



TRABAJO FIN DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE SUBPRODUCTOS GANADEROS
COMO ABONOS ORGÁNICOS”**

PRESENTADO POR

LUZ MARINA ALIAGA VILELA

Sevilla, julio del 2017

Escuela Técnica de Ingeniería Agronómica

Universidad de Sevilla

TRABAJO FIN DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE SUBPRODUCTOS GANADEROS
COMO ABONOS ORGÁNICOS”**

VºBº Director

Alumna

Juan Manuel Mancilla Leytón

Luz Marina Aliaga Vilela

Sevilla, julio del 2017

Dedicatoria

Esta tesis la dedico en primer lugar a Dios por guiarme siempre por el buen camino, por darme fuerzas para seguir adelante y no dejarme vencer ante las adversidades que se presentaban, enseñándome a enfrentar los problemas sin desfallecer en el intento.

A mi familia, en especial a mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles, por apoyarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para seguir mis objetivos.

Agradecimiento

Le agradezco a Dios por haberme guiado a lo largo de mi vida, por haberme acompañado durante mi carrera, por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobretodo felicidad

Doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de haber tenido una excelente educación. Sobre todo, por ser un excelente ejemplo de vida a seguir

A mi tutor Juan Manuel Mancilla Leytón por su apoyo profesional para la elaboración de este trabajo, por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

A cada uno de los docentes que tuvieron parte de mi formación profesional, por compartir sus conocimientos, pero ante todo por su tiempo y amistad.

A mis amigos por confiar en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias inolvidables.

A cada una de las personas que me facilitaron las herramientas para poder ejecutar este trabajo y que me brindaron su apoyo durante su realización.

ÍNDICE

RESUMEN	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. La legislación vigente.....	12
2.2. Los abonos orgánicos.....	13
2.2.1. El estiércol y sus características	15
2.2.2. Problemática del estiércol.....	16
2.2.3. Principales impactos ambientales del estiércol	18
3. OBJETIVOS.....	21
4. MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1. Recolección y caracterización de los purines.	22
4.2. Evaluación de los estiércoles como enmienda orgánica sobre el crecimiento de <i>Lolium rigidum</i>	23
4.2.1. Altura y biomasa.....	24
4.2.2. Fluorescencia de la clorofila.....	25
4.2.3. Cálculo de la clorofila.....	26
4.3. Análisis estadístico	26
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
5.1. Análisis químico del estiércol	27
5.2. Evaluación de los estiércoles como enmienda orgánica sobre el crecimiento de <i>Lolium rigidum</i>	29
5.2.1. Establecimiento final de plantas de <i>Lolium rigidum</i>	29
5.2.2. Altura y biomasa de las plantas de <i>Lolium rigidum</i>	30
5.2.3. Fluorescencia y clorofila en las plantas de <i>Lolium rigidum</i>	32
5.3. Comercialización de los estiércoles y futuras investigaciones.	34
6. CONCLUSIÓN	35
7. BIBLIOGRAFIA.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultado del análisis de fósforo (P), calcio (Ca), potasio (K), nitrógeno (N), carbono (C) y pH de los estiércoles de ensayo. Se muestra la media \pm el error estándar.28

Tabla 2. Establecimiento final de plantas de *Lolium rigidum* con respecto al número de semillas sembradas (n=24) en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. En la misma columna, distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).....30

Tabla 3. Biomasa de plantas de *Lolium rigidum* a partir de las semillas sembradas en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. En la misma columna, distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).32

Tabla 4. Clorofila (valores SPAD) de plantas de *Lolium rigidum* a partir de las semillas sembradas en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. En la misma columna, distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).
.....34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detalles de *Lolium rigidum*23

Figura 2. Altura media de las plantas de *Lolium rigidum* a partir de las semillas sembradas en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. Distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).31

Figura 3. Fluorescencia media tomada al amanecer y mediodía de las plantas de *Lolium rigidum* a partir de las semillas sembradas en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. Distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).33

RESUMEN

Los abonos orgánicos han sido catalogados en muchas oportunidades como enmiendas orgánicas o mejoradores del suelo. De esta forma muchos desechos o subproductos de la granja pueden ser importante fuentes orgánicas que se pueden utilizar como abonos para los cultivos, reciclando los nutrientes, lo cual es muy importante desde el punto de vista tanto económico como ecológico. Con la finalidad de evaluar la eficiencia de los subproductos ganaderos (estiércol) de producciones a pequeña escala, se tomó el estiércol de codorniz, conejo, gallina y camello para su caracterización a través de un análisis químico (C, N, P, K, Ca y pH), y una evaluación vegetativa mediante su uso en una gramínea (*Lolium rigidum*) donde se determinó la altura y biomasa final, fluorescencia y clorofila de las plantas establecidas. Los resultados sobre la composición química mostraron que en el caso de los estiércoles de conejo y camello éstos presentaron un análisis químico muy similares, sin embargo, el estiércol de codorniz mostró valores superiores en relación al N y Ca (más de dos veces superior al resto), y el estiércol de gallina mostró los valores más altos de P y K. Con respecto al pH las muestras de codorniz presentaron un pH ligeramente más ácido (6,5) que el resto de las muestras, que presentaron un pH en torno a 8. En cuanto a la evaluación vegetativa, se observó que el establecimiento final de las plantas de *L. rigidum* fue significativamente menor en la enmienda de codorniz (30%) con respecto al resto de enmiendas (por encima del 70%). Así mismo, las plantas establecidas en los sustratos con enmiendas de conejo, camello y gallina mostraron similitud en cuanto a la altura y biomasa final, fluorescencia y clorofila. Sin embargo, las plantas establecidas en el sustrato con enmienda de codorniz mostraron los valores más bajos de altura y biomasa final.

Palabras claves: *Enmienda orgánica, estiércol, Lolium Rigidum, biomasa, fluorescencia, agricultura ecológica.*

ABSTRACT

The organic fertilizer have been catalogued in many opportunities as organic amendments or mejoradores of the soil. Of this form many waste or by-products of the farm can be important organic sources that can be in use as credits for the cultures, recycling the nutrients, which is very important from the both economic and ecological point of view. With the purpose of evaluating the efficiency of the cattle by-products (manure) of productions on a small scale, there took the manure of quail, rabbit, hen and camel for his characterization across a chemical analysis (C, N, P, K, Ca and pH), And a vegetative evaluation by means of his use in a gramínea (*Lolium rigidum*) where there decided the height and final biomass, fluorescence and chlorophyll of the established plants. The results on the chemical composition showed that in case of the manures of rabbit and camel these presented a chemical analysis very similar, nevertheless, the manure of quail it showed top values in relation to the N and Ca (more of twice superior to the rest), And the manure of hen showed the values more high of P and K. With regard to the pH the samples of quail a pH presented lightly more acid (6,5) than the rest of the samples, which presented a pH concerning 8. As for the vegetative evaluation, was observed that the final establishment of the plants of *L. rigidum* was significantly minor in the amendment of quail (30 %) with regard to the rest of amendments (over 70 %). In the same way the plants established in the substrates with amendments of rabbit, camel and hen showed similarity as for the height and final biomass, fluorescence and chlorophyll. Nevertheless, the plants established in the substrate with amendment of quail showed the lowest values of height and final biomass.

