tukey, $P < 0,05$).

Los resultados de la figura 7, en la que se representa el peso total de los individuos durante el experimento, son determinantes para enaltecer las teorías expuestas en párrafos anteriores: (1) Inicialmente se produjeron procesos de estrés nutricional que dieron lugar a una ralentización del engorde de las poblaciones a par de la disminución del número total de individuos (Figura 5), (2) La estabilización del peso total al finalizar el experimento indica que podría estar comenzando un proceso de CC que no pudo ser demostrado por la finalización del ensayo pero que se sostendría por artículos como el de James & Hendrix (2004) en el que sugieren el concepto “income growth” al que se ha hecho referencia anteriormente.

3. Porcentaje de multiplicación

Este parámetro permite establecer la **capacidad reproductora de la lombriz** a los 30 y 60 días, tomando en cuenta el número total de individuos hallados frente a los sembrados. En la **Tabla 3** se representan los resultados obtenidos.

Tabla 3: Porcentaje de multiplicación durante el vermicompostaje de estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz de tierra *Dendrobaena veneta*. Los valores se corresponden con la media \pm el error estándar (n=3). Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Tukey, $P < 0,05$).

Tratamiento	Día 0	Día 30	Día 60
Caballo	-	69,16 \pm 5,00 ^a	78,92 \pm 5,72 ^a
Cerdo	-	35,65 \pm 4,13 ^b	66,15 \pm 8,16 ^a
Comida	-	66,64 \pm 13,18 ^a	67,27 \pm 5,83 ^a

Los análisis estadísticos realizados (**Tabla 3**) demuestran que existieron diferencias significativas para la reproducción de la especie en el estiércol de cerdo (Día 30). A pesar de que estadísticamente no se detectaron diferencias significativas para los resultados obtenidos a los 60 días sí que se podría considerar que los datos del estiércol de caballo y restos de comida son notablemente diferentes a los del estiércol de cerdo. Este resultado concuerda con los obtenidos en las **Figuras 4 y 7** en las que se anticipaba un menor desarrollo de la población en el estiércol de cerdo. Probablemente la razón se deba a una mayor compactación del material, al que no se le adicionó ningún tipo de estructurante, o a diferencias en la composición química (**Tabla 7**). Sin embargo, cabe destacar que a pesar de que la bibliografía existente indica la necesidad de realizar un pre-tratamiento al estiércol de cerdo, en este ensayo la lombriz se desarrolló sin necesidad de realizar el proceso (Chan & Griffith, 1988).

4. Biomasa

Bajo este parámetro se analizó la **cantidad de biomasa expresada como gramos de lombriz existentes por litros de sustrato**. En la **Tabla 4** se muestran los resultados y sus comparaciones estadísticas.

Tabla 4: biomasa (g de lombriz/L de sustrato) a lo largo del vermicompostaje de estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz de tierra *Dendrobaena veneta*. Los valores se corresponden con la media \pm el error estándar (n=3). Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Tukey, $P < 0,05$).

Tratamiento	Día 0	Día 30	Día 60
Caballo	10	11,76 \pm 0,85 ^a	15,34 \pm 1,11 ^a
Cerdo	10	9,71 \pm 1,12 ^a	18,00 \pm 2,22 ^a
Comida	10	15,11 \pm 2,99 ^a	20,08 \pm 1,74 ^a

Como se puede comprobar en la Tabla superior no existieron diferencias significativas en torno a este parámetro. Sin embargo, cabe destacar que los mayores valores de biomasa tuvieron lugar para las poblaciones alimentadas con restos de comida lo cual se podría deber a que la reducción en el volumen del sustrato al final del ensayo es mucho mayor que el que se dio en los demás (Tabla 5). En el artículo de Arias *et al*, 2017 demuestran datos que indican este hecho, los residuos que incorporan restos orgánicos como componente mayoritario experimentan mayores reducciones de volumen. Esto sería un punto a favor de la gestión de restos orgánicos de comedor mediante el vermicompostaje (Domínguez (2004) y Duran & Enríquez (2009)).

5. Eficiencia de transformación del abono (EFTA)

Tabla 5: balance de masas a lo largo del vermicompostaje de estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz de tierra *Dendrobaena veneta*. Los valores se corresponden con la media \pm el error estándar (n=3). Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Tukey, $P < 0,05$).

Tratamiento	Balance de masas		
	Kg de sustrato suministrado	Kg de vermicompost cosechado	EFTA 60 días
Caballo	9,32	5,52	59,21 \pm 0,46 ^a
Cerdo	7,2	4,3	59,75 \pm 1,83 ^a
Comida	10,1	3,98	39,26 \pm 2,37 ^b

La eficiencia de transformación del abono es un parámetro que se emplea para **representar el grado de reducción, o de transformación del alimento suministrado** inicialmente a las pruebas de vermicompostaje. De acuerdo con la **Tabla 5**, la EFTA fue mucho mayor en los tratamientos con caballo y cerdo. Las **características físicas de los sustratos** junto con la **composición química** de los mismos serían las razones que determinaron este resultado (Edwards *et al*, 1988). En el tratamiento con la comida se tuvieron que hacer pruebas de adaptación del material por las que el desarrollo de la población, y por ello, del proceso de vermicompostaje, fue menor que en los sustratos de cerdo y caballo. Estos dos últimos residuos fueron bien asimilados por las lombrices desde un primer momento, lo cual favoreció una mayor EFTA. Estos datos corroboran las conclusiones de otros estudios como el de Chan & Griffiths (1988) y Pérez *et al* (2017) en los que se comprueba la eficiencia en el vermicompostaje de estiércol de cerdo y caballo respectivamente.

