



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**EFECTO DEL HIDROGEL Y VERMICOMPOST SOBRE LA
PRODUCTIVIDAD DEL PASTO CUBA OM-22 (*Pennisetum
purpureum* x *P. glaucum*) EN ÉPOCA SECA**

AUTORES:

**JUNIOR JOEL LOOR ZAMBRANO
LORENA MERCEDES BRAVO MACAY**

TUTOR:

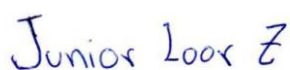
ING. GALO A. CEDEÑO GARCÍA, MG.

CALCETA, FEBRERO 2021

DERECHOS DE AUTORÍA

LORENA MERCEDES BRAVO MACAY y JUNIOR JOEL LOOR ZAMBRANO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



LORENA MERCEDES BRAVO MACAY

JUNIOR JOEL LOOR ZAMBRANO

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA, M.Sc, certifica haber tutelado el proyecto **EFFECTO DEL HIDROGEL Y VERMICOMPOST SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL PASTO CUBA OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum*) EN ÉPOCA SECA**, que ha sido desarrollada por **LORENA MERCEDES BRAVO MACAY** y **JUNIOR JOEL LOOR ZAMBRANO**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:
**GALO ALEXANDER
CEDENO GARCIA**

ING. GALO A. CEDEÑO GARCÍA, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **EFFECTO DEL HIDROGEL Y VERMICOMPOST SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL PASTO CUBA OM-22 (*Pennisetum purpureum x P. glaucum*) EN ÉPOCA SECA**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ENRIQUE
PARRAGA MUNOZ**



Firmado electrónicamente por:
**FREDDY
WILBERTO
MESIAS GALLO**

ING. LUIS PÁRRAGA MUÑOZ, M.Sc. ING. FREDDY MESÍAS GALLO, M.Sc.

MIEMBRO

MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
**GONZALO BOLIVAR
CONSTANTE TUBAY**

ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, M. Sc.

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme vida y salud y por ser mi guía en el camino del éxito.

A mi madre por ser mi pilar fundamental, mi apoyo y mi sustento, gracias a su esfuerzo y sacrificio hoy soy lo que soy, gracias por su apoyo económico, su cariño, sus reclamos, sus exigencias, porque todo al final representa el gran amor que me tiene.

A mi tía Rosa Macay y mi madrina Ketty Zambrano por ser mi segunda madre.

A mis hermanos porque han confiado en mí y me han hecho ser un ejemplo para ellos.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, mi agradecimiento eterno después de años de esfuerzo, sacrificio, dedicación, y grandes alegrías llegó el día en que miraría hacia atrás el camino recorrido por sus aulas y pasillos.

Al Ing. Galo Cedeño García, por el apoyo brindado durante este trabajo de investigación en calidad de tutor.

A la Lic. Katty Ormaza Cedeño por su apoyo y guía en laboratorio para la realización de este trabajo.

A mi compañero de tesis con quien he compartido momentos difíciles y logros en este tiempo de amistad, gracias por ese apoyo incondicional.

A Beatriz Salvatierra y Alicia Falcones a quienes las considero como hermanas aparte de ser mis verdaderas amigas gracias por su apoyo, sus consejos, su cariño y sus palabras de aliento cuando quería desmayar en los momentos

difíciles.

A mis compañeros de clase con los cuales compartimos cinco largos años, y que con ellos vivimos los buenos y malos momentos que solo se viven en la universidad, que con algunos más que compañeros fuimos verdaderamente amigos, cada uno con sus diferencias, pero al final siempre unidos.

LORENA M. BRAVO MACAY

AGRADECIMIENTO

A Dios principalmente, por darme vida y salud, por ser el inspirador y guiarme por el camino correcto y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de las metas que más he deseado a lo largo de mi vida.

A mis padres, por ser el pilar fundamental y haberme apoyado siempre incondicionalmente, ya que con su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años de vida y de estudio he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hijo.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A mis hermanos por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. Y a toda mi familia por sus consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona.

A los docentes de la carrera de Ingeniería Agrícola por confiar en nuestras habilidades y brindarnos sus conocimientos dentro y fuera de las aulas de clases, en especial agradecer al Ing. Galo Cedeño García, por el apoyo brindado durante este trabajo de investigación en calidad de tutor.

A la Lic. Katty Ormaza Cedeño por su apoyo y guía en laboratorio para la realización de este trabajo.

A todos mis compañeros de aula un agradecimiento muy especial para todos ellos por formar parte de este largo camino de estudio, aprendizaje, amistad, de esfuerzo y sacrificio que vivimos todos, en especial agradecer a mi compañera de tesis por haber formado parte de este proyecto de tesis que con esfuerzo y

dedicación logramos culminar de la mejor manera posible esta investigación.

JUNIOR J. LOOR ZAMBRANO

DEDICATORIA

A Dios, quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se me presentaban.

A mi madre por ser mi apoyo y motivación porque todo lo que soy se lo debo a ella y por inculcar en mi la importancia de estudiar.

A mi tía Rosa Macay y mi madrina Ketty Zambrano quienes han velado por mí durante este largo camino para convertirme en una profesional.

A mis hermanos que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo incondicional.

A mi familia en general, gracias por confiar en mí y ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.

A todos los Ingenieros de la Carrera Agrícola, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

LORENA M. BRAVO MACAY

DEDICATORIA

A Dios, principalmente por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis queridos padres, Walter Artemio Loor Basurto y Ana Isabel Zambrano Laaz, por ser los pilares más importantes en mi vida y por su apoyo incondicional a cada instante de mi vida.

A mis hermanos, mis sobrinos, mis tíos, mis abuelos, mis cuñados, mis amigos y a toda mi familia por haber formado parte de este gran logro y por haberme apoyado siempre.

A mis compañeros por todos esos momentos bonitos y difíciles que pasamos dentro y fuera de las aulas de clase en el transcurso de todo este periodo de estudio.

Y, por último, pero por supuesto no menos importantes a todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Agrícola por habernos brindado todos sus conocimientos de la mejor manera posible.

JUNIOR J. LOOR ZAMBRANO

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	ix
DEDICATORIA.....	x
CONTENIDO GENERAL.....	xi
CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS.....	xv
RESUMEN	xvii
<i>Palabras clave: Pasto de corte, retenedor de humedad, materia orgánica, rendimiento de biomasa</i>	xvii
ABSTRACT.....	xviii
<i>Key words: Cutting grass, moisture retainer, organic matter, biomass yield</i> ...	xviii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4

1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. GENERALIDADES DE LOS PASTOS.....	5
2.2. PASTO CUBA OM-22 (<i>Pennisetum purpureum</i> x <i>P. glaucum</i>)	6
2.2.1. ORIGEN GENÉTICO DEL PASTO CUBA OM-22.....	6
2.2.2. TAXONOMÍA Y GENERALIDADES DEL PASTO CUBA OM-22.....	6
2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL PASTO CUBA OM-22	8
2.2.4. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS DE LOS PASTOS TROPICALES	9
2.3. MANEJO DE LOS RECURSOS AGUA-SUELO	10
2.4. HIDROGEL.....	11
2.4.1. TIPOS DE POLÍMEROS	13
2.4.2. VENTAJAS DEL HIDROGEL	13
2.4.3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DEL HIDROGEL	14
2.4.4. HIDROKEEPER	14
2.4.5. HIDROGEL EN PASTO	15
2.5. VERMICOMPOSTAJE.....	16
2.5.1. VENTAJAS DEL VERMICONPOSTAJE.....	17
2.5.2. VERMICOMPOST	18

2.5.3. COMPOSICIÓN DEL VERMICOMPOST	18
2.5.4. EFECTOS DEL VERMICOMPOST	19
2.5.5. CAPACIDAD DE RETENCIÓN HÍDRICA DEL VERMICOMPOST ..	20
2.6. EFECTO DEL HIDROGEL Y VERMICOMPOSTA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ.....	20
2.7. CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y RETENCIÓN DE HUMEDAD EDÁFICA EN EL ESTABLECIMIENTO DE BUFFEL (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) ...	21
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO	22
3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	22
3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS.....	22
3.3. MATERIAL VEGETAL	23
3.4. ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO	23
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	24
3.6. VARIABLES RESPUESTAS.....	26
3.6.1. ALTURA DE PLANTA (m).....	26
3.6.2. DIÁMETRO DE TALLO (mm).....	26
3.6.3. RENDIMIENTO DE BIOMASA FRESCA (Kg. ha ⁻¹).	26
3.6.4. PESO SECO DE BIOMASA (g).....	26
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.....	27
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35