Key words: *organic Amendment, manure, Lolium Rigidum, biomass, fluorescence, ecological agriculture.*

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento continuo de la población humana a nivel mundial influye en el aumento de la producción de alimentos. Del alimento generado por el sector agrícola el 40% es de origen animal. Por otro lado, algunos grupos ambientalistas consideran que la industria pecuaria tiene gran responsabilidad en el calentamiento global por la generación de contaminantes vertidos al suelo, agua y atmósfera. Los gobiernos, principalmente de los países industrializados y algunos en desarrollo, han establecido regulaciones sobre uso, manejo y tratamiento de excretas ganaderas para que su impacto ambiental sea el menor posible (Agrociencia, 2012).

Los actuales sistemas de tipo intensivo, consecuencia del aumento de la producción, llevan consigo un cambio en el manejo de los residuos generados, ya que se incrementa de forma exponencial el volumen final obtenido, surgiendo problemas para su posterior acumulación. Un almacenaje inadecuado puede llegar a provocar graves impactos ambientales tanto dentro como fuera de la explotación. Por tal razón, la Comunidad Europea intenta dar un cambio en el concepto de estiércol, con la finalidad de que las deyecciones ganaderas sean vistas como un recurso y no como un residuo, del cual el ganadero debe desprenderse sin ningún uso útil; a pesar de tener una serie de alternativas. Es necesario, por tanto, planificar la gestión de este tipo de residuos, para eliminar o minimizar el impacto que su exceso puede originar. La trascendencia de una correcta gestión de los estiércoles y purines, es esencial en la transmisión a la sociedad en general, y a los consumidores en particular, de una imagen de la ganadería como actividad respetuosa con el Medio Ambiente (CAPDER, 2015).

La utilización de los estiércoles como fertilizante es una de las alternativas más usadas, ya que requiere una inversión de bajo coste y puede llegar a proporcionar alto beneficios económicos, considerando, en la actualidad, los precios al alza de los fertilizantes inorgánicos (Salgado y Núñez, 2010). Además, la aplicación de estiércoles como enmienda del suelo aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos que mantienen la actividad microbiana, que al incorporarla ejercerá distintas reacciones en el suelo como son: mejora de la estructura del suelo, facilitando la formación de agregados estables con lo que mejora la permeabilidad de éstos, aumenta la fuerza de cohesión a suelos arenosos y disminuye ésta en suelos arcillosos (Tisdale y Nelson, 1996); mejora de la retención de humedad del suelo y la capacidad de retención de agua (Bellapart, 1996 y Bollo, 1999); estimulación en el desarrollo de plantas (Hartwigsen y Evans, 2000); mejora y regulación de la velocidad de infiltración del agua, disminuyendo la erosión producida por el escurrimiento superficial (Bollo, 1999); eleva la capacidad tampón de los suelos (Landeros, 1993; Bollo, 1999).

Por ello, el presente proyecto pretende caracterizar distintos purines de ganado doméstico para su potencial uso como enmienda orgánica y, por tanto, mejora de suelos cultivados.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La legislación vigente.

Desde hace algún tiempo la sociedad está demandando que la agricultura sea más respetuosa con el Medio Ambiente y en particular que se reduzcan las posibles fuentes de contaminación producidas por las prácticas ganaderas. Ello ha llevado a que la Comunidad Europea haya dictado distintas normativas que limitan el uso de los diversos fertilizantes, y en particular el estiércol, en las que se establecen unas buenas prácticas de utilización y gestión de estos productos. (CAPDER, 2015).

Cualquier actividad de explotación animal está obligada a la eliminación higiénica de subproductos de la explotación de acuerdo con las normas de sanidad animal, salud pública y protección del Medio Ambiente. Según el decreto 248/2007, de 18 de septiembre, por el que se crea y regula el Registro de Explotaciones Ganaderas de Andalucía, se establece que las explotaciones intensivas deben contar con un Plan de Gestión Ganaderos aprobado por la Delegación Provincial competente en la materia ganadera, así con el estercolero o balsas, excepto en aquellos casos en los que el sistema de producción permita una recogida adecuada de residuos sin almacenamiento en la explotación. Los responsables de animales tienen, por tanto, la obligación de proceder a la eliminación o destrucción de los cadáveres de animales y además productos de orígenes animal, que tengan bajo su responsabilidad, en la forma y condiciones establecidas en la normativa aplicable en cada caso como medida de bioseguridad (CAPDER, 2015). La bioseguridad de las explotaciones ganaderas, como sistemas de producciones animales de prevención de enfermedades, protección del medio ambiente y seguridad alimentaria, incluye como herramienta la adecuada gestión de subproductos de explotación de animales, tales como estiércol (CAPDER, 2015)

La elaboración de los mencionados planes, junto a una correcta mención, pasa por un cambio básico del concepto, en tanto en cuanto las deyecciones animales deben considerarse como un recurso y no como un residuo del que el ganadero debe desprenderse sin más, abriéndose toda una gama de posibilidades distintas.

2.2. Los abonos orgánicos.

Se define por abonos orgánicos aquellos compuestos que se obtienen de la degradación y mineralización de residuos orgánicos de origen animal (estiércoles), vegetal (restos de cosechas) e industrial (lodos de depuradoras). Estos abonos son ricos en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos. Se suelen aplicar a los suelos con el propósito mejorar sus características químicas, físicas y biológicas, ya que aporta nutrientes, modifica la estructura y activa e incrementa la actividad microbiana de la tierra.

De esta forma muchos desechos o subproductos de la granja pueden ser fuentes orgánicas que se pueden utilizar como abonos, reciclando los nutrientes, lo cual es muy importante desde el punto de vista tanto económico (suelen ser más baratos que los químicos), como ecológico (Boguslawski y Debruck, 1977; Nuñez, 1981).

Según Nuñez (2007), los abonos orgánicos se clasifican en:

- *Composta:* La composta se forma a través de la degradación microbiana de materia orgánica dispuesta en capas y sometida a un proceso de descomposición de 3 a 4 meses, con temperaturas máximas de 60-70° C.
- *Humus de lombriz:* es una mezcla de tierra negra, material orgánico descompuesto y heces fecales de lombriz. Se utiliza con mayor frecuencia para su producción, la lombriz roja californiana en compañía de microorganismos benéficos. Éste tipo de

abono orgánico es alto en macro y micronutrientes necesarios para las plantas, además de estar libre de patógenos.