La mineralización de la materia orgánica también supone un importante factor en la EFTA. Al mineralizarse, la materia orgánica se volatiliza y ello se traduce en una mayor reducción del peso y volumen del sustrato, que deriva en un mayor valor de EFTA (Edwards *et al*, 1988; Paredes *et al*, 2000).

6. Densidad de los sustratos

Tabla 6: densidad g/L de las pruebas a lo largo del vermicompostaje de estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz de tierra *Dendrobaena veneta*. Los valores se corresponden con la media \pm el error estándar (n=3). Las letras diferentes representan diferencias significativas (test HSD de Tukey, $P < 0,05$).

Tratamiento	Día 0	Día 30	Día 60
Caballo	465,83 \pm 2,20 ^a	592,69 \pm 8,35 ^a	536,12 \pm 6,48 ^a
Cerdo	360,00 \pm 2,89 ^b	748,30 \pm 7,86 ^b	858,03 \pm 13,61 ^a
Comida	505,00 \pm 20,21 ^a	1000,00 \pm 14,40 ^c	594,53 \pm 59,75 ^a

La relación que existe entre el peso del material (g) y el volumen que ocupa (L) se conoce como **densidad** y se trata de un concepto de gran interés y utilidad práctica a la hora de poner en marcha un proceso productivo de vermicompostaje. La medición de este valor a lo largo de los 60 días permite evaluar de forma indirecta ciertas características del sustrato, siendo las más importantes la **porosidad** y la **humedad**. En los procesos de compostaje y vermicompostaje lo habitual es que los sustratos incrementen su densidad a medida que son procesados, debido sobre todo a la disminución del tamaño de la partícula y a una mayor concentración de nutrientes.

En la **Tabla 6**, se comprueba que la densidad aumentó más en el estiércol de cerdo. Si se hallan diferencias a mitad de proceso (30 días) entre todos los tratamientos. Mientras que en el estiércol de cerdo se detectó una mayor evolución en la densidad, en los restos de caballo ésta se mantuvo más o menos constante a lo largo de todo el desarrollo del experimento. En el caso de los restos de comida en el día 30 se detectaron valores de densidad más elevados de lo normal muy distintos de los de los demás tratamientos por lo que valdría la pena pensar que el valor obtenido, 1.000g/L debería ser revisado en posteriores experimentos para corroborar su validez.

7. Influencia de los sustratos sobre los parámetros físico-químicos del vermicompost

Tabla 7: parámetros físico-químicos del estiércol de caballo, estiércol de cerdo y restos de comida con la especie de lombriz antes y después de pasar por el proceso de vermicompostaje, a los 0 y 60 días. (m/m: masa sobre masa ; m/msss masa sobre masa seca). Los análisis de Humedad, conductividad, materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno orgánico se encargaron a una empresa externa, ALKEMI S.L. (Anexo II)

Residuo	Días	pH	Humedad (% m/m)	Conductividad (mS/cm)	Materia orgánica total (% m/m sss)	Carbono orgánico (% m/m sss)	Nitrógeno orgánico (% m/m sss)
Caballo	0	7,16	79,8	2,21	78,75	45,68	1,08
	60	8,06	77,1	1,16	69,25	40,17	0,44
Comida	0	4,1	79,5	4,82	87,8	50,93	0,46
	60	6,6	64,8	2,6	63,1	36,60	0,15
Cerdo	0	6,12	72,3	6,23	77,58	45,00	0,71
	60	6,89	74,3	1,58	61,38	35,60	0,48

Los parámetros físico-químicos (**Tabla 7**) son determinantes a la hora de dar salida al producto final obtenido en procesos de vermicompostaje. Los valores obtenidos a los 60 días para los vermicompost obtenidos en los tres tratamientos son de gran relevancia para la constitución de unas conclusiones válidas y consolidadas.