5.1. CONCLUSIONES	35
5.2. RECOMENDACIÓN	35
BIBLIOGRAFÍA	36
ANEXOS.....	48

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Valores medios analíticos del humus de lombriz	19
Cuadro 2. Combinaciones o arreglo de tratamientos.....	25
Cuadro 3. Significancia estadística de variables de crecimiento y producción del pasto Cuba OM-22 a los 45 días después del rebrote en función de dosis de hidrogel y vermicompost. Calceta, Ecuador, 2019.	28
Cuadro 4. Significancia estadística de variables de crecimiento y producción del pasto Cuba OM-22 a los 60 días después del rebrote en función de dosis de hidrogel y vermicompost. Calceta, Ecuador, 2019.	31
Cuadro 5. Significancia estadística de variables de crecimiento y producción del pasto Cuba OM-22 a los 75 días después del rebrote en función de dosis de hidrogel y vermicompost. Calceta, Ecuador, 2019.	33
Cuadro 6. Significancia estadística de variables de crecimiento y producción del pasto Cuba OM-22 a los 90 días después del rebrote en función de dosis de hidrogel y vermicompost. Calceta, Ecuador, 2019.	34
Gráfico 1. Ubicación geográfica de la Unidad de Investigación de Pastos y Forrajes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.	22
Figura 1. Efecto de varias dosis de vermicompost sobre la altura del pasto Cuba OM-22 a los 45 días después del corte.....	29
Figura 2. Efecto de varias dosis de hidrogel sobre la biomasa fresca por ciclo en pasto Cuba OM-22 a los 45 días después del corte.....	30
Figura 3. Efecto de varias dosis de hidrogel sobre la biomasa fresca acumulada en época seca en	

pasto Cuba OM-22 a los 45 días después del corte.30

Figura 4. Efecto de la interacción hidrogel x vermicompost sobre la producción de biomasa fresca por ciclo en el pasto Cuba OM-22.....32

Figura 5. Efecto de la interacción hidrogel x vermicompost sobre la producción de biomasa fresca en época seca en el pasto Cuba OM-22.....32

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue evaluar el efecto del hidrogel y vermicompost sobre la productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum*) en época seca. El experimento se desarrolló durante la época seca del 2019, en el área de investigaciones de pasto de la ESPAM MFL. Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de hidrogel (0, 50, 100, 150 kg ha⁻¹) y cuatro niveles de compost (0, 20, 30 y 40 t ha⁻¹). El diseño utilizado fue bloques completos al azar (DBCA) con 16 tratamientos, tres repeticiones y 48 unidades experimentales. Las principales variables registradas fueron rendimiento de biomasa fresca y seca (t ha⁻¹) a los 45, 60, 75 y 90 días después del corte de igualación. El efecto del hidrogel solo fue significativo ($p \leq 0.05$) a los 45 y 60 días después del corte, donde la dosis de 50 kg ha⁻¹ mostro la mayor producción. El vermicompost no mostro efectos significativos ($p > 0.05$) sobre la producción de biomasa fresca y seca en ninguna de las frecuencias de corte evaluadas. La interacción de 50 kg ha⁻¹ de hidrogel con 30 t ha⁻¹ de compost mostro la mayor producción de biomasa fresca y seca a los 45 y 60 días después del corte. En las frecuencias de 75 y 90 días el hidrogel ni el compost muestran efectos sobre la producción, independientemente de las dosis evaluadas.

Palabras clave: *Pasto de corte, retenedor de humedad, materia orgánica, rendimiento de biomasa*

ABSTRACT

The main objective of the research was to evaluate the effect of the hydrogel and vermicompost on the productivity of Cuba OM-22 grass (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum*) in the dry season. The experiment was developed during the dry season of 2019, in the grass research area at ESPAM MFL. The treatments consisted of four levels of hydrogel (0, 50, 100, 150 kg ha⁻¹) and four levels of compost (0, 20, 30 and 40 t ha⁻¹). The design used was randomized complete blocks (DRCB) with 16 treatments, three repetitions and 48 experimental units. The main variables recorded were fresh and dry biomass yield (t ha⁻¹) at 45, 60, 75 and 90 days after the equalization cut. The effect of the hydrogel was only significant ($p \leq 0.05$) at 45 and 60 days after cutting, where the dose of 50 kg ha⁻¹ showed the highest production. Vermicompost did not show significant effects ($p > 0.05$) on the production of fresh and dry biomass at any of the cutting frequencies evaluated. At the frequencies of 75 and 90 days, neither the hydrogel nor the compost show effects on production, regardless of the doses evaluated.

Key words: *Cutting grass, moisture retainer, organic matter, biomass yield*

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ecuador posee 5,3 millones de hectáreas dedicadas a las actividades agropecuarias, su mayor superficie de suelo cultivable se concentra en pastos cultivados y naturales con 3,1 millones de hectáreas, siendo Manabí quien lidera las provincias con mayor superficie de labor agropecuaria; de las cuales 777.088 hectáreas, corresponden a pastos cultivados y naturales (ESPAC, 2018).

El estar situada en un área tropical la convierte en la principal provincia del país con el mayor número de cabezas de ganado vacuno con 921.823 cabezas lo que representa el 22,7% del total nacional (ESPAC, 2018), sin embargo, es una zona que presenta limitantes debido a la reducción en sus niveles productivos de carne y leche, este descenso drástico se debe principalmente por la escasez de forraje en la época seca.

Investigaciones recientes manifiestan que el cambio climático está influyendo en los patrones de precipitación, alterando tanto la cantidad de precipitación recibida como la distribución de la precipitación en el transcurso del año promedio, con estos cambios en el clima habrá efectos en el medio ambiente y suelos agrícolas, alterando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo cual conlleva a la pérdida de la fertilidad y afectaciones directas a la agricultura y seguridad alimentaria (Brevik, 2013; Kumar & Jyoti, 2014).

Debido a la baja disponibilidad de pastos en época seca, los productores ganaderos buscan alternativas que ayuden a mitigar este problema, por lo que se requiere de tecnologías y estrategias que conduzcan a mejorar la disponibilidad de forraje en cantidad, calidad y bajo costo durante los períodos secos (Reyes et al., 2008).

El hidrogel y el vermicompost son alternativas que pueden ayudar al mejoramiento del suelo y la retención de humedad, lo cual puede ser una opción para los ganaderos en la época seca y así poder mejorar la producción del pasto.

Entre los primeros se destaca el uso de hidrogeles de poliacrilamida, los cuales son copolímeros que absorben y retienen grandes cantidades de humedad y nutrientes del suelo, y los mantienen disponibles para la planta, además, estos productos mejoran la aireación y mantienen temperaturas que fomentan un mejor desarrollo para las plantas (Pedroza et al, 2015). En segundo se encuentra la composta orgánica que permite estabilizar la estructura del suelo y formar agregados, lo cual genera una nueva distribución de la porosidad y aireación, ayudando a mejorar la capacidad de retención de humedad (Mendoza & Macías, 1998) y la fertilidad del suelo (Pedroza & Duran, 2005).

¿El hidrogel y vermicompost aumentara la productividad del pasto Cuba OM-22 en época seca?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Manabí es una de las principales zonas productoras del Ecuador, sin embargo, la baja disponibilidad de forrajes en periodos secos a consecuencias de las limitadas precipitaciones en época seca ha ido agravando el sector agropecuario, lo que propicia el uso de tecnologías efectivas e inofensivas, así tenemos los polímeros hidrófilos y el vermicompost sobre especies forrajeras para garantizar una adecuada nutrición y producción ganadera.

En agricultura, los hidrogeles agrícolas y el vermicompost tienen múltiples aplicaciones, que los ha convertido en alternativa para una agricultura sostenible, los hidrogeles tienen la capacidad de aumentar la retención de agua en el suelo y mejorar su estructura (Montoya & Pizano, 2016), el vermicompost mejora la capacidad de retención de la humedad edáfica, aumentando la porosidad y aireación y favoreciendo a microorganismos benéficos (Navarro, 2009).

De acuerdo a lo descrito el presente trabajo tiene como finalidad evaluar el efecto del hidrogel y vermicompost sobre la productividad del pasto Cuba OM-22 en época seca, con el objetivo de obtener información que permita determinar el efecto de cada una de las dosis y la interacción que estas puedan tener, a fin de obtener información que permita crear estrategias para hacer frente al desabastecimiento de forraje en época seca.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del hidrogel y vermicompost sobre la productividad del pasto Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum*) en época seca, Manabí-Ecuador.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el efecto de las dosis de hidrogel sobre la productividad del pasto Cuba OM-22 en época seca, Manabí-Ecuador.
- Probar el efecto de las dosis de vermicompost sobre la productividad del pasto Cuba OM-22 en época seca, Manabí-Ecuador.
- Comprobar el efecto de la interacción de las dosis de hidrogel y vermicompost sobre la productividad del pasto Cuba OM-22 en época seca, Manabí-Ecuador.