- *Biol*: es el extracto de estiércol, está elaborado a base de diferentes estiércoles que se fermentan durante dos o tres meses.
- *Abono verde*: consiste en la incorporación de plantas al suelo sin previa descomposición, siendo las más usuales una combinación de; leguminosas (por el aporte de nitrógeno) y gramíneas (por la mejora del contenido de materia orgánica).
- *Té de compost*: es una mezcla de composta con agua, enriquecido con sustancias que estimulan el crecimiento microbiano, como ácido fúlvicos, ácidos húmicos o melaza. No debe ser confundido con biol.
- *Turba*: se trata de materia vegetal fosilizada o parcialmente fosilizada, de color café oscuro, la cual se genera en condiciones de poca oxigenación y abundante agua, cuya principal característica es que la tasa de acumulación de materia vegetal es mayor a la de descomposición.
- *Biofertilizante*: se refiere a la utilización de colonias de microorganismos benéficos inoculados en el suelo, con la finalidad de mejorar la disponibilidad de los nutrientes para los cultivos.
- *Biosólidos o aguas negras*: son el resultante de aguas tratadas del alcantarillado. Éstas al tener una alta concentración de nutrientes para el suelo, pueden y suelen ocuparse para regar cierto tipo de cultivos.
- *Residuos vegetales*: se trata de enterrar los vegetales que no se utilizaron, ya sea para la venta o para el consumo del granjero, con la finalidad de enriquecer el suelo.
- *Estiércol*: material orgánico, compuesto generalmente de heces y orina. Su incorporación al suelo aporta nutrientes, incrementa la retención de la humedad y mejora la actividad biológica y, por tanto la fertilidad y la productividad del suelo.

2.2.1. El estiércol y sus características

Los estiércoles de animales se han visto históricamente como materiales beneficiosos para los suelos puesto que son fertilizantes eficaces y una fuente valiosa de materia orgánica que mantiene y mejora características físicas del suelo. Se sabe que los estiércoles de animales mantienen la calidad de los suelos más eficazmente que los fertilizantes minerales, debido a su alto contenido de materia orgánica, mejores relaciones hídricas del suelo, mayor diversidad biológica y mejor producción vegetal. Tradicionalmente se han aplicados a los suelos agrícolas para recuperar su valor del fertilizante, para enriquecer el suelo con la materia orgánica, o para obtener algunas mejoras físicas.

Por sus características orgánicas, el estiércol aumenta la capacidad de retención de agua, el intercambio catiónico y la filtración de agua al subsuelo, y reduce la erosión. La aplicación de estiércol en tierras de cultivo proporciona un beneficio ecológico al depositar nutrientes como nitrógeno y fósforo en el suelo; el nitrógeno del estiércol se encuentra principalmente en forma de amoníaco y las plantas lo usan como nutriente (Miner *et al.*, 2000). Además, la fracción líquida del estiércol ayuda a disminuir las pérdidas de nitrógeno, carbono y azufre en sus formas gaseosas (Capulin *et al.*, 2001), así puede reducir el uso de fertilizantes químicos y, por tanto, el impacto ambiental (Bouwman y Booi, 1998).

La adición de estiércoles puede mejorar la porosidad del suelo, debido a un incremento en el porcentaje de poros grandes. Tras la enmienda, el suelo suele tener menos resistencia a la penetración física y aumenta la retención hídrica respecto a los suelos que no reciben materia orgánica. (Sánchez *et al.*, 2016)

Respecto a su composición cuantitativa, ésta es muy heterogénea dependiendo del tipo de animal que se considere. Incluso considerando la misma especie animal la composición de las deyecciones varía dependiendo la edad, sexo, tipo de alimentación y manejo (Sánchez, 2001, 2005). En general las deyecciones ganaderas se caracterizan por:

- Alto contenido de materia orgánica.
- Alto contenido en macronutrientes (nitrógeno, fosforo y potasio) y otros micronutrientes.
- Generación de compuestos fácilmente volátiles (amonio) y gases como amoniacos, metano y óxido nitroso.
- Presencia de metales pesados y pesticidas.

Debido a estas particularidades es necesaria una gestión adecuada a través de una correcta aplicación al terreno, o bien empleando un sistema de tratamiento, en el caso de no disponer de suelo agrícola suficiente para su utilización directa, consiguiendo así, evitar la contaminación potencial de las aguas, suelo y atmosfera en los lugares de almacenamiento y acumulación (Sánchez et al, 2016).

2.2.2. Problemática del estiércol

Uno de los problemas más importantes que ha producido el desarrollo industrial en los últimos tiempos es la elevada cantidad de residuos generados. La agricultura y la ganadería no han escapado a este desarrollo, debido a los importantes avances en la Ciencia Agrícola e Ingeniería Técnica. Las explotaciones ganaderas de cría de ganado intensivo son un tipo de industrias que generan grandes cantidades de residuos. Estos residuos de la producción ganadera se han aplicado a la tierra desde hace muchos siglos,

siendo este un sistema de reciclaje natural en el que tanto la parte social como natural salían beneficiados. En los sistemas agrícolas y ganaderos tradicionales se presentan en forma sólida; se trataba de una mezcla de las deyecciones con la cama del ganado. Este material no daba ningún problema, porque no se producía en grandes cantidades y se utilizaba en el mismo lugar en que se producía; durante años el estiércol fue el único abono nitrogenado empleado en los suelos para el cultivo, y la principal fuente de otros nutrientes (Sánchez, 2016).

Desde hace varios años, y también producto de la industrialización, la alta densidad urbana y su consiguiente expansión hacia zonas rurales ha conducido a una disminución importante del suelo disponible para la actividad agroganadera (Sánchez, 2016). Este fenómeno ha provocado la implantación de numerosas explotaciones en áreas pequeñas y muy concretas, originando la acumulación y concentración de elevadas cantidades de residuos de forma que han apareciendo problemas de contaminación. Como consecuencia de todo ello se ha producido un cambio en el criterio de consideración de algunos residuos animales pasando a ser valorados más como un subproducto altamente aprovechable que como un desecho (Sánchez, 2016).

Por otra parte, desde un punto de vista agrario, la excesiva utilización de fertilizantes químicos (dada su facilidad de manejo, concentración de nutrientes, especialmente NPK, y en muchas épocas un precio de mercado muy bajo) necesarios para un mayor rendimiento de cosechas, ha producido una importante disminución de materia orgánica en los suelos de cultivo y actividad microbiana, provocando la pérdida de capacidad productiva en los mismos. En Europa, la tendencia actual es la de fertilización racional y no contaminante, y desde esta perspectiva, el reciclaje de los propios residuos tiene gran importancia. Ello ha propiciado un interés creciente por los residuos ganaderos como

recursos aprovechables, tanto por parte de las administraciones como de la comunidad científica y los propios agricultores (Sánchez, 2016).

2.2.3. Principales impactos ambientales del estiércol

El estiércol generado en los sistemas ganaderos puede provocar impactos ambientales negativos si no existe un control en el almacenamiento, el transporte o la aplicación, debido a la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera, y la acumulación de micro y macro nutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales (Agrociencia, 2012). No obstante, la generación de gases de efecto invernadero, eutrofización de cuerpos de agua y sobrecarga de nutrientes en suelos de cultivo ocasionado por excretas de ganado, dependerá en gran medida de la especie pecuaria, del sistema de alimentación y del manejo del estiércol (Agrociencia, 2012).

Las regulaciones o normas para el manejo de estiércol generado por el ganado en confinamiento varían mucho entre países y regiones, y su propósito es disminuir el impacto negativo en el ambiente. Las regulaciones de la calidad del agua y del suelo son por lo general de ámbito local y nacional, mientras que en materia atmosférica los tratados son del ámbito transfronterizo e incluso transoceánico, pues las emisiones locales pueden tener repercusiones globales. Ello se mostró en la degradación de la capa de ozono por las emisiones de clorofluorocarbonos y el calentamiento global causado por el efecto invernadero, el cual es propiciado por las emisiones de gases como el bióxido de carbono (Rowland y Molina, 1975).