El **pH** es uno de los parámetros más importante para definir la capacidad fertilizante de un vermicompost. La alcalinidad o acidez de un suelo influye en la disponibilidad de los nutrientes de forma muy relevante. El valor ideal para el pH en suelos es entorno a 6-7 dependiendo de las especies que se quieran cultivar. Por lo general en Galicia los suelos son ácidos, razón por lo que se recomienda el uso de abonos con pH básicos que ayuden a neutralizar la acidez. Los datos de la **Tabla 7** demuestran un **incremento del pH en todos los residuos al finalizar el ensayo**. Mientras que en el estiércol de cerdo esta variación es escasa, en el estiércol de caballo y restos de comida es mucho más acusada. En los restos de comida se pasa de un pH ácido (4,1) a casi neutro (6,6), encontrándose este dentro del rango óptimo para la mayor parte de los cultivos (6-7). En el estiércol de caballo se pasa de un pH neutro (7,16) a básico (8,06), convirtiéndolo en un producto fertilizante con un pH ideal para la neutralización de los suelos ácidos de Galicia. Detrás de estos aumentos de pH se encuentra **el proceso de mineralización de la materia**

orgánica. Durante el vermicompostaje, tiene lugar la alcalinización del medio debido a la generación de amonio y degradación de ácidos orgánicos debido a la actividad de organismos aerobios. También es importante la producción de ácidos húmicos a partir de la materia orgánica, que asegura la neutralización del medio, compensando a los compuestos básicos generados en esta fase (Richard, 1996; Sánchez-Monedero, 2001).

Comparando los resultados de **% de humedad de la tabla 7** con las densidades obtenidas en la **tabla 6**, se concluye que los resultados confluyen coherentemente dando lugar a una concomitancia en la que la densidad del material y el grado de humedad son directamente proporcionales. Al inicio del ensayo, mientras que el caballo y los restos de comida tienen densidades parejas, el cerdo, que posee un menor porcentaje en humedad también tiene una menor densidad. A los 60 días sin embargo, no existiría correlación directa entre las humedades y la densidad de los tratamientos pues, mientras que caballo y cerdo tienen humedades semejantes, la densidad de ambos es diferente. Una posible causa estaría en **la menor porosidad del estiércol de cerdo tras ser vermicompostado que implicaría un menor tamaño de la partícula y, por tanto, una mayor relación peso/volumen.**

La conductividad eléctrica, en un vermicompost está determinada por el material de partida. Principalmente por el contenido de sales, que suele ser más elevado en estiércoles de animales que han sido alimentados con piensos industriales. En el vermicompostaje se da un incremento en la conductividad del material, lo cual no sucede en este experimento, tal y como se puede comprobar en la Tabla 7. Posiblemente la **reducción en la salinidad** se deba a procesos de lixiviación de los estiércoles, ya que en algún caso fue necesario aplicar riego para mantener la humedad idónea para el desarrollo de las lombrices. Los resultados obtenidos en la **Tabla 7** destacan debido a que es la comida el residuo que mostró mayor valor en la conductividad. La causa más razonable es que este resultado se

deba a la cantidad de sales que son adicionadas a los alimentos durante su cocción. . Se concluye que las conductividades de todos los vermicompost no serían limitantes a la hora de aplicarlos en suelos para su fertilización (se recomienda que sea menor a 4mS/cm). (Andrades & Martínez, 2014)

En cuanto a la **Materia orgánica total** y el **Carbono orgánico**, los resultados de la **Tabla 7** demuestran que tras el proceso de vermicompostaje esta variable se ve reducida en mayor o menor medida, según el residuo tratado. El vermicompost se basa en la descomposición de la materia orgánica (mo) dentro del proceso digestivo de la lombriz de tierra. Este proceso se incluye dentro del ciclo de la mo y se basa en la descomposición de la misma mediante su conversión en CO₂, H₂O y Humus de lombriz. Mientras que el Humus de lombriz es la materia orgánica remanente que quedaría en el fertilizante final, el carbono orgánico en forma de CO₂ es liberado al suelo. Esta es la razón por la cual tras el proceso de vermicompostaje se observa la disminución de la materia orgánica y carbono orgánico en todos los residuos empleados. Las diferencias en las reducciones probablemente se deban a distintos estados de maduración del residuo .Las conclusiones que se podrían sacar serían que la comida (con 16 puntos menos de mo a los 60 días) habría sufrido un mayor proceso de descomposición que los residuos de estiércol de caballo y cerdo, con 9 puntos menos en mo que los obtenidos en las muestras iniciales.

El **Nitrógeno orgánico**, también sufre importantes reducciones tras 60 días de vermicompostaje, siendo más acusable en el estiércol de caballo. Para comprender este proceso hay que hacer referencia al ciclo del nitrógeno en el suelo. El nitrógeno orgánico del suelo debe de ser mineralizado a amonio y nitratos para estar fácilmente disponible para las plantas y este es el proceso que tiene lugar en el suelo durante la descomposición de la materia orgánica (Sánchez-Monedero, 2001). Los resultados de la **Tabla 7** **representan el proceso de mineralización del nitrógeno** en el suelo, que pasa de estar

en forma orgánica (0 días) a estado inorgánico (60 días). Así, el proceso de mineralización ha sido más acusado en el estiércol de caballo, seguido por el de cerdo y el de restos de comida. Los resultados coinciden con los expuestos por Iglesias (1995) donde muestra valores en N orgánico mucho más elevados en el estiércol de caballo que en el de cerdo.

Los parámetros físico-químicos evaluados son insuficientes para caracterizar los vermicompost obtenidos y clasificarlos entre los tipos de fertilizantes recogidos en el RD 506/2013.