1.4. HIPÓTESIS

La aplicación de hidrogel y vermicompost incrementarán la productividad del Pasto Cuba OM-22 en época seca.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DE LOS PASTOS

Los pastos son considerados de la familia más importante de las monocotiledóneas, su tamaño varía desde 2-3 cm de altura hasta 3.0 m que puede alcanzar un bambú se dividen en anuales o perennes todas son herbáceas, excepto un 5%; los órganos vegetativos de las gramíneas son la raíz, el tallo y las hojas; las gramíneas tropicales se caracterizan por un alto contenido de carbohidratos estructurales, bajos contenidos de carbohidratos solubles y proteína total inferior al 7%, por efecto de las condiciones climáticas, especialmente la alta radiación solar, se lignifican rápidamente y presentan una digestibilidad menor del 55% (Rojas et al., 2005).

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador (MAGAP) explica que los pastos y forrajes son plantas cultivadas o utilizadas para la alimentación del ganado mediante el pastoreo directo o la cosecha; y forman la manera más económica y práctica de alimentar el ganado; pueden ser gramíneas o leguminosas, que pueden cosecharse y ensilarse cuando se tiene más de lo que consume el ganado para tener una reserva de alimento para épocas de sequía (MAGAP, 2014).

En el trópico el ganado bovino experimenta una reducción drástica durante la época seca en sus niveles productivos (carne y leche), que es ocasionado principalmente por la escasez de pastos y forrajes (tanto en cantidad como en calidad). La baja producción de forraje es provocada, enormemente en la época seca, a causa de menos precipitaciones, dando como resultado la escasez de forraje, afectando la capacidad de rebrote, pérdida de tallos y macollas ya existentes como consecuencia del deterioro de pasturas, disminuyendo la capacidad de forraje (Palma & Raudez, 2018).

Debido a la poca disponibilidad de pastos en época seca, los productores buscan alternativas para dar solución a este problema, pero el desafío requiere

tecnologías y estrategias que conduzcan la mejora de disponibilidad de forraje con buena calidad y bajo costo durante la época seca (Reyes et al., 2008).

2.2. PASTO CUBA OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *P. glaucum*)

2.2.1. ORIGEN GENÉTICO DEL PASTO CUBA OM-22

Este es un híbrido que tiene 21 cromosomas y surge de dos especies de *Pennisetum purpureum* (Pineda, 2017). El clon Cuba CT-169 se utilizó en programas de cruzamiento, de donde surgió la hierba elefante Cuba OM-22, producto del cruzamiento dirigido entre Cuba CT-169 (*Pennisetum purpureum*) como progenitor masculino y el cultivar de millo perla (*Pennisetum glaucum*) Tiffon Late, seleccionado por Gleen Burton de La Universidad de Georgia como progenitor femenino (Martínez et al., 2010). Este cultivar de millo perla se seleccionó como progenitor femenino por poseer un largo periodo de crecimiento en verano y alta talla, con abundante producción de forraje. El cruzamiento se hizo por polinización cruzada manual y la selección del híbrido Cuba OM-22 se hizo entre otros 340 individuos de este y otros cruces (Martínez et al., 2009).

2.2.2. TAXONOMÍA Y GENERALIDADES DEL PASTO CUBA OM-22

2.2.2.1. TAXONOMÍA

- División: Magnoliophyta
- Clase: Lilioopsida
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Tribu: Paniceae
- Género: *Pennisetum*
- Especie: sp (*P. Purpureum* x *P. Thyphoides*)
- Nombre científico: *Pennisetum* sp
- Nombre común: Cuba OM-22

2.2.2.2. GENERALIDADES

Indica Clavijo (2016) que las generalidades del pasto cuba son las siguientes:

- El pasto Cuba OM-22 es originario de cuba tiene una adaptabilidad de hasta los 2800 msnm, con días al primer corte de 90 días entre corte de 45-60.
- Predomina el color verde sólido, pero debido a que en su genética tiene el gen recesivo de color púrpura, no se descarta que pueda presentar coloración púrpura.
- Cuba 22 es una planta de exuberante crecimiento, tallos y hojas completamente lisos, sin vellosidades, no contiene espinas, no causa irritación ni rasquiña a operarios y animales.
- Su crecimiento es erecto pero su follaje se dobla desde edades muy tempranas debido a su abundante biomasa y alcanza una talla de 1,5 a 1,8 metros de altura.
- Produce un abundante follaje desde su base y presenta tallos gruesos con muy buena digestibilidad.
- Contiene hojas muy anchas y al mes de sembrada ya brota con 8 a 10 hijos.
- Su producción por unidad de área de cultivo o rendimiento de cosecha está tasada entre 70 y 180 toneladas de forraje fresco por hectárea, rango que varía según la región y época del año.
- Produce elevados contenidos en proteína y azúcares.
- Para su desarrollo requiere suelos drenados, ácidos y neutros.
- Soporta períodos de sequía prolongados por la profundidad de sus raíces.

- Soporta asociaciones con Leguminosas y forrajeras arbóreas.

2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL PASTO CUBA OM-22

En el pasto Cuba OM-22 dominan las características de la especie *purpureum*; se reproduce por tallos maduros o fracciones de los mismos, los cuales se siembran sobre surcos de forma horizontal o inclinadas; se ha llegado a estimar que se puede obtener hasta una relación de 20 a 1 en cuanto a la producción de material vegetativo. Otra de las ventajas es que supera en el ancho y largo de la hoja a los progenitores masculino Cuba CT-169 y al King Grass, que son excelentes cultivares forrajeros de *Pennisetum purpureum* (Martínez et al., 2009).

Además, estos autores señalan que la principal ventaja productiva del cultivar OM-22 es el alto porcentaje de hojas en la materia seca. Mientras que el King grass tiene 51 y 59% de hojas entre los 42 y 70 días de edad, el cultivar OM-22 adquiere entre 59 y 67% en el mismo intervalo de edades. Las diferencias se acentúan durante el periodo poco lluvioso donde el cultivar OM-22 alcanza entre 74 y 80% de hojas en la materia seca entre 42 y 70 días de edad, y el King Grass a igual edad tiene valores entre 61 y 67%.

Por último, los autores argumentan que existen trece unidades porcentuales más de hojas en el periodo seco que equivalen a tenores proteicos y de digestibilidad superior en el forraje cortado que llega al animal. Otra de la cualidad muy apreciada del OM-22 es la mínima presencia de pelos en las hojas por lo que es menos urticante en el corte a mano, característica muy apreciada por el pequeño productor.

También es importante mencionar que al igual que los clones CT-115 y CT-169, el OM-22 tiene la característica de poseer un sistema radicular mucho más profundo que las otras especies de gramíneas de corte, el cual alcanza entre 40 y 50 cm, condición que le permite a la planta permanecer verde durante los primeros meses de la época seca (Pineda, 2017).

El Cultivar OM-22 actualmente, según este autor, tiene una gran demanda por parte de los pequeños productores por sus buenas características para el corte y su alto rendimiento especialmente en la época seca. Se ha logrado obtener producciones de 16 a 20 toneladas de MS/ha/año con mayor proporción de hojas. Es una muy buena opción para producción de forrajes para ensilajes a gran escala y para el engorde a corral en pequeñas fincas.

En cuanto a los aspectos edafológicos, también indica el autor, que, para su crecimiento, necesita suelos ligeramente ácidos a neutros; como característica importante, soporta periodos prolongados de sequía. El crecimiento es erecto pero su follaje desde edad temprana se dobla debido a la abundante biomasa que produce; este pasto alcanza su estado de madurez fisiológica entre 35 y 45 días, y su etapa de inflorescencia llega a los 70 días. El rango de producción de materia verde por corte varía entre 70 y 180 toneladas por hectárea, dependiendo de la época del año, la región y el tipo de suelo.

2.2.4. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS DE LOS PASTOS TROPICALES

Dentro de los requerimientos climáticos y edáficos, hay varias formas de enumerar y analizar, los factores que influyen en la producción de pasturas. Según Delorenzo (2014) indica que existen dos tipos de factores que influyen en el establecimiento de una pastura y en la cantidad de pasto producido, estos factores, son: Abióticos (humedad, temperatura, radiación solar, fertilidad en el suelo y fertilización mineral); Bióticos (genética de la especie forrajera y manejo del cultivo).