En el caso de Andalucía, la ley que regula el cuidado del medio ambiente es la Ley 7/2007, del 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental (GICA). En ella se recoge que los desechos procedentes de actividades agrícolas y agroalimentarias que se destinen a generación de energía y los procedentes de actividades ganaderas que se destinen a

utilización como fertilizante tendrán la consideración de materia prima secundaria. La gestión de los residuos en la Comunidad Autónoma de Andalucía tiene como prioridad la reducción de la producción de los residuos en origen, la reutilización y el reciclaje. Asimismo, como principio general, el destino final de los residuos debe orientarse a su valorización, fomentándose la recuperación de los materiales sobre la obtención de energía y considerando la deposición de los residuos en vertedero aceptable únicamente cuando no existan otras alternativas. Su gestión es importante para sacarle rendimiento y evitar los posibles problemas de contaminación como sucede en muchas fincas solamente ganaderas. Para un ganadero convencional es un producto de desecho que hay que eliminar pagando el precio de la contaminación subsiguiente. Para un productor ecológico es un recurso que cumple un papel muy importante en el equilibrio del suelo. (Restrepo et al., 2000).

2.2.3.1. Impacto en el suelo

El suelo puede ser seriamente afectado por el estiércol si contiene concentraciones altas de nutrientes (nitrógeno, fósforo), microorganismos patógenos (p.e. *Escherichia coli*), antibióticos y compuestos que interactúen con el sistema endócrino (p.e. hormonas esteroideas, fitoestrógenos, plaguicidas y herbicidas) (Powers, 2009).

Si el estiércol se aplica al suelo continuamente, excediendo la capacidad de captación de nutrientes por los cultivos, esta sobrecarga de nutrientes en el suelo puede ocasionar su infiltración por escurrimiento y lixiviación en aguas superficiales y subterráneas (Dietz y Hoogervorst, 1991; Miner et al., 2000).

2.2.3.2. Impacto en el agua

La expansión de la agricultura y ganadería intensiva se han establecido mayoritariamente en áreas con escasas de agua. El agua es contaminada por excretas ganaderas directamente a través de escurrimientos, infiltraciones y percolación profunda en las granjas, e indirectamente por escorrentías y flujos superficiales desde zonas de pastoreo y tierras de cultivo (EPA, 2006). El nitrógeno es abundante en el estiércol, y está relacionado con la contaminación de aguas subterráneas por la lixiviación de nitrato a través del suelo, mientras que el fósforo del estiércol está relacionado con la contaminación de aguas superficiales (Miller, 2001; Reddy et al., 1999).

2.2.3.3. Impacto en el aire

Entre los contaminantes liberadas por el estiércol hacia la atmósfera destaca el amoniaco, así como otros gases de efecto invernadero (GEI) que incluyen metano y óxido nitroso (EPA, 2005). A estos hay que otros contaminantes a la atmosfera como el polvo, malos olores y gases producto de la digestión anaeróbica y descomposición aeróbica.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo es caracterizar y evaluar las respuestas productivas de subproductos ganaderos (estiércol) de la ganadería intensiva de pequeña escala (camello, codorniz, conejo y gallina) para su uso como enmienda orgánica.

Los objetivos específicos fueron:

- Caracterizar los subproductos ganaderos químicamente, determinando el porcentaje de Nitrógeno (N), Carbono (C), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y pH.
- Evaluar la respuesta productiva de estos subproductos sobre el crecimiento de una especie herbácea de crecimiento rápido (*Lolium rigidum*).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Recolección y caracterización de los purines.

La recolección del estiércol de codorniz, conejo y gallina fue realizada en la graja de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (ETSIA) de la Universidad de Sevilla. En el caso del estiércol de camello fue facilitado por la empresa *Aires Africanos*, ubicada en Matalascañas (Huelva).

Tras la recolección, para garantizar la deshidratación homogénea de los mismos, se procedió al secado en estufa a 50°C durante 48 horas. Una vez deshidratado, se homogenizaron y molieron para su posterior análisis. Para cada uno de los estiércoles de estudio, las muestras (n=5) fueron calcinadas en horno de mufla a 550 °C durante 8 horas. Las cenizas así obtenidas se digieren en caliente durante 15 minutos con 10 mL de HCl 1N. En estos digeridos obtenidos se determinó la concentración de Ca y K por espectrofotometría de absorción/emisión atómica. La concentración de P fue por espectrofotometría UV-Visible, según el método de Murphy y Riley (1962). En el caso de N y C totales, estos se determinaron directamente en la muestra seca y molida (n=5), según el método Dumas, utilizando un autoanalizador elemental CNS de LECO.

Por último, el pH de cada uno de los estiércoles estudiados fue realizado con un medidor digital (Crison pH-25, España) utilizando soluciones buffer para su calibración.

Todos los análisis fueron realizados en el Servicio General de Investigación Agraria de la Universidad de Sevilla ubicados en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica.

4.2. Evaluación de los estiércoles como enmienda orgánica sobre el crecimiento de *Lolium rigidum*

Se estudió el efecto de los distintos estiércoles como enmienda orgánica sobre la emergencia, establecimiento y desarrollo de plantas de *Lolium rigidum*. Se trata de una gramínea anual de resiembra de 20-60 cm de altura, que puede ser utilizada en pasturas permanentes, sola o en mezcla con leguminosas anuales. Es una especie adaptada al clima mediterráneo, con unas necesidades mínimas anuales de 350 mm, y un rápido período de crecimiento. Se desarrolla bien en distintos tipos de suelos, aunque prefiere los suelos de textura franca o arcillosa sin excesiva humedad, y con buen drenaje superficial (Figura 1).



Figura 1. Detalles de *Lolium rigidum*

Para evaluar la respuesta de *L. rigidum* en cada uno de los cuatro estiércoles de estudio, se prepararon macetas individuales (de 90 cm² aproximadamente) que fueron llenadas con una mezcla de sustrato inerte (perlita) y estiércol según normativa vigente. Se tuvo en cuenta la Orden de la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera, de 18

de noviembre de 2008, por la que se aprueba el programa de actuación aplicable en las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos procedentes de fuentes agrarias designadas en Andalucía, donde se considera como límite de aplicación 210 kg N/Ha año en zonas no vulnerables. En función del N total de cada estiércol, se calculó la cantidad necesaria para incorporar a las macetas. Posteriormente, en cada maceta se sembró 24 semillas de *L. rigidum* a una profundidad de 2-3 cm. Las macetas se depositaron en bandejas de plástico (10 macetas por bandeja; una bandeja por estiércol).

Para poder contrastar el efecto del estiércol sobre el crecimiento y establecimiento de las plantas de *L. rigidum*, se estableció un lote control de 10 macetas rellenas exclusivamente con sustrato inerte (perlita) e irrigadas, en este caso, con fertilizante químico (Hoagland). Todas las bandejas se colocaron en el invernadero de los Servicios Generales de Investigación de la Universidad de Sevilla, con una temperatura controlada de entre 20 y 25°C, una humedad relativa de entre 40 y 60% y luz natural (flujo mínimo y máximo de luz: 200 y 1000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, respectivamente). Cada bandeja fue rellenada con un volumen de 3 litros de agua, excepto el tratamiento control que fue irrigado con solución Hoagland al 20% (Hoagland y Arnon, 1938), marcándose el nivel del volumen en cada bandeja y manteniéndolo constante durante todo el experimento.