CONCLUSIONES

1. *D. veneta* tiene **la capacidad de reproducirse exitosamente en todos los sustratos evaluados**. Se obtienen % de multiplicación de 78,9%-66,15%-67,27 para las poblaciones desarrolladas en el estiércol de caballo, de cerdo y restos de comida, respectivamente.
2. Se comprueba la existencia e **periodos de estrés alimentario** al iniciar el vermicompostaje de los residuos orgánicos y se encuentran evidencias de procesos de **crecimiento compensatorio**.
3. De todos los residuos evaluados, *D. veneta* tiene **menor capacidad reproductiva en el estiércol de cerdo** (78,9% de % de multiplicación y 150 individuos totales al final del ensayo) aunque **no se hallaron diferencias en cuanto a biomasa** entre las poblaciones muestreadas en los diferentes tipos de residuos.
4. Los resultados obtenidos en las pruebas físico-químicas manifiestan la **existencia de cambios en los sustratos tras ser vermicompostados durante**
5. **0 días**, destacándose sobre todo los procesos de mineralización de la materia orgánica u los nutrientes.

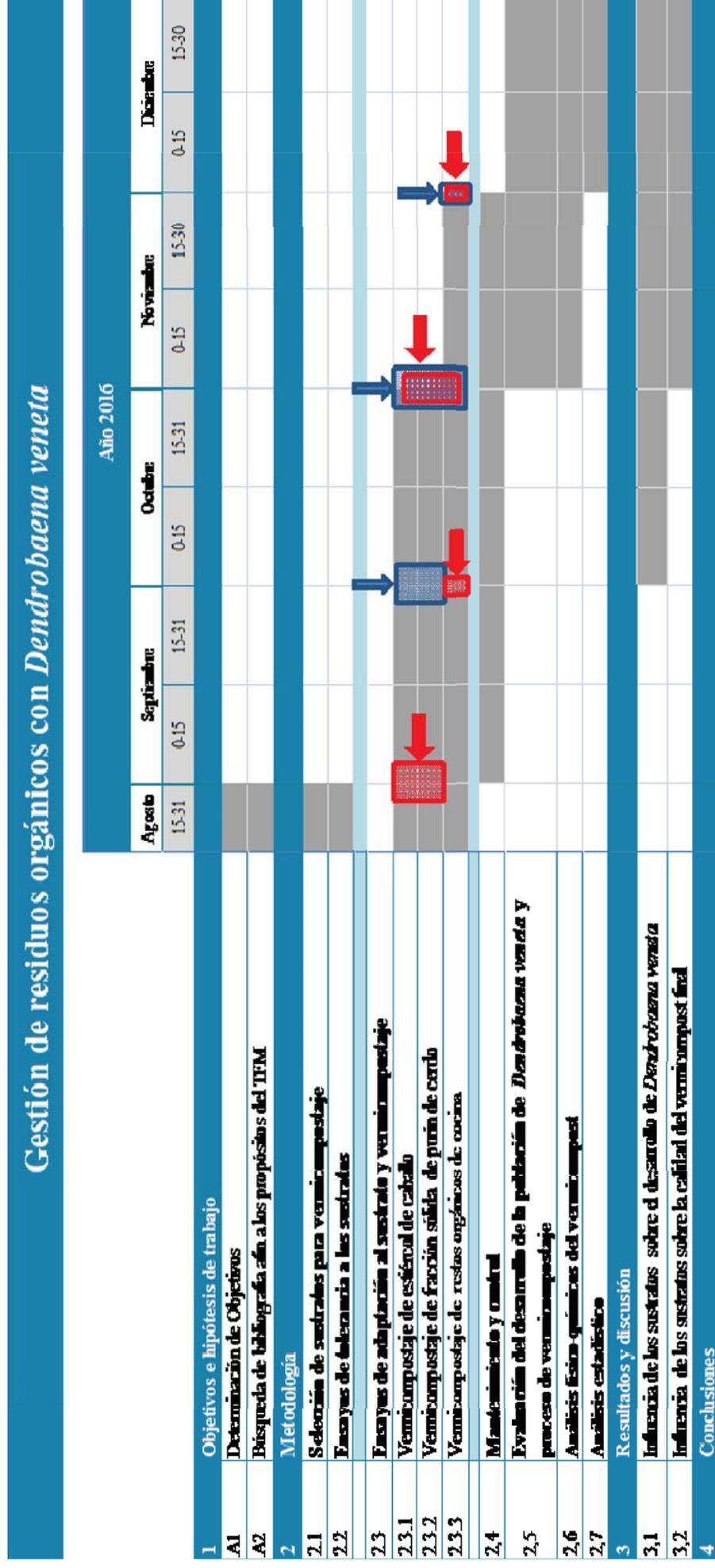
BIBLIOGRAFÍA

- Andrades, M.; Martínez, E. (2014) Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Universidad de la Rioja. La Rioja: Servicio de publicaciones
- Aquino, A.M.; Almeida, L.D.; Freire, R.L.; De-Poli, H. (1994) Reprodução de ninhocas (oligochaeta) em esterco bovino e bagaço de cana-de-açúcar. Pres. Agrop. Brasileira 29 :161-168.
- Bernal, M. P.; Alburquerque, J. A.; Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresourcetechnol.* 100: 5444-5453
- Chan, L.P.S.; Griffiths, D.A. (1988): The vermicomposting of pre-treated pig manure. *Biol. Wastes* 24: 57–69.
- Chaudhari, R; Datar, M. ; Babookani M. (2011) Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic species of earthworm *Eudriluseugeniae*. *J EnvironSciEng.* 53: 29-34.
- Dmitriew, C. & Rowe L. (2007) Effects of early resource limitation and compensatory growth on lifetime fitness in the ladybird beetle (*Harmonia axyridis*). *J EvolutionBio.* 1 20: 1298–1310
- Dominguez, J. (2004). State-of-the-Art and New Perspectives on Vermicomposting Research. *Edwards C. EarthwormEcology. CRC Press Florida USA .* 401-4024 (A)
- Dominguez, J. ; Gómez-Brando, M. (2010). Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta Zool. Mex.* 2: 309-320.
- Dominguez, J. ; Edwards, C. (2011) Chapter 2 Relationships between Composting and Vermicomposting. *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental management CRC Press, Florida USA.* 11-25 (B)
- Dominguez, J. ; Edwards, C. (2011) Chapter 2 Relationships between Composting and Vermicomposting. *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental management CRC Press, Florida USA* pp 11-25
- Dominguez, J.; Briones J.; Mato, M. J. (1997). Effect of the diet on growth and reproduction of *Eisenia Andrei*. *Pedobiología .* 41:566-576.
- Duran, L.; Henriquez, C. (2009) Crecimiento y Reproducción de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *AgronCostarric* 33: 275-281
- Edwards, C. A. (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earth-worms., ed. C. A. Edwards and E. F. Neuhauser, In *Earthworms in Waste and Environmental Management*, The Hague, the Netherlands: 21–31
- Elvira, C; Dominguez, J; Mato, S. (1996) The growth and reproduction of *Lumbricus rubellus* and *Dendrobaena rubida* in cow manure Mixed cultures with *Eisenia andrei*. *Appl. Soil Ecol.* 5: 97-103.
- Fayolle, L; Michaud, H.; Cluzeau, D. (1997) Stawiecki, Influence of temperature and food source on the life cycle of the earthworm *Soil BiolBiochem.* 29: 747-750