León et al., (2018) indica que los principales factores de producción son: clima, suelo, especie forrajera, bióticos. El clima es un factor macro y es incontrolable o poco controlable por el hombre. El suelo, factor micro de influencia local y es parcialmente controlable. Pese al poco control que tiene el hombre sobre estos dos factores puede buscar información para tomar previsiones y manejar la actividad productiva de acuerdo con las características del medio.

El hombre debe controlar y manejar racionalmente, los factores como, las especies forrajeras, labores de manejo y bióticos, para conseguir su objetivo que es obtener la mayor eficiencia en las producciones animales y vegetales (León et al., 2018).

Según el INIAP (2014) menciona que los requerimientos climáticos y edáficos con los siguientes:

- **Zona:** Todas las provincias del Litoral y Amazonia Ecuatoriana.
- **Precipitación:** 800 a 3500 mm distribuido durante todo año.
- **Temperatura:** 18 a 32°C
- **Altitud:** 0 -1200 msnm.
- **Suelo:** Suelos francos con alto contenido de materia orgánica. Las *brachiarias* soportan suelos con baja fertilidad.
- **pH:** 4.5 a 5.5

2.3. MANEJO DE LOS RECURSOS AGUA-SUELO

En el mundo el sector agrícola es el más demandante de agua, consumiendo más del 80% del agua disponible, siendo un recurso primordial en la agricultura, resulta sorprendente que se consuma y desperdicie grandes cantidades de agua en los cultivos, una de las alternativas para conservar la humedad en los suelos ya sea proporcionada por lluvias o por riegos, es la utilización de materiales que permiten una mayor retención de humedad en los suelos (Evangelista, 2016).

Las zonas áridas, aunque productivas con uso intensivo de los recursos agua-suelo, son áreas de alto riesgo e impacto ambiental (Sánchez et al., 1997), lo cual hace necesaria la búsqueda de nuevas y adecuadas tecnologías que promuevan el uso eficiente de los recursos naturales, con un enfoque de mayor sustentabilidad. La mayor parte de las tecnologías disponibles están orientadas

hacia un mejor manejo del agua y suelo. El uso del agua en el ámbito productivo abarca desde los sistemas de captación de agua de lluvia hasta los sistemas de riego eficientes, así como las técnicas de retención de humedad edáfica y el uso de materiales genéticos tolerantes al estrés hídrico (Núñez et al., 1998; Lawlor & Cornic, 2002).

El sector agrícola ha realizado grandes esfuerzos para mejorar el aprovechamiento del agua mediante la reconversión de cultivos y la tecnificación del riego. Otra de las formas de lograr un manejo más eficiente del agua es con el uso de hidrogeles, polímeros a base de acrilamida, altamente absorbentes e insolubles en agua, estos constituyen una alternativa limpia y eficiente para reducir las pérdidas de agua en la agricultura influenciadas por la evaporación y percolación, reduciendo los costos tanto en insumos (fertilizantes) al disminuir las pérdidas por infiltración (López et al., 2016).

La vermicomposta también tiene grandes beneficios para los cultivos agrícolas, ya que además de propiciar una mayor retención de la humedad en el suelo, el humus obtenido en el composteo ayuda a la formación de bacterias esenciales para facilitar la fijación de nitrógeno; acelera el desarrollo de la raíz y los procesos de floración y maduración en los cultivos; los ácidos fúlvicos y húmicos aportan una gran cantidad de nutrientes asimilables de forma inmediata para la planta y con persistencia de hasta cinco años en el suelo; y contienen una alta carga microbiana (40 mil millones g-1 de suelo seco) (Ruiz, 2009).

2.4. HIDROGEL

Un hidrogel es una red tridimensional conformada de cadenas flexibles de polímeros que absorben cantidades considerables de agua (Katime et al., 2004; Hamidi et al., 2008). Estos polímeros o hidrogeles tienen unas características bien conocidas, como ser hidrófilos, blandos, elásticos e insolubles en agua además de que se hinchan en presencia de ella, aumentando apreciablemente su volumen mientras mantienen la forma hasta alcanzar el equilibrio físico químico (Katime et al., 2004). Pueden tener gran resistencia mecánica según el

método con el que se obtengan (De Queiroz et al., 2005).

La rápida multiplicación de la variedad de compuestos utilizados, como de los mecanismos de síntesis, han permitido la obtención de hidrogeles con mayor capacidad de absorción de agua y con diversas características físicoquímicas, estas últimas condicionan el hinchamiento del gel y, su desempeño (Martínez et al., 1998).

En la actualidad el empleo de estos polímeros en el campo de la agricultura está cobrando interés, para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo el desarrollo de las plantas. Al mezclar el hidrogel con el suelo se logra, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, disminuyendo la evaporación de la misma. Estos factores mejoran la actividad biológica y aumentan la producción del suelo. Además, estos polímeros también producen una mejora de la estructura del suelo y de la aireación del mismo (Rojas et al., 2006).

Los hidrogeles comerciales son granulados, tienen un contenido de materia seca de 85 a 90 %, densidad aparente de 0.85 g mL⁻¹, peso específico de 1.10 g cm⁻³, y pH de 8.1 (Pedroza et al., 2015). Una de las características más importantes de los hidrogeles es su capacidad de absorción y retención de agua de hasta 150 veces su propio volumen, con una capacidad de retención de 980 mL de agua L⁻¹, una disponibilidad de 95 % y una vida productiva de 5 años. Las dosis recomendadas varían de 5 a 25 kg ha⁻¹, en función del tipo de suelo, cultivo y clima (SNF Floerger, 2011).

Al tener contacto con agua, esta se desplaza hacia el interior de las partículas de polímero y a medida que el agua se difunde la partícula incrementa su tamaño y las cadenas poliméricas se mueven para acomodar las moléculas de agua; a la vez, la presencia de puntos de entrecruzamiento evita que las cadenas en movimiento se separen y por lo tanto se disuelvan en el agua (Barón et al., 2007).

2.4.1. TIPOS DE POLÍMEROS

Dentro de los grupos de los polímeros no existe una clasificación única, esto se debe a las distintas propiedades que poseen. Una de las identificaciones más sencillas para lograr distinguirlos se encuentra en su origen, la cual Ríos (2010), explica a continuación.

- **Naturales:** procedentes directamente del reino vegetal o animal, así como la seda, algodón, lona, celulosa, proteínas, almidón, caucho natural (látex o hule), ácidos nucleídos, como el ADN, entre otros.
- **Sintético:** son los transformados o creados por el hombre. Donde se encuentran todos los plásticos, los más conocidos en la vida cotidiana son los nylon, el polietileno, el poli cloruro de vinilo, etc.
- **Semi-sintéticos:** son todos aquellos que se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, caucho, la nitrocelulosa, llantas de automóviles o el caucho vulcanizado.

2.4.2. VENTAJAS DEL HIDROGEL

Rubira (2013), señala las ventajas generales del hidrogel:

- Aumenta la capacidad de retención de agua durante un largo tiempo
- Reduce la necesidad de riego hasta de un 50 %
- Proporciona un suministro de humedad a la planta
- Permite un rápido y mejor desarrollo de las raíces
- Disminuye el lixiviado de los nutrientes hasta el agua subterránea.
- Captura momentáneamente para luego liberar a las plantas.
- Reduce el costo de riego y optimiza la fertilización.
- Reduce la tensión de las plantas por falta de agua
- Mejor calidad de las plantas
- Germinación acelerada
- No son tóxicos, mejora la tasa de supervivencia de las plantas y la

germinación de las semillas.

- Reduce el choque debido al trasplante y el estrés debido a la falta de humedad.
- Mejora la aireación y la porosidad del suelo.
- Mantiene la humedad uniforme.
- Ayuda obtener un mejor drenaje y aireación de la raíz.
- Promueve sistemas radicales más fuertes y vigorosos.
- Optimiza insumos forestales, agrícolas y agua.

2.4.3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA DEL HIDROGEL

Se dice que un kilo de hidrogel puede contener entre "330 y 440" litros de agua (González, 2011). El hidrogel al entrar en contacto con el agua comienza su absorción del vital líquido hasta 200 litros de agua por cada kilo (dependiendo de la pureza de esta). Cuando en la tierra se empieza a perder humedad, el hidrogel comienza a liberar agua, de acuerdo a las necesidades de la raíz, manteniéndola siempre hidratada, esto sucede en todo tipo de plantas, permitiendo un importante ahorro de agua y una menor frecuencia de riego (Tornado Distribuidora Comercializadora, 2012). Los polímeros de hidrogel son capaces de absorber el equivalente a 100% de su peso de agua.

2.4.4. HIDROKEEPER

El Hidrokeeper es un copolímero superabsorbente de acrilamida y acrilato de potasio. Dicho compuesto es insoluble en agua que tiene la capacidad de absorber alrededor de 350 veces su peso en agua destilada, aumenta su tamaño proporcionalmente. Esta reserva de agua es entregada en un 95% a la planta, recobrando su tamaño original (Copyright Hidrokeeper, 2016).