4.2.1. Altura y biomasa

A la finalización del estudio, a los 45 días, se midió la longitud final de las plantas, en cada uno de los tratamientos de estudio, midiendo desde la base del tallo hasta la punta de la hoja más apical. Posteriormente las macetas fueron desmontadas, y las plantas fueron recuperadas, para cada uno de los tratamientos, con el fin de determinar la biomasa. Una vez en el laboratorio, se separó la fracción aérea y la subterránea, las cuales

se secaron en una estufa a 80°C durante 48 horas y posteriormente fueron pesadas en una báscula de precisión para obtener su biomasa final.

4.2.2. Fluorescencia de la clorofila

Antes de la finalización de la experimentación, la fluorescencia de la clorofila se midió utilizando un fluorímetro portátil modulable (FMS-2, Hansatech Instrument Ltd., England) en hojas completamente desarrolladas (n=10), en cada una de los diferentes tratamientos ensayados. Los parámetros de adaptación a luz y oscuridad de la fluorescencia se midieron al amanecer (a una luz ambiental estable de $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y al mediodía (a una luz ambiental estable de $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para conocer los posibles efectos de las diferentes estiércoles sobre la sensibilidad de las plantas a la fotoinhibición. Durante un periodo de 30 minutos las plantas se adaptaron a la oscuridad utilizando unas pinzas preparadas para este fin. El nivel mínimo de fluorescencia en condiciones de adaptación a la oscuridad (F_0) se midió utilizando un pulso modulado ($<0,05 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de $1,8 \mu\text{s}$) demasiado pequeño para inducir cambios fisiológicos en la planta (Schreiber *et al.*, 1986). El dato almacenado fue un promedio obtenido durante un periodo de 1,6 segundos. La fluorescencia máxima en este estado (F_m) se midió después de aplicarle a la hoja un pulso saturante de luz actínica de $15000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante 0,7 segundos (Bolhàr-Nordenkampf y Öquist, 1993). El valor de F_m fue registrado como la mayor diferencia entre dos puntos consecutivos. Los valores de la fluorescencia variable ($F_v = F_m - F_0$) y la eficiencia fotoquímica potencial del fotosistema II (F_v/F_m) se calcularon a partir de los valores de F_0 y F_m . Este cociente de las fluorescencias variable y máxima se correlaciona con el número de centros de reacción funcionales del fotosistema II y puede ser utilizado para cuantificar el nivel de fotoinhibición (Maxwell y Johnson, 2000).

4.2.3. Cálculo de la clorofila

De nuevo, antes de la finalización de la experimentación, el contenido de clorofila se realizó mediante un medidor de concentración de clorofila SPAD-502. Se trata de un dispositivo portátil que trabaja mediante transmitancia y es utilizado ampliamente para la medición rápida, precisa y no destructiva de las concentraciones de clorofila en la hoja de cultivos. Las mediciones con el medidor proveen valores SPAD relativos que son proporcionales a la cantidad de clorofila presente en la hoja. Este valor se calcula en base a la cantidad de luz transmitida por la hoja en dos longitudes de onda, en las cuales la absorbancia de la luz (que es inversamente proporcional a la reflectancia) es diferente. Se seleccionaron al azar y midieron un total de 25 hojas de cada uno de los tratamientos de estudio.

4.3. Análisis estadístico

Antes de iniciar los análisis se comprobó la normalidad (Test de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad (Test de Levene) de los datos. Las diferencias entre las medidas de las distintas variables de estudio fueron analizadas mediante análisis de varianza unifactorial (ANOVA). Se utilizó el test de Tukey para identificar diferencias cuando existieron resultados significativos en el ANOVA. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete informático SPSS v. 24.0 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA).

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Análisis químico del estiércol

El contenido de nutrientes de un abono orgánico dependerá del tipo y la calidad del mismo y de los métodos de gestión y manejo. La heterogeneidad de la composición es notable debido, entre otras causas, a la tasa de dilución del residuo, finalidad de la cría, la alimentación, tipo de limpieza de los establos y almacenamiento del purín, y la época del año en que se analice. Así, por ejemplo, para una misma especie el contenido de nutrientes en un estiércol variará en función del tipo de pienso que consume el ganado, de la cantidad y tipo de material usado para cama, del grado de madurez, etc. (Valdecantos et al 2002).

Los resultados del análisis químico mostraron que la concentración de C se situó en torno al 35%; el valor más bajo fue encontrado en las muestras de camello y el mayor en las muestras de conejo ($F= 13,54$; $p \leq 0,001$). Las muestras de codorniz presentaron un porcentaje significativamente más alto de N y Ca, en algunos casos más del doble ($F= 39,51$; $p \leq 0,001$, $F= 31,94$; $p \leq 0,001$, respectivamente) (Tabla 1). Estos resultados difieren a los obtenidos por Rendón (2013) cuya media fue de 2,91 % en el caso del N y de 1,01 % en el caso del Ca. Del mismo modo, Pazmiño (1991) encontró valores superiores de Ca (12.7 %) en el caso de las gallinas ponedoras. Estas diferencias muy probablemente sean debido a que las dietas de estas aves ponedoras suelen ser enriquecidas con este mineral.

En relación con el P las muestras de camello presentaron un porcentaje significativamente menor que el resto ($F= 16,47$ $p \leq 0,001$). Las muestras de gallina fueron las que mostraron los mayores valores de P y K ($F= 16,47$; $p \leq 0,001$ y $F= 10,81$; $p \leq 0,001$ respectivamente) (Tabla 1). Estos resultados que se asemejan a los encontrados por Peláez et al (1999) con 1.39 % de P y 3.60 % de K, y a los presentados por Aso y Bustos (1991) en cuanto al K

(3.86 %), sin embargo, el porcentaje de P obtenido por este mismo autor varían ligeramente con un 2.02 % .

Por último, en cuanto al pH, la muestra de codorniz presentó un pH ligeramente más ácido (6,47) que el resto de las muestras, que presentaron un pH en torno a 8, siendo el estiércol de camello el que presentó el pH más alto ($F= 21,18$; $p\leq 0,001$) (Tabla 1). Resultados similares fueron encontrados en codorniz por Rendón (2013) cuya media fue de 6,90.

Tabla 1. Resultado del análisis de fósforo (P), calcio (Ca), potasio (K), nitrógeno (N), carbono (C) y pH de los estiércoles de ensayo. Se muestra la media \pm el error estándar.