- Garg, V.K.; Chand, S.; Chhillar, A.; Yadav growth A. (2005) Grow and reproduction of *eisenia foetida* In various animal wastes during vermicomposting. *ApplEcolEnv Res.* 3: 51-59
- Gunadi, B. ; Edwards, C.A. (2003): The effect of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia foetida* (Savigny) (*Lumbricidae*). *Pedobiologia.* 47: 321–330.
- Iglesias Martínez, Luís. (1995). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Madrid: Instituto Nacional De Reforma Y Desarrollo Agrario Dirección General De Infraestructuras Y Cooperación.

- James, S.W.; Hendrix, P.F. (2004). Invasion of exotic earthworms into North America and other regions. In: Edwards, C.A.(Ed.), *Earthworm Ecology*, 2nd ed., CRC Press LLC, Boca Raton, FL, pp. 75-88
- Lazcano, C. ; Gómez-Brandón, M. ; Domínguez, J. (2008). Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 72: 1013-1019
- Loehr, R.C.; Neuhauser, E.F.; Malecki, M. R. (1985). Factors affecting the vermistabilization process. *WaterRes.* 19:1311 - 131.
- Nagavallema, K P, Wani, S.; Lacroix, S. ; Padmaja, V. ; Vineela, C. ; Rao, M. ; Sahrawat, K . (2004) *Vermicomposting: Recycling Wastes into Valuable Organic Fertilizer*. Global Theme on Agroecosystems Report no. 8. Monograph. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics ,Patancheru, Andhra Pradesh, India.
- OECD (2015), *Environment at a Glance 2015: OECD Indicators*, OECD Publishing, Paris
- Onwosi, C. ;Igbokwe, V. ; Odimba, J. ; Eke, I. ; Nwankwoala, M. Iroh, I. ;Ezeogu, L. (2017) *Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects*. *J EnvironManag.* 190: 140-157
- Paredes, C.; Roig, A.; Bernal, M.P.; Sánchez-Monedero, M.A.; Cegarra, J., (2000). Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biol. Fertil. Soils* 32, 222–227
- Paul L.; Chan, D.; Griffiths (1988). The vermicomposting of pre-treated pig manure. *BiolWaste* 24: 57-69
- Pérez-Godínez, E. A. ;Lagunes-Zarate, J. ; Corona-Hernández, J. ; Barajas-Aceves, M. (2017). Growth and reproductive potential of *Eiseniafoetida* (Sav) on various zoo animal dungs after two methods of pre-composting followed by vermicomposting. *WasteManage*
- Reinecke, A. J.; Viljoen, S. A. (1990). The influence of feeding patterns on growth and reproduction of the vermicomposting earthworm *Eiseniafetida* (Oligochaeta). *Biol. Fertil. Soils.* 10: 184–187
- Richard, T. (1996). *The Effect of Particle Size on Bioavailability*. NY: CornellCompostingScience and Engineering
- Sánchez-Monedero, M. A.; Roig ,A.; Paredes, C. ;Bernal, M. P. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol.*, 78 301-308.
- SophiéA, A.V; Reinecke, A.J.; Hartman, L. (1991). Life-cycle of the European compost worm *Dendrobaenaveneta* (Oligochaeta). *S Afr J Zool.* 26:43-48.
- Vázquez, M.A.; Soto, M. (2017). The efficiency of home composting programmes and compost quality. *Waste Manage.*
- Viljoen, S. A; Reinecke, A. .J.; Hartman, L. (1991) Life-cycle of the European compost worm *Dendrobaenaveneta* (Oligochaeta). *S Afr J Zool.* 26:43-48
- Xin, H.; Yaxin, Z.;Maocai, S.; GuangminG, Z. ; Mucen, Z. ;Meirong L. Effect of vermicomposting on concentration and speciation of heavy metals in sewage sludge with additive materials. *BioresourceTechnology*218: 867-873
- Xunta de Galicia (2011). *Plan de xestión de residuos urbanos de galicia 2010-2020*. Xunta de Galicia, Secretaría Xeral.
- Yearsley, J.M. ;Kyriazakis, I.; Gordon, I. J.(2004) Delayed costs of growth and compensatory growth rates. *Funct. Ecol.* 18:563–570