El mismo autor manifiesta que la molécula de Hidrokeeper tiene dos partes, la poliacrilamida que es la que la hace apta para uso agrícola y el poliacrilato de potasio que ayudando en la absorción y reduciendo el costo del compuesto final. Esta molécula de hidrokeeper es capaz de absorber y entregar agua a la planta

por muchos años.

Además, este autor indica que el Hidrokeeper al tener contacto con el agua los grupos carboxílicos de su estructura reticular se disocian exponiendo cargas iguales negativas lo que le permite una repulsión de las cadenas poliméricas ampliando las cavidades de la red, esto le permite el paso de las moléculas de agua al interior de dicho polímero. El agua es atrapada en el interior del polímero y es entregada a las raíces de la planta a través de un proceso físico de ósmosis.

2.4.4.1. BENEFICIOS DEL HIDROKEEPER

Finalmente, el autor anterior manifiesta que el Hidrokeeper presenta los siguientes beneficios:

- Reduce los índices de mortalidad de las plantaciones.
- Ayuda en el desarrollo de cultivos en climas extremos.
- Reduce el consumo de agua de riego.
- Reduce la pérdida de nutrientes.
- Mejora la productividad.
- Anticipa las cosechas.

2.4.5. HIDROGEL EN PASTO

Las características más recurrentes en los pastizales de las zonas áridas y semiáridas son las sequías y la alta presión del uso del suelo por el sobrepastoreo (Velásquez et al., 2012). Los sistemas poco productivos en estas regiones tienen escasa cobertura vegetal en el suelo y bajo contenido de materia orgánica, son más propensos al proceso de erosión y desertificación (Asner et al., 2004; Cornelis, 2006; Kéfi et al., 2007).

Lo que más afecta al ecosistema donde se practica ganadería extensiva, es la degradación de los recursos naturales de los pastizales en las zonas áridas y semiáridas (Asner et al., 2004). El manejo inadecuado de las áreas de pastoreo, ha favorecido una degradación física, lo cual las hace más vulnerables a la errática precipitación en la temporada de lluvia y a precipitaciones menores a las esperadas, generándose un problema para los habitantes de las comunidades rurales por la disminución de la capacidad productiva de sus áreas (Pinedo et al., 2013). Para minimizar en un poco, los efectos de las sequías en las zonas áridas y semiáridas, es importante incorporar prácticas que permitan mitigar los efectos de años secos y su impacto en la economía (Velásquez et al., 2012).

Al incorporar al suelo coberturas vegetales, así como el uso de retenedores de humedad, representan tecnologías para reducir la alta evaporación y prolongar la disponibilidad del agua para las plantas. Estas tecnologías son aún poco exploradas y no bien valoradas para un eficiente establecimiento de vegetación en suelos degradados por efecto de la erosión y desertificación en zonas áridas (Yáñez et al., 2018).

El establecimiento de pastos nativos o introducidos, es una alternativa adicional que coadyuva al proceso de regeneración, evitando la pérdida de suelo por efecto de la erosión, favoreciendo la retención de humedad en el suelo. Si al establecimiento de vegetación, se le agrega la aplicación de retenedores de humedad edáfica y a la vez aportadores de nutrimentos, el efecto de captación de agua en microcuencas se puede potenciar (Ruiz, 2009).

2.5. VERMICOMPOSTAJE

El vermicompostaje es un proceso, en conjunto con la biooxidación, la degradación y la estabilización de la materia orgánica mediada por la acción combinada de lombrices y microorganismos bajo condiciones aerobias y mesófilas (Vargas, 2010; Moreno et al., 2014). Los microorganismos son responsables de la degradación bioquímica de la materia orgánica, y las lombrices actúan como conductores del proceso mediante la fragmentación y el

acondicionamiento del sustrato para la actividad microbiológica (Domínguez, 2004; Aira et al., 2009; Gómez et al., 2011). Con la finalidad de convertir residuos orgánicos en vermicomposta, que es un producto orgánico de alto valor agrícola (Moreno et al., 2014).

El vermicompostaje se ha creado para aprovechar las excretas de animales como sustrato para las lombrices y así generar fertilizantes orgánicos, mejorar los suelos y estimular la producción de los cultivos (Morales et al., 2009; Nieto et al., 2010; Carvajal & Mera, 2010).

2.5.1. VENTAJAS DEL VERMICONPOSTAJE

Según Agro Waste (2016), indica que las ventajas del vermicompostaje son:

- Reduce la cantidad de materia orgánica que podría ir al vertedero.
- Se evita el uso indiscriminado de productos artificiales, que determina que el suelo, con el correr del tiempo, quede expuesto a una pérdida de fertilidad.
- Ayuda a la aireación y el enriquecimiento de los minerales existentes en el suelo.
- Humus de alta calidad producido por las lombrices.
- Ventaja frente a otro tipo de abonos orgánicos, donde tenemos la riqueza en enzimas y microorganismos que estimulan el crecimiento de las plantas.
- El trabajo conjunto de lombrices y microorganismos intensifica la descomposición de la materia orgánica
- Las lombrices se alimentan de los compuestos parcial o totalmente degradados de subproductos orgánicos, convirtiendo la materia orgánica en un humus.

2.5.2. VERMICOMPOST

El vermicompost es un abono orgánico, con gran cantidad de nutrientes y materia orgánica necesaria para el crecimiento de las plantas, se caracteriza por tener una relación baja de C:N, bastante porosidad y gran capacidad de retener agua (López & Sainz, 2011; Aira & Domínguez, 2010). Aumenta la presencia de nitrógeno en el suelo, por medio de la degradación de compuestos orgánicos complejos en más simples, a través del tracto digestivo de la lombriz (Gómez et al., 2011; Román et al., 2013).

Ferruzzi, (1988), menciona que la acción del humus de lombriz hace posible que los suelos que lo contienen presenten una mejor estructura, debido a que actúa como agente de cementación entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares, que permiten:

- Mejorar el desarrollo radical.
- Activar los microorganismos.
- Aumentar la oxidación de la materia orgánica y, entrega de nutrientes, en formas químicas que las plantas pueden asimilar.
- Suministrar en cualquier dosis, sin quemar o dañar a la planta más delicada, ya que su pH es neutro.
- Aplicar como fertilizante foliar, debido a sus componentes nutritivos solubles en agua.

2.5.3. COMPOSICIÓN DEL VERMICOMPOST

Un suelo de alta calidad posee por lo general de 150 a 200 millones de microorganismos por gramo, el humus de lombriz posee por gramo entre 250 a 300 millones de microorganismos diversos y benéficos para la planta (Von, 2000).

En el **cuadro 1** podemos observar los valores promedios del humus de lombriz.

Cuadro 1. Valores medios analíticos del humus de lombriz

Nitrógeno	1-3%
Fósforo	1-3%
Potasio	0.8-1.5%
Magnesio	0.2-0.5%
Manganeso	260-580 ppm
Cobre	85-100 ppm
Zinc	85-400 ppm
Calcio	2.5-8.5%
Ácidos húmicos	5-7%
Ácidos fúlvicos	2-3%
PH	6.8-7.2
M.Orgánica	30-60%
C.I.C.	75-80 meq%gr
Cond.Electr. (CE)	2-4 mMhos/cm
Carga Bacteriana	2000x10 ⁶ col/gr

Fuente: Cony & Fernández, (2006)

2.5.4. EFECTOS DEL VERMICOMPOST

Según Alayón (2014), los efectos de aplicar el vermiconpost son:

- Es un abono orgánico que no daña el ecosistema y reduce el uso indiscriminado de fertilizantes químicos
- Aporta nutrientes minerales para las plantas (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, entre otros)
- Las plantas se desarrollan más robustas y resistentes a las plagas y enfermedades y cambios bruscos de las condiciones ambientales
- Recupera la fertilidad de los suelos pobres degradados o erosionados
- Mejora la textura y estructura del suelo, mantiene la humedad por mayor

tiempo e incrementa la aireación del suelo

- Activa los procesos biológicos del suelo
- Obtención de lixiviados

2.5.5. CAPACIDAD DE RETENCIÓN HÍDRICA DEL VERMICOMPOST

El humus de lombriz es un abono orgánico que contiene nutrientes disponibles para la planta y es beneficioso para la flora y fauna microbiana del suelo (INIA, 2008), es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo y de su estructura, utilizado en la retención de la humedad del suelo aumentando la retención hídrica entre un 5 y un 30 % (Tenecela, 2012), otros autores mencionan que aumenta la permeabilidad y la retención hídrica de los suelos en un 4 a 27% favoreciendo la absorción radicular y disminuyendo el consumo de agua en los cultivos (MAGRAMA, 2013), además la actividad residual del humus se mantiene en el suelo hasta cinco años (Tenecela, 2012).