	C (%)	N (%)	P (%)
Codorniz	34,94 \pm 0,19 a	5,11 \pm 0,15 a	1,03 \pm 0,11 a
Conejo	36,87 \pm 0,70 a	2,29 \pm 0,14 b	1,28 \pm 0,10 a
Camello	32,61 \pm 0,42 b	1,87 \pm 0,23 b	0,55 \pm 0,08 b
Gallina	35,42 \pm 0,42 a	2,39 \pm 0,34 b	1,52 \pm 0,05 c
	K (%)	Ca (%)	pH
Codorniz	1,60 \pm 0,03 a	8,17 \pm 0,15 a	6,47 \pm 0,15 a
Conejo	2,25 \pm 0,14 b	3,86 \pm 0,66 b	7,65 \pm 0,18 b
Camello	2,31 \pm 0,15 b	2,75 \pm 0,45 b	8,08 \pm 0,11 b
Gallina	3,05 \pm 0,19 c	4,08 \pm 0,55 b	7,93 \pm 0,10 b

5.2. Evaluación de los estiércoles como enmienda orgánica sobre el crecimiento de *Lolium rigidum*

La valorización de los residuos orgánicos mediante su aplicación a los suelos ha de perseguir y alcanzar la mejora de la producción agrícola, el compostaje, o bien la restauración de actividades extractivas (Felipó, 2001). Los estiércoles no sólo proveen nutrientes, sino que particularmente, cuando su uso es prolongado, suelen ejercer acciones positivas sobre un variado conjunto de propiedades edáficas (Soso, 2005), lo cual nos permite utilizarlo como enmienda orgánica para diferentes cultivos.

5.2.1. Establecimiento final de plantas de *Lolium rigidum*

En la tabla 2 se muestra el establecimiento de las plantas de *Lolium rigidum*, al final del experimento, en cada uno de los tratamientos de estudio. Durante el desarrollo del estudio, no se registró mortandad en ninguno de los tratamientos. La emergencia y, por tanto, establecimiento final de las plantas de *L. rigidum* fue significativamente menor en la enmienda de codorniz (30%) con respecto al resto de enmiendas (por encima del 70%) ($F= 12,7$; $p \leq 0,001$). No se encontraron diferencias significativas entre el resto ($p \geq 0,05$). Es notable que los peores resultados sobre el establecimiento de las plantas de *L. rigidum*, a partir de las semillas sembradas, fue en el sustrato con enmienda de codorniz. Es muy probable que esta importante merma se deba al bajo pH que presentó (6,47), ya que el pH ácido constituye un factor perjudicial para las semillas durante la germinación y emergencia (Soso, 2005).

Tabla 2. Establecimiento final de plantas de *Lolium rigidum* con respecto al número de semillas sembradas (n=24) en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. En la misma columna, distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

	Establecimiento (%)
Codorniz	30,00 \pm 6,22 a
Conejo	77,50 \pm 4,41 b
Camello	70,69 \pm 3,70 b
Gallina	76,11 \pm 3,50 b
Control	76,66 \pm 6,22 b

5.2.2. Altura y biomasa de las plantas de *Lolium rigidum*

Mohr (1995) define que el crecimiento de los diferentes órganos de las plantas, es un proceso fisiológico complejo, que depende directamente de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y que además está influenciada por factores como temperatura, intensidad de luz, densidad de población, calidad de la semilla, disponibilidad de agua y de nutrientes.

Al final del experimento, se encontraron diferencias significativas en la altura de las plantas *Lolium rigidum* establecidas en los distintos tratamientos ($F=48,24$, $p \leq 0,001$). El valor más bajo fue encontrado en la enmienda de codorniz (22 cm) y el más alto en la de gallina (29 cm). La altura encontrada en el tratamiento control (irrigado con fertilizante químico) fue significativamente superior al resto (30-50%) (Figura 2).

La biomasa es un parámetro que caracteriza la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo y está compuesta por el peso de la materia orgánica aérea y subterránea (Schlegel et al. 2001). En cuanto a la biomasa final de las

plantas establecidas de *L. rigidum*, se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos ($F= 98,75$; $p\leq 0,001$); los mayores valores fueron encontrados en el tratamiento control ($7,8 \text{ g m}^{-2}$) y el menor en la enmienda de codorniz ($0,4 \text{ g m}^{-2}$). No se encontraron diferencias significativas entre las distintas enmiendas de estudio ($p \leq 0,05$) (Tabla 3). No se encontraron diferencias significativas en la biomasa subterránea entre ninguno de los tratamientos estudiados ($p\geq 0,05$; datos no mostrados).

Los resultados encontrados pudieron deberse a la distinta concentración de N, P y K (superiores en las muestras de gallina), constituyentes elementales que promueven el crecimiento vegetal y productividad de los cultivos (Vitousek et al., 1997; Fiedls, 2004).

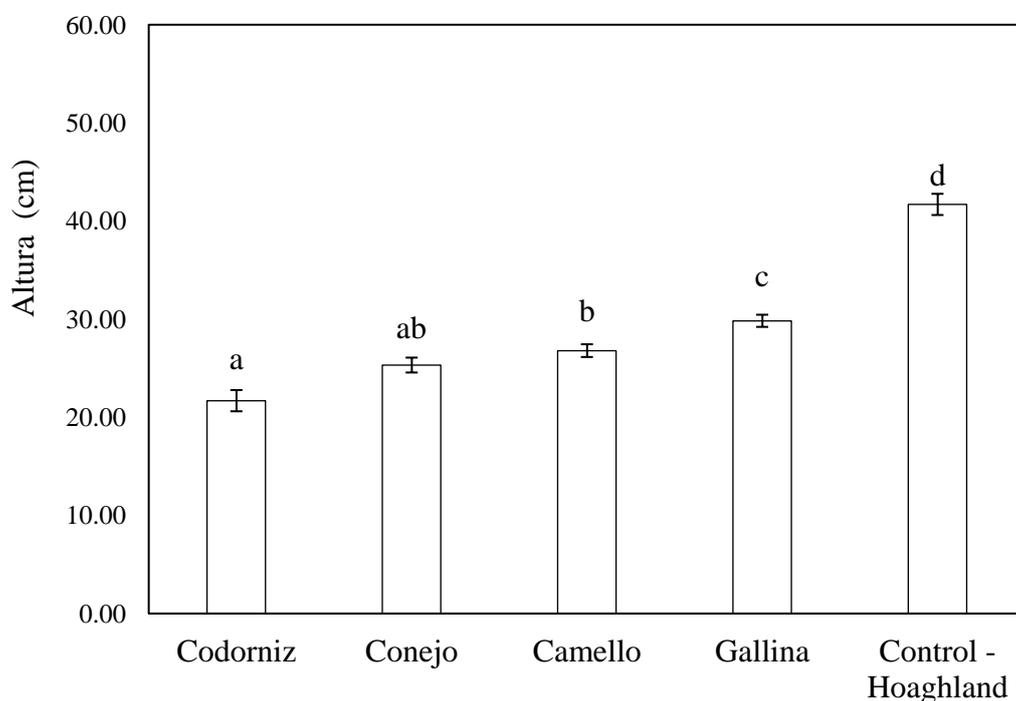


Figura 2. Altura media de las plantas de *Lolium rigidum* a partir de las semillas sembradas en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. Distintas letras indican diferencias significativas ($p\leq 0,05$).