ANEXO I

Cronograma sobre el que se desarrollo la organización temporal del presente estudio



ANEXO II

Datos obtenidos en las tomas de muestra poblacionales partiendo de poblaciones de 200 individuos, con peso de 200 gramos totales y en volúmenes de material de 20L:

30 días

Media en muestras (L de cada muestra)		Cocones maduros		Cocones eclosionados		Juveniles<2 cm		Juveniles<2 cm		Adultos	
Muestra		nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total
Caballo (2L)	1	7,67	6,67	1,57	7,00	2,33	5,67	3,47	7,00	5,67	5,52
	2	8,00	5,33	1,40	7,33	1,47	5,33	3,47	7,33	5,33	6,75
	3	11,33	5,33	1,40	9,33	5,20	4,00	3,83	9,33	5,20	4,00
Promedio		9,00	5,78	1,48	7,11	2,67	5,60	2,90	7,75	5,37	5,37
Separado cerdo (1L)	1	10,33	2,00	1,70	6,67	2,03	2,67	2,03	5,33	2,67	3,10
	2	13,00	1,00	1,40	5,00	1,33	3,00	1,33	3,00	3,00	3,27
	3	10,67	1,44	1,41	5,44	4,17	1,68	2,33	4,17	1,68	1,45
Promedio		11,33	1,48	1,51	5,37	3,17	2,33	2,67	4,17	2,33	2,61
Comida (1,5L)	1	9,33	2,00	1,99	6,33	8,37	6,00	8,37	16,67	6,00	7,17
	2	10,67	2,67	2,91	8,33	5,37	6,00	5,37	10,67	6,00	5,60
	3	12,67	2,00	1,28	7,33	3,67	1,67	1,70	12,67	1,67	1,70
Promedio		10,89	2,22	2,06	6,56	5,80	4,56	5,80	11,56	4,56	4,82

Media en cajones (20L)		Cocones maduros		Cocones eclosionados		Juveniles<2 cm		Juveniles<2 cm		Adultos	
Muestra		nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total
Caballo (11,76L)	1	45,08	39,20	9,21	41,16	13,72	33,32	13,72	33,32	32,44	119,56
	2	47,04	31,36	14,67	73,33	14,67	49,00	20,38	31,36	39,69	153,69
	3	66,64	31,36	14,00	63,33	30,58	23,52	22,54	54,88	30,58	22,54
Promedio		52,92	35,97	12,63	60,58	22,96	29,40	21,96	46,35	29,40	31,36
Separado cerdo (7,35L)	1	61,75	11,95	39,84	10,16	31,87	18,52	12,15	15,93	18,52	87,64
	2	77,68	5,98	29,88	8,37	17,93	8,37	17,93	17,93	19,52	65,73
	3	51,79	7,97	27,89	6,71	24,90	10,06	13,94	24,90	10,06	8,66
Promedio		63,74	8,63	32,53	24,90	18,06	19,47	17,57	24,90	13,94	60,75
Comida (8,82L)	1	54,88	11,78	37,24	11,70	98,00	49,20	35,28	42,14	35,28	170,52
	2	62,72	15,68	49,00	17,09	62,72	31,56	35,28	42,14	35,28	170,52
	3	74,48	11,76	29,40	7,55	43,12	21,56	9,80	10,00	21,56	82,32
Promedio		64,03	13,07	38,55	12,11	67,95	34,10	26,79	28,35	34,10	133,28