2.6. EFECTO DEL HIDROGEL Y VERMICOMPOSTA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ

Pedroza et al., (2015), manifiesta que el objetivo de este estudio fue evaluar diferentes dosis de hidrogel y vermicomposta como retenedores de humedad en el suelo y su efecto en la fotosíntesis, y la producción de grano de maíz (*Zea mays* L.). Se usó tres dosis de hidrogel (0, 12.5 y 25 kg ha⁻¹) y dos dosis de vermicomposta (0 y 20 t ha⁻¹). La aplicación de hidrogel a dosis de 12.5 y 25 kg ha⁻¹ favoreció el crecimiento y productividad del maíz, al incrementar en promedio 31.5 % el contenido de humedad del suelo en relación con el testigo. El rendimiento de grano aumentó en 44.7 % cuando se aplicó 25 kg ha⁻¹ de hidrogel, al producir 19.1 t ha⁻¹, con respecto a las 13.2 t ha⁻¹ producidas por el testigo. La dosis de vermicomposta no influyeron en el crecimiento y producción de maíz.

2.7. CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA Y RETENCIÓN DE HUMEDAD EDÁFICA EN EL ESTABLECIMIENTO DE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris* L.)

Cruz et al., (2016), indica que el objetivo fue evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de retenedores de humedad edáfica. En dicho estudio se evaluaron cuatro dosis de hidrogel: 0, 5, 10 y 15 kg ha⁻¹ y dos dosis de vermicoposta: 0 y 40 t ha⁻¹. Después de los 241 días de la siembra (dds), el contenido de humedad edáfica fue mayor ($P \leq 0.05$) cuando se aplicaron 5, 10, y 15 kg ha⁻¹, con valores de 25, 23.2 y 23.4 %, respectivamente, sin diferencia estadística entre dosis, pero sí con el testigo (17.5 %). A los 346 dds, se observó un efecto similar, el cual se pierde a los 372 dds. En las variables altura de planta y el peso de materia seca, así como la actividad fotosintética, fueron significativamente mayores al testigo, en cualquiera de las dosis cuando se aplicó el hidrogel. Por último, la aplicación de 40 t ha⁻¹ de vermicomposta, incrementó significativamente el contenido de humedad en el suelo y produjo una mayor cantidad de materia seca de pasto buffel.

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La fase experimental se llevó a cabo en la Unidad de Investigación de Pastos y Forrajes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, ubicada en el Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar de la provincia de Manabí (**Gráfico 1**). El lugar está ubicado geográficamente en las coordenadas: latitud 0° 49' 23" sur; longitud 80° 11' 01" oeste; altitud de 15 msnm.



Gráfico 1. Ubicación geográfica de la Unidad de Investigación de Pastos y Forrajes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.

3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS¹

Las características edafoclimáticas de la zona de estudio son: precipitación: 1058 mm. anual¹, temperatura máxima: 30 °C, temperatura mínima: 22 °C, humedad

¹ Datos tomados en la estación meteorológica del INANMI, situada en la ESPAM MFL correspondiente al periodo; enero 2011 a diciembre 2018.

relativa: 84 %, Heliofanía: 1082 horas.sol⁻¹. año⁻¹, topografía: plana, pH: 6.5 a 7.5, drenaje: bueno, textura del suelo: Franco arenoso.

3.3. MATERIAL VEGETAL

El material experimental utilizado fue el pasto Cuba OM-22 (*P. Purpureum x P. glaucum*), procedente del banco de germoplasma de pastos y forrajes ubicado en la unidad de docencia, investigación y vinculación de la ESPAM – MFL.

3.4. ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

El experimento fue establecido en la época lluviosa con la finalidad de que tanto el hidrogel y el vermicompost se integraran a la estructura del suelo, y el pasto creciera vigorosamente para realizar el corte de igualación al final de las lluvias. Sin embargo, el registro de datos se realizó en la época seca con la finalidad de comprobar la capacidad del hidrogel y el vermicompost de retener humedad y estimular el crecimiento del pasto durante la época seca.

El área de terreno utilizada fue de 2000 m², la preparación del terreno consistió en el pase de la rozadora y luego dos pases de romplow. A continuación, se dejaron establecidas las 48 parcelas de 3 m de largo por 3 m de ancho, separadas entre ellas a 1 m y entre replicas a 2 m, en cada una de las parcelas y a una distancia de 0.60 x 0.60 m se realizaron los hoyos utilizando abre hoyos a una profundidad de 0.15 m donde se colocaron las respectivas dosis de hidrogel y vermicompost; un día antes de la plantación. Con el fin de obtener un mayor porcentaje y uniformidad de germinación, se cosechó el material vegetal en el banco de germoplasma de la unidad de docencia, investigación y vinculación de la ESPAM-MFL. Posteriormente en este mismo lugar, se prepararon los esquejes de tres yemas procurando no dañarlas y escogiendo siempre el más fresco, libre de raíces aéreas y hendiduras, y libre de plagas y enfermedades.

Establecida la siembra del pasto y durante las dos primeras semanas se monitoreó la germinación, en la muerte de los esquejes se hizo la resiembra

respectiva, así mismo, se realizó el control respectivo de las arvenses manualmente y así evitar la competencia y propagación de estas. Alrededor de los 120 días una vez que el pasto se lignificó se inició el corte de uniformidad a 0.10 m del suelo y a partir de ese corte, cada 15 días se tomó los datos de las variables en estudio.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado es en Bloques Completos al Azar (DBCA) en arreglo factorial A x B, con 16 tratamientos, tres repeticiones y 48 unidades experimentales. El factor A fue conformado por cuatro niveles de hidrogel (0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹) y el factor B por cuatro niveles de vermicompost (0, 20, 30 y 40 t ha⁻¹). En el **cuadro 2**, se ilustra el arreglo de tratamientos.

El modelo estadístico lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + e_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = es la observación perteneciente al k ésimo nivel del factor **B**, al j ésimo nivel del factor **A**, en la réplica i .

μ = es la media general.

R_i = es el efecto del i ésimo bloque o réplica.

A_j = es el efecto debido al j ésimo nivel del factor **A**.

B_k = es el efecto debido al k ésimo nivel del factor **B**.

$(AB)_{jk}$ = efecto de la interacción entre el j ésimo nivel del factor **A** y el k ésimo del factor **B**.

e_{ijk} = es el efecto del error experimental.

Cuadro 2. Combinaciones o arreglo de tratamientos.

N°	Código	Combinaciones
1	G1V1	Sin Hidrogel + Sin Vermicompost
2	G1V2	Sin Hidrogel + Vermicompost (20 t.ha ⁻¹)
3	G1V3	Sin Hidrogel + Vermicompost (30 t.ha ⁻¹)
4	G1V4	Sin Hidrogel + Vermicompost (40 t.ha ⁻¹)
5	G2V1	Hidrogel (50 kg ha ⁻¹) + Sin Vermicompost
6	G2V2	Hidrogel (50 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (20 t.ha ⁻¹)
7	G2V3	Hidrogel (50 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (30 t.ha ⁻¹)
8	G2V4	Hidrogel (50 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (40 t.ha ⁻¹)
9	G3V1	Hidrogel (100 kg ha ⁻¹) + Sin Vermicompost
10	G3V2	Hidrogel (100 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (20 t.ha ⁻¹)
11	G3V3	Hidrogel (100 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (30 t.ha ⁻¹)
12	G3V4	Hidrogel (100 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (40 t.ha ⁻¹)
13	G4V1	Hidrogel (150 kg ha ⁻¹) + Sin Vermicompost
14	G4V2	Hidrogel (150 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (20 t.ha ⁻¹)
15	G4V3	Hidrogel (150 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (30 t.ha ⁻¹)
16	G4V4	Hidrogel (150 kg ha ⁻¹) + Vermicompost (40 t.ha ⁻¹)

3.6. VARIABLES RESPUESTAS

3.6.1. ALTURA DE PLANTA (m)

Con una cinta métrica se tomó la longitud de 5 plantas dentro de un metro cuadrado de la unidad experimental, desde la base del suelo hasta la base de la yema apical sin estirla y sin medir la inflorescencia.

3.6.2. DIÁMETRO DE TALLO (mm)

El diámetro del tallo se tomó con un calibrador Vernier, se midió el largo y ancho del tallo respectivamente identificado con una cinta de color a 10 cm del nivel del suelo. Los datos del DT se presentaron en milímetros.