Tabla 3. Biomasa de plantas de *Lolium rigidum* a partir de las semillas sembradas en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. En la misma columna, distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

	Biomasa (g m⁻²)
Codorniz	0,37 \pm 0,83 a
Conejo	1,54 \pm 0,20 b
Camello	1,31 \pm 0,37 b
Gallina	1,81 \pm 0,26 b
Control	7,67 \pm 0,28 c

5.2.3. Fluorescencia y clorofila en las plantas de *Lolium rigidum*

Las medidas de fluorescencia, y concentración de pigmentos han sido ampliamente utilizadas para medir las respuestas fisiológicas de la vegetación frente al estrés ambiental, pero principalmente de tipo abióticos. A través de la medición del rendimiento de la fluorescencia se puede obtener información de la eficiencia fotoquímica y la disipación térmica de la energía absorbida (Maxwell y Johnson, 2000).

Al final de la etapa experimental, los datos registrados de la Fv/Fm al amanecer y al mediodía fueron diferentes. Al amanecer, en todos los tratamientos de estudio, los valores de Fv/Fm estuvieron por encima de 0,8 (valores cercanos a los parámetros control para plantas no estresadas, Björkman y Demmig, 1987), no se encontrándose diferencias significativas ($p \geq 0,05$). Sin embargo, al mediodía, los valores de Fv/ Fm fueron significativamente mayores en el tratamiento control (0,78) que en el resto de las enmiendas (0,70) ($F=7,14$; $p \leq 0,001$) (Figura 3).

La presencia de clorofila en las hojas de las plantas está estrechamente relacionada con las condiciones nutrimentales de la planta; el contenido de clorofila se incrementa

proporcionalmente a la cantidad de N, un importante nutriente presente en la hoja (Gholizadeh, et al. 2009). En cuanto a los valores de clorofila (unidades SPAD), los valores de las plantas control fueron significativamente superiores al resto de los tratamientos de estudio ($F=10,48$; $p \leq 0,001$) (Tabla 4). No se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las enmiendas ($p \geq 0,05$).

Los resultados de F_v/F_m y pigmentos fotosintéticos indican que las plantas de *L rigidum* no experimentaron efectos adversos en el aparato fotosintético estando sometidas a las distintas enmiendas de estudio. Las diferencias encontradas, entre amanecer y mediodía, se debieron a la mayor intensidad luminosa existente al mediodía, la cual aumentaría los niveles de fotoinhibición experimentados por las plantas de *L rigidum*.

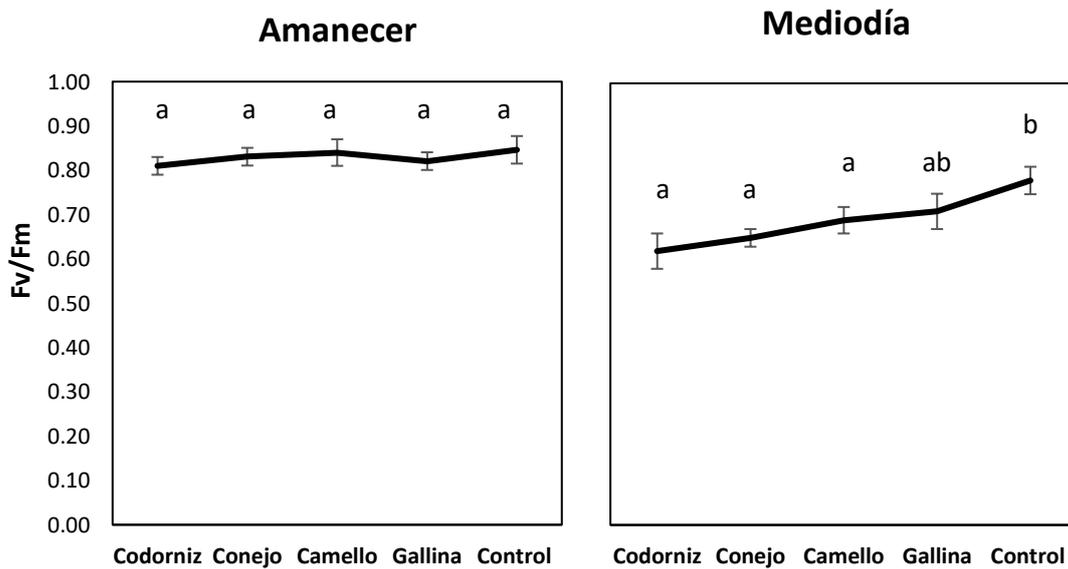


Figura 3. Fluorescencia media tomada al amanecer y mediodía de las plantas de *Lolium rigidum* a partir de las semillas sembradas en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. Distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. Clorofila (valores SPAD) de plantas de *Lolium rigidum* a partir de las semillas sembradas en cada uno de los suelos con enmiendas orgánicas de estudio. Se muestra la media \pm error estándar. En la misma columna, distintas letras indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Clorofila (valores SPAD)	
Codorniz	22,02 \pm 2,09 a
Conejo	20,96 \pm 3,08 a
Camello	19,87 \pm 3,76 a
Gallina	22,76 \pm 2,78 a
Control	31,09 \pm 3,01 b

5.3. Comercialización de los estiércoles y futuras investigaciones.

Cada día la ganadería genera una inmensa cantidad de residuos, mal llamados desechos que generalmente son considerados un problema para el productor, ya que no conocen alternativas para poder darles un uso apropiado. En algunos casos, su manejo inadecuado y la falta de conciencia ambiental terminan generando problemas de contaminación. El aprovechamiento de los residuos orgánicos cobra cada día mayor interés como medio eficiente de reciclaje racional de nutrientes, que ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo. La aplicación de abonos orgánicos constituye una alternativa para disminuir el uso de fertilizantes químicos.

El uso eficiente de los residuos animales (estiércoles) como abonos puede ser una práctica de manejo agronómica y económicamente viable para la producción vegetal sustentable. Con el empleo de estiércoles como enmiendas orgánicas se garantiza la posibilidad de incrementar la disponibilidad de los nutrientes y mejorar la productividad de los cultivos (Vitousek et al., 1997; Fiedls, 2004). Pero además de ello, se está dando un cambio

significativo que repercute en nuestra alimentación, dejando de lado la producción de alimentos industriales para volcarnos a la Agricultura Ecológica, que busca dejar de lado la utilización de productos de síntesis química para utilizar lo que la naturaleza nos pone a disponibilidad. El uso de los desechos orgánicos cada día reviste mayor atención dada la dimensión que representa dentro de la agricultura orgánica, ya que constituye una de las alternativas más viables para aliviar el impacto ambiental de la ganadería. En la actualidad aún queda mucho por profundizar en este tema, sobre todo en los residuos producidos la ganadería intensiva a pequeña escala, los cuales pueden contribuir con la agricultura ecológica mediante su uso en cultivos intensivos.

6. CONCLUSIONES

Ante la poca oferta actual de abonos orgánicos, con este proyecto que caracteriza el estiércol de diferentes especies (codorniz, conejo, camello y gallina), se pretende dar paso a la posibilidad de su empleo en sistemas intensivos de agricultura (horticultura, fruticultura, viveros). Las principales conclusiones que se pueden extraer de los resultados obtenidos en el presente trabajo son las siguientes:

1.- El estiércol de codorniz, a pesar de presentar una buena composición química (fundamentalmente en la concentración de N y Ca), mostró un pH ligeramente más ácido (6,47) que el resto de las muestras, que presentaron un pH en torno a 8. Como consecuencia de este pH, la enmienda realizada con estiércol de codorniz registró los valores más bajo de establecimiento y características biométricas de plantas de *Lolium rigidum*.