60 DÍAS

Media en muestras (L de cada muestra)		Cocones maduros		Cocones eclosionados		Juveniles<2 cm		Juveniles<2 cm		Adultos	
Muestra		nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total
Caballo (1,8L)	1	3,67	4,00	3,47	8,67	4,23	4,67	4,23	4,67	4,02	4,02
	2	2,67	2,70	2,70	11,67	2,70	3,79	2,70	14,00	2,33	4,50
	3	11,33	4,00	9,33	9,33	2,07	5,00	4,32	9,33	2,07	5,00
Promedio		5,89	4,11	9,89	2,94	13,00	2,88	4,72	13,00	2,88	4,04
Separado cerdo (1L)	1	4,33	2,33	1,17	7,00	1,30	2,33	1,30	5,00	1,30	2,58
	2	4,67	1,67	0,80	6,67	0,80	3,33	0,80	10,00	3,00	2,77
	3	4,50	2,00	0,98	6,83	0,98	3,83	0,98	7,00	3,00	2,68
Promedio		4,50	2,00	0,98	6,83	0,98	3,83	0,98	7,00	3,00	2,68
Comida (1,4L)	1	6,33	9,00	0,93	9,33	2,53	1,67	2,53	20,33	2,53	1,67
	2	6,33	1,33	1,33	6,67	1,33	1,33	1,33	8,67	2,90	1,33
	3	3,33	7,33	15,67	2,47	13,00	1,93	1,00	13,00	1,93	1,00
Promedio		5,00	7,56	12,78	1,58	14,00	2,46	1,33	14,00	2,46	1,33

Media en cajones (20L)		Cocones maduros		Cocones eclosionados		Juveniles<2 cm		Juveniles<2 cm		Adultos	
Muestra		nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total	nº	Peso total
Caballo (10,29L)	1	20,96	22,87	19,82	89,54	24,20	26,68	24,20	26,68	22,96	165,78
	2	15,24	24,77	15,44	80,03	13,34	25,73	13,34	25,73	21,09	172,45
	3	64,79	22,87	15,24	53,36	11,81	28,58	24,68	11,81	28,58	135,29
Promedio		33,66	23,50	16,83	74,32	16,45	27,00	23,11	74,32	23,11	157,84
Separado cerdo (7,35L)	1	31,85	17,15	8,58	36,75	9,56	17,15	9,56	18,99	105,35	105,35
	2	34,30	12,25	49,00	5,88	73,50	22,05	39,20	20,34	20,34	161,70
	3	33,08	14,70	50,23	7,23	51,45	14,21	28,18	19,66	19,66	129,85
Promedio		33,08	14,70	50,23	7,23	51,45	14,21	28,18	19,66	19,66	
Comida (6,7L)	1	30,31	43,07	44,67	7,82	97,31	12,12	7,98	44,67	12,12	7,98
	2	25,52	30,31	63,81	41,48	13,88	6,62	11,67	41,48	13,88	6,62
	3	15,95	35,10	74,98	11,80	62,21	9,25	4,79	14,98	9,25	4,79
Promedio		23,93	36,16	61,15	7,55	67,00	11,75	6,31	67,00	11,75	6,31

ANEXO II

Análisis químicos realizados a las muestras recogidas a los 0 y 60 días del estudio en cada uno de los residuos.



Caballo 0 días

Table with 2 columns: DATOS DE LA MUESTRA and DATOS DEL CLIENTE. Includes fields for Matriz, Producto, Referencias, F. Recepción, F. Inicio, F. Fin, Recogido Por, Nombre, Dirección, Localidad, and Provincia.

ENSAYOS DEPARTAMENTO QUÍMICA

Table with 4 columns: PNT, PARÁMETRO, UNIDADES, RESULTADO. Contains 3 rows of test results for Humedad, Materia Orgánica Total, and Nitrógeno Orgánico.

METODOLOGÍA EMPLEADA

- Q 1 AQ-395 -
Q 3 AQ-397 - Cálculos

- Q 2 AQ-396 - Gravimetría



Coslada, 9 de Enero de 2017

Handwritten signature of Julio Amador Sánchez

Julio Amador Sánchez
Responsable Sección Cromatografía

Handwritten signature of Milagros Vázquez González

Milagros Vázquez González
Directora ALKEMI, S.A.

El informe del presente ensayo sólo concierne a la muestra procesada y no debe reproducirse salvo que se haga íntegramente y con la aprobación de ALKEMI, S.A.
La INCERTIDUMBRE asociada a los resultados de los Ensayos Acreditados se encuentra a la disposición de nuestros clientes.
Los recuentos microbiológicos expresados en formato exponencial científico equivalen a potencias de 10. Ejemplo: 1.0E2 = 1.0x10²



Caballo 60 días

Table with 2 columns: DATOS DE LA MUESTRA and DATOS DEL CLIENTE. Includes fields for Matriz, Producto, Referencias, F. Recepción, F. Inicio, F. Fin, Recogido Por, Nombre, Dirección, Localidad, and Provincia.