3.6.3. RENDIMIENTO DE BIOMASA FRESCA (Kg. ha⁻¹).

Para obtener esta variable se cortó el pasto a 10 cm del nivel del suelo en un área de un metro cuadrado, se procedió a pesar la materia fresca del área muestreada y obtener rendimiento de biomasa por hectárea, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PMF} = \frac{\text{RMF} * 1000}{1\text{m}^2}$$

PMF: Producción de materia fresca.

RMF: Rendimiento de materia fresca.

3.6.4. PESO SECO DE BIOMASA (g).

Para determinar la variable materia seca de los diferentes componentes de la planta (hojas, tallos y material muerto) se llevó una muestra de 1 kg por cada unidad experimental al laboratorio de suelo, el cual se la introdujo en un horno de convección de aire forzado a una temperatura de 70°C durante 72 horas, luego, se pesó la muestra al salir del horno, de esta manera se obtuvo la materia seca y se aplicó la siguiente fórmula para obtener la producción de dicha

variable:

MS= PMF * % MS

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza al 5% de probabilidad de error y la separación de medias con la prueba de Tukey al 5% de probabilidades de error.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza reportado en el **cuadro 3**, muestra que el hidrogel influyó significativamente ($p \leq 0.05$) la producción de biomasa fresca por ciclo y la producción de biomasa fresca acumulada en la época seca. De forma similar, el vermicompost solo influyó significativamente ($p \leq 0.05$) sobre la variable altura de planta (**cuadro 3**). Las demás variables evaluadas no fueron influenciadas significativamente ($p \geq 0.05$) por el hidrogel, el vermicompost y la respectiva interacción hidrogel x vermicompost (**cuadro 3**).

Cuadro 3. Significancia estadística de variables de crecimiento y producción del pasto Cuba OM-22 a los 45 días después del rebrote en función de dosis de hidrogel y vermicompost. Calceta, Ecuador, 2019.

Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$					
	Altura de planta	Diámetro de tallo	Biomasa fresca (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Biomasa fresca en época seca (t/ha)	Biomasa seca en época seca (t/ha)
Hidrogel	0,8959 ^{NS}	0,4809 ^{NS}	0,0152*	0,4185 ^{NS}	0,0152*	0,4183 ^{NS}
Vermicompost	0,0401*	0,8009 ^{NS}	0,1506 ^{NS}	0,4782 ^{NS}	0,1506 ^{NS}	0,4752 ^{NS}
Hidrogel x Vermicompost	0,4097 ^{NS}	0,5523 ^{NS}	0,3766 ^{NS}	0,4378 ^{NS}	0,3766 ^{NS}	0,4368 ^{NS}
C.V. %	5,6	17,34	22,27	7,12	22,27	7,11

*= significativo

NS= No significativo

La **figura 1**, muestra que a pesar de que la altura de planta a los 45 días después del corte fue influenciada significativamente por las dosis de vermicompost evaluadas, no superaron al tratamiento que no recibió vermicompost, que alcanzó la mayor altura con 1.25 m, en relación a las dosis de 20, 30 y 40 t ha⁻¹, que alcanzaron alturas de 1.18, 1.19 y 1.20 m, respectivamente. Los resultados obtenidos son diferentes a los reportado por Merinda et al., (2012) los cuales no obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en la variable altura de planta del pasto Cuba OM-22. Los resultados alcanzados

pueden deberse a que el vermicompost aplicado no ejerció un efecto inmediato en el suelo por su origen orgánico, dado que estos necesitan un tiempo más prolongado para reaccionar químicamente y formar parte de las partículas del suelo, en relación a un insumo sintético que tiene una reacción más inmediata, lo anteriormente descrito tiene relación con lo mencionado por Vázquez & Loli (2018), quienes indican que las enmiendas orgánicas se caracterizan por ser materias orgánicas bastante estables, de difícil descomposición (< 5% anual), constituidas por compuestos complejos que van a afectar las propiedades del suelo, tanto físicas, químicas y biológicas.

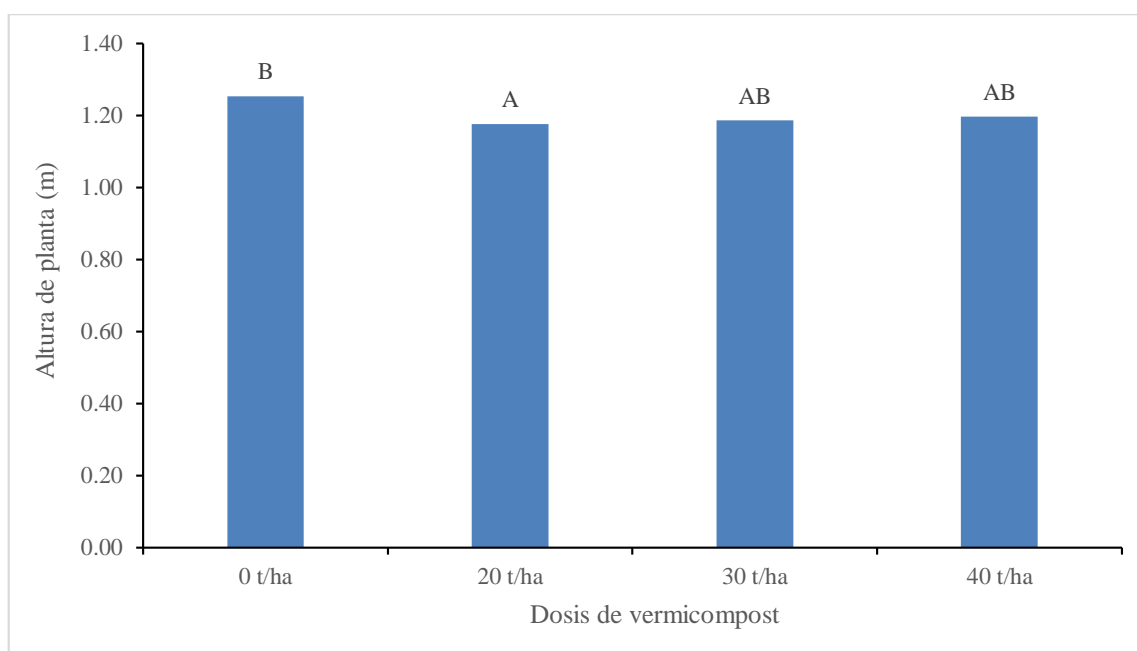


Figura 1. Efecto de varias dosis de vermicompost sobre la altura del pasto Cuba OM-22 a los 45 días después del corte.

Las **figuras 2 y 3**, muestran que con la dosis de 50 kg ha⁻¹ de hidrogel se alcanzó la mayor producción de biomasa fresca del pasto Cuba OM-22 con 52.50 y 210 t ha⁻¹, tanto por ciclo y por época seca, respectivamente, en relación a las dosis más altas, que incluso mostraron rendimientos menores al tratamiento sin hidrogel.

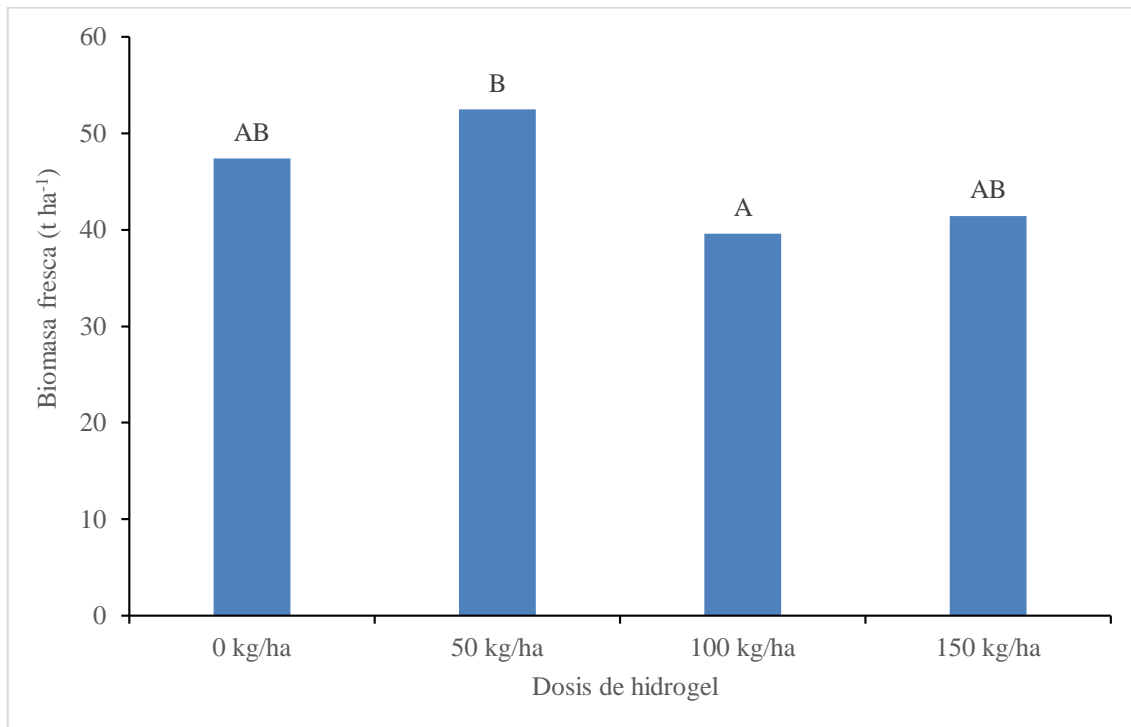


Figura 2. Efecto de varias dosis de hidrogel sobre la biomasa fresca por ciclo en pasto Cuba OM-22 a los 45 días después del corte.