2.- La composición de los estiércoles de conejo, camello y gallina fueron muy similares. Entre ellos, el estiércol de gallina fue ligeramente superior a la concentración de N, P, K y Ca que las otras dos enmiendas.

3.- Las enmiendas realizadas con estiércol de conejo, camello y gallina siguieron la misma tendencia en cuanto al establecimiento, altura y biomasa final de las plantas de *L. rigidum*. Los valores de la enmienda de gallina, presumiblemente a sus mayores propiedades químicas, fueron ligeramente superiores a los otros dos.

4.- Los resultados de la fluorescencia y pigmentos fotosintéticos indican que las plantas de *L. rigidum* no experimentaron efectos adversos en el aparato fotosintético estando sometidas a las distintas enmiendas de estudio. Las diferencias encontradas, entre amanecer y mediodía, se debieron a la mayor intensidad luminosa existente al mediodía, la cual aumentaría los niveles de fotoinhibición experimentados por las plantas.

Este estudio representa un primer paso en la caracterización de estos subproductos, sin embargo, futuros estudios sobre sus características, forma y época de aplicación, compostaje, digestión anaerobia, especies cultivadas, etc., son necesarios, para que se garantice un producto final de calidad.

7. BIBLIOGRAFIA

- Aso, P. y Bustos, V. 1991. Uso de residuos orgánicos, estiércol y cachaza, como abonos. Avance Agroindustrial 44. Estación Experimental Agroindustrial. Tucumán, Argentina.
- Bellapart, C. 1996. Nueva agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España, 298p.
- Boguslawski, E. y Debrouc, J. 1977. La paja y la fertilidad de los suelos. Editorial CECSA. México, D.F., 90 p.
- Boixadera J. y M.R. Teira (eds.). Servei de Publicacions. Universitat de Lleida. Pp: 159-174.
- Bolhàr, R., Oquist, G. 1993. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. En: Hall, D.O., Scurlock, J.M.O., Bolhàr-Nordenkampf, H.R., Leegood, R.C. y Long, S.P. (Eds.) *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*. 193-206. Chapman & Hall, London.
- Bollo, E. 1999. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España. 150p
- Boueman, A. y Booij, H. 1998. Global use and trade of feedstuffs and consequences for the nitrogen cycle. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 52:261-267
- Capullin, G, Nuñez, E, Etchevers, B y Baca, C. 2001. Evaluación del extracto líquido del estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Agrociencia* 35: 287-299

- Dietz, F. y Hoogervorst. N. 1991. Towards a sustainable and efficient use of manure in agriculture: the Dutch case. *Environ. Resour. Econ.* 1:313-332.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2005. Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-2005. United States Environment Protection Agency, USA. pp 393.
- EPA (Environmental Protection Agency). 2006. Global Anthropogenic Non-CO2 greenhouse gas emissions: 1990-2020. United States Environment Protection Agency, USA. pp 274.
- Felipó MT. 2001. Los elementos potencialmente tóxicos (EPT) como criterio en la aplicación de residuos orgánicos al suelo. En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos.
- Gholizadeh. A, Amin. A, Anuar. R y Aimrun. W. 2009. Evaluation of Leaf Total Nitrogen Content for Nitrogen Management in a Malaysian Paddy Field by Using Soil Plant Analysis Development Chlorophyll Meter. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4 (4): 278-282, 2009 ISSN 1557-4989.
- Harper, J. 1977. Population Biology of Plant. Academic, Londres, Inglaterra
- Hartwigsen, J. y Evans. M. 2000. Humic acid seed and substrate treatments promote seedling root development. *Hort. Science* 35 (7): 1231-1233.
- Hoffmann, I. y Mohammed, I. 2004. The role of nomadic camels for manuring farmer's fields in the Sokoto close-settled zone, Northwest Nigeria. *Nomadic Peoples* 8(1): 1-14.

- Landeros. F. 1993. Monografía de los ácidos húmicos y fulvicos. Tesis, área de hortalizas y flores, facultad de agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile. 145p.
- Maxwell. K., Johnson. G. 2000. Chlorophyll fluorescence- a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51, 659-668.
- Maxwell K, Johnson G. 2000. Chlorophyll fluorescence. A practical guide. *JExp Bot* 51: 659-668.
- Miner, J., Humenik.F., Overcash. M. 2000. Managing Livestock Wastes to Preserve Environmental Quality. Environmental Quality. Iowa State University Press Ames, IA, USA. pp: 318.
- Muslera. P. y Ratera G. 1991. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2ª Edición. Editores Mundi – Prensa. Madrid, España, pp 674.
- Nordenkampf, H, Leegood,C. y Long. P. (Eds.) *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*. 193-206. Chapman & Hall, London.
- Núñez, G. 2007. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. ACCS, Costa Rica. 112 p.
- Pazmiño, R. 1991. Efectos de diferentes niveles de gallinaza en la alimentación de cerdos mestizos e el crecimiento y engorde. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Pp. 18 – 23.

- Powers, W. 2009. Environmental challenges ahead for the U.S. dairy industry. In: Proc. 46th Florida Dairy Production Conference, Gainesville, FL, USA. pp: 13-24.
- Reyes, C. 1990. El maíz y su Cultivo. AGT. Editorial México. Tercera Edición México. D.F. pp 320 - 350
- Rodríguez, L. 2002. Influencia del cambio climático global sobre la producción agropecuaria Argentina. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, vol. 2, pp. 1-10. ISSN 1853-8665.
- Rowland F. y Molina. M. 1975. Chlorofluoromethanes in the environment. Rev. Geophys.13(1): 1-35.
- Sánchez. M. 2001. Utilización agrícola del estiércol licuado del ganado porcino. Método rápido d determinación del valor fertilizante. Establecimiento de las bases para el diseño de un óptimo plan de fertilización. Tesis doctoral, Universidad de Valladolid. España.
- Sánchez. M., Gonzáles. J. 2005. The fertilizer value of pig slurry. I. Values depending on the type of operation. Biores. Techonol. 96, 1117 – 1123
- Schlegel B. 2001. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. In Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia, Chile. 18 al 20 de octubre del 2001. 13 p.
- Schreiber. U., Schliwa. U., Bilger. W. 1986. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynthesis Research* 10, 51-62.

Somarriba. C. 1997. Texto Básico de Granos Básicos. Universidad Nacional Agraria.
Managua – Nicaragua. 197 pp.

Thibaudeau, S. 1997. Fumier solide ou liquide: quelle est la différence?. En Soil/ Fumier,
octubre, 18: 32 – 35.

Tisdale, S. y Nelson. L. 1966. Soil Fertility and Fertilizers. Segunda Edición. Macmillan
Company. New Cork, Estados Unidos. 694p

Valdecantos A, Fuentes D, Cortina J, Casanova G (2002) Aprovechamiento de los
purines. Requisitos para su utilización agraria y forestal. Porci 71: 43–56.A