ENSAYOS DEPARTAMENTO QUÍMICA

Table with 4 columns: PNT, PARÁMETRO, UNIDADES, RESULTADO. Contains 3 rows of test results for Humedad, Materia Orgánica Total, and Nitrógeno Orgánico.

METODOLOGÍA EMPLEADA

- Q 1 AQ-395 - Q 2 AQ-396 - Gravimetría
Q 3 AQ-397 - Cálculos

Coslada, 9 de Enero de 2017

Handwritten signature of Julio Amador Sánchez

Julio Amador Sánchez
Responsable Sección Cromatografía



Handwritten signature of Milagros Vázquez González

Milagros Vázquez González
Directora ALKEMI, S.A.



Fracción sólida de purín de cerdo 0 días

Table with 2 columns: DATOS DE LA MUESTRA and DATOS DEL CLIENTE. Includes fields for Matriz, Producto, Referencias, F. Recepción, F. Inicio, F. Fin, Recogido Por, Nombre, Dirección, Localidad, and Provincia.

ENSAYOS DEPARTAMENTO QUÍMICA

Table with 4 columns: PNT, PARÁMETRO, UNIDADES, RESULTADO. Contains 3 rows of test results for Humedad, Materia Orgánica Total, and Nitrógeno Orgánico.

METODOLOGÍA EMPLEADA

Q 1 AQ-395 -

Q 3 AQ-397 - Cálculos

Q 2 AQ-396 - Gravimetría

Coslada, 9 de Enero de 2017

Handwritten signature of Julio Amador Sánchez

Julio Amador Sánchez
Responsable Sección Cromatografía



Handwritten signature of Milagros Vázquez González

Milagros Vázquez González
Directora ALKEMI, S.A.



Fracción sólida de purín de cerdo 60 días

Table with 2 columns: DATOS DE LA MUESTRA and DATOS DEL CLIENTE. Includes fields for Matriz, Producto, Referencias, F. Recepción, F. Inicio, Recogido Por, Nombre, Dirección, Localidad, and Provincia.

ENSAYOS DEPARTAMENTO QUÍMICA

Table with 4 columns: PNT, PARÁMETRO, UNIDADES, RESULTADO. Contains 3 rows of test results for Humedad, Materia Orgánica Total, and Nitrógeno Orgánico.

METODOLOGÍA EMPLEADA

- Q 1 AQ-395 - Q 2 AQ-396 - Gravimetría
Q 3 AQ-397 - Cálculos

Coslada, 9 de Enero de 2017

Handwritten signature of Julio Amador Sánchez

Julio Amador Sánchez
Responsable Sección Cromatografía



Handwritten signature of Milagros Vázquez González

Milagros Vázquez González
Directora ALKEMI, S.A.



Fracción orgánica de restos de comida 30 días

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL CLIENTE	
Matriz:	Fertilizante	Nombre:	ECOCELTA GALICIA S.L.
Producto:	Fracción orgánica de restos de comida 30 días	Dirección:	Ctra Pazos de Borben, Km 1. Pontacóns - Pias
Referencias:	No consta	Localidad:	Ponteareas
F. Recepción:	29/12/16	Provincia:	36895 PONTEVEDRA
F. Inicio:	29/12/16	F. Fin:	09/01/17
Recogido Por:	Entregado por Cliente		

ENSAYOS DEPARTAMENTO QUÍMICA

	PNT	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
1	AQ-395	Humedad	% (m/m)	79.5
2	AQ-396	Materia Orgánica Total	%(m/m sss)	87.8
3	AQ-397	Nitrógeno Orgánico	%(m/m sss)	0.46

METODOLOGÍA EMPLEADA

Q 1 AQ-395 -

Q 3 AQ-397 - Cálculos

Q 2 AQ-396 - Gravimetría

Coslada, 9 de Enero de 2017

Julio Amador Sánchez
Responsable Sección Cromatografía

Milagros Vázquez González
Directora ALKEMI, S.A.



Fracción orgánica de restos de comida 60 días

Table with 2 columns: DATOS DE LA MUESTRA and DATOS DEL CLIENTE. Includes fields for Matriz, Producto, Referencias, F. Recepción, F. Inicio, F. Fin, Recogido Por, Nombre, Dirección, Localidad, and Provincia.

ENSAYOS DEPARTAMENTO QUÍMICA

Table with 4 columns: PNT, PARÁMETRO, UNIDADES, RESULTADO. Lists tests AQ-395 (Humedad), AQ-396 (Materia Orgánica Total), and AQ-397 (Nitrógeno Orgánico).

METODOLOGÍA EMPLEADA

- Q 1 AQ-395 -
Q 2 AQ-396 - Gravimetría
Q 3 AQ-397 - Cálculos

Q 2 AQ-396 - Gravimetría

Coslada, 9 de Enero de 2017

Handwritten signature of Julio Amador Sánchez

Julio Amador Sánchez
Responsable Sección Cromatografía



Handwritten signature of Milagros Vázquez González

Milagros Vázquez González
Directora ALKEMI, S.A.