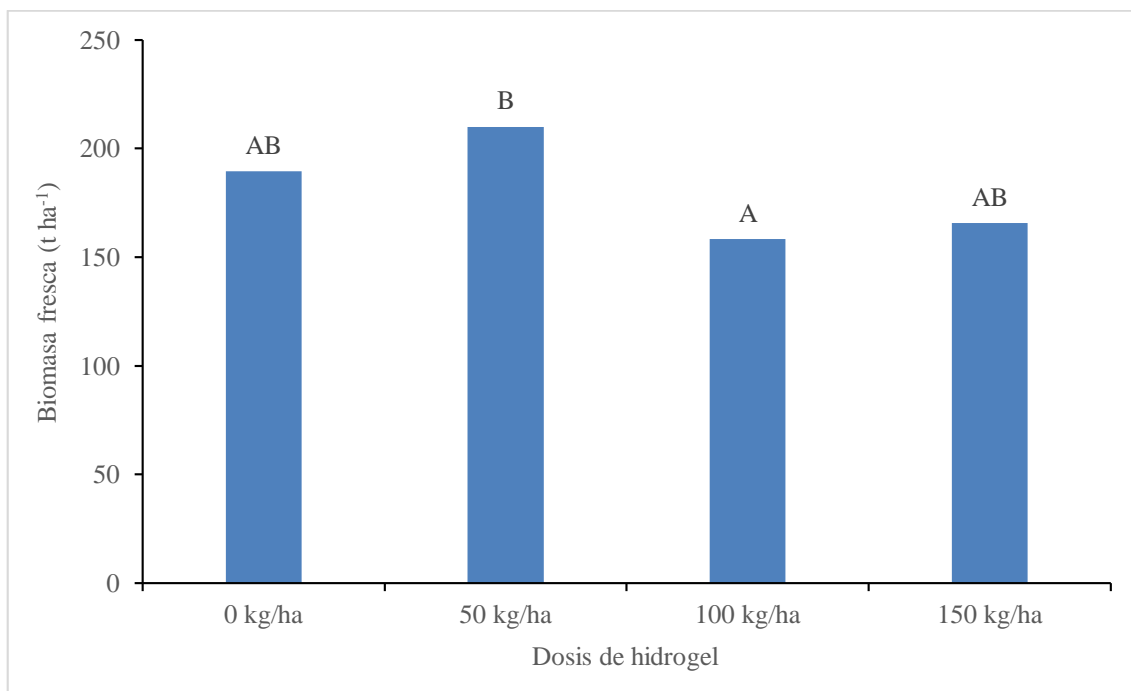


Figura 3. Efecto de varias dosis de hidrogel sobre la biomasa fresca acumulada en época seca en pasto Cuba OM-22 a los 45 días después del corte.

Posiblemente, la dosis de 100 y 150 kg ha⁻¹ de hidrogel, no mostraron mayor efecto sobre la producción de biomasa fresca por ciclo y por época seca, debido a que el suelo es de origen arcilloso y presenta una elevada capa freática, lo cual podría tener humedad suficiente para sustentar la producción del pasto durante la época seca, lo descrito tiene relación con lo mencionado por Pereira et al., (2011) quien indica que las arcillas tienen una gran capacidad de intercambio catiónico. Además, indica que las arcillas según su estructura permiten tener una mayor superficie específica, la cual contribuye a la retención de humedad o a evitar el lavado de nutrientes por parte de las aguas que se infiltran en las capas de los suelos como los arenosos.

El análisis de varianza aplicado a las variables de respuestas evaluadas a los 60 días después del corte, solo mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para la interacción entre hidrogel x vermicompost en la producción de biomasa fresca por ciclo y la acumulada durante la época seca (**cuadro 4**). El hidrogel y el vermicompost de forma separada no influyeron significativamente ($p \geq 0.05$) sobre las variables probadas.

Cuadro 4. Significancia estadística de variables de crecimiento y producción del pasto Cuba OM-22 a los 60 días después del rebrote en función de dosis de hidrogel y vermicompost. Calceta, Ecuador, 2019.

Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$					
	Altura de planta	Diametro de tallo	Biomasa fresca (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Biomasa fresca en época seca (t/ha)	Biomasa seca en época seca (t/ha)
Hidrogel	0.9053 ^{NS}	0.4070 ^{NS}	0.2615 ^{NS}	0.6183 ^{NS}	0.2615 ^{NS}	0.6181 ^{NS}
Vermicompost	0.1525 ^{NS}	0.4285 ^{NS}	0.0879 ^{NS}	0.4246 ^{NS}	0.0879 ^{NS}	0.4237 ^{NS}
Hidrogel x Vermicompost	0.7256 ^{NS}	0.3350 ^{NS}	0.0423*	0.3957 ^{NS}	0.0423*	0.3957 ^{NS}
C..V. %	8.71	22.31	20.43	8.42	20.43	8.42

*= significativo

NS= No significativo

En la **figura 4 y 5**, se muestra que en la interacción hidrogel x vermicompost el mejor tratamiento fue alcanzado con la dosis de 30 t ha⁻¹ de vermicompost y 50 kg ha⁻¹ de hidrogel con una producción de biomasa fresca del pasto Cuba OM-22 de 96.33 y 289 t ha⁻¹, tanto por ciclo y por época seca, respectivamente.

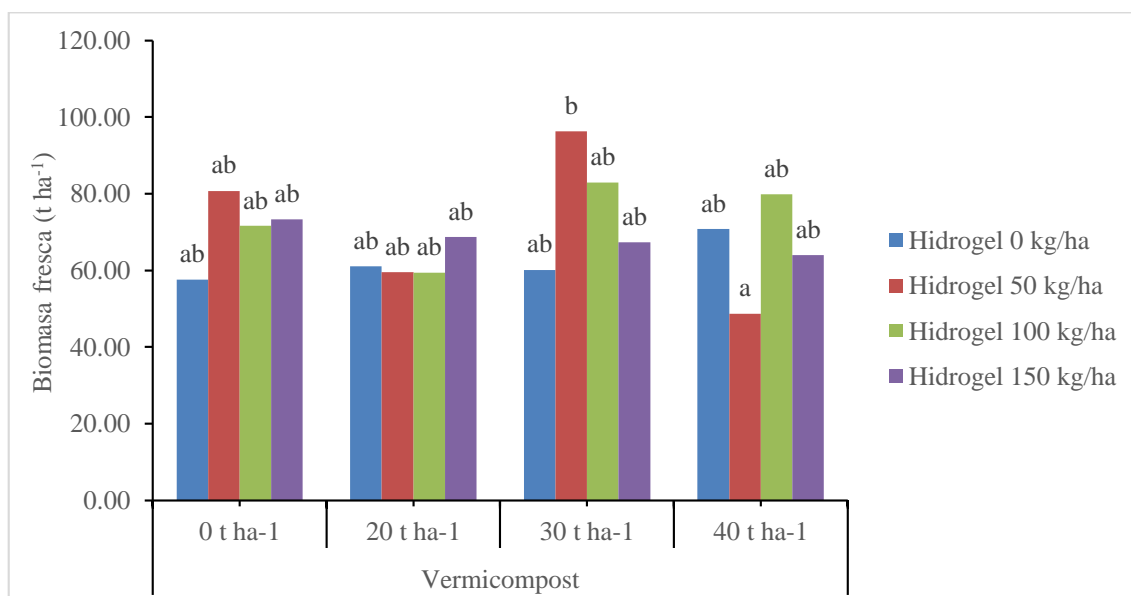


Figura 4. Efecto de la interacción hidrogel x vermicompost sobre la producción de biomasa fresca por ciclo en el pasto Cuba OM-22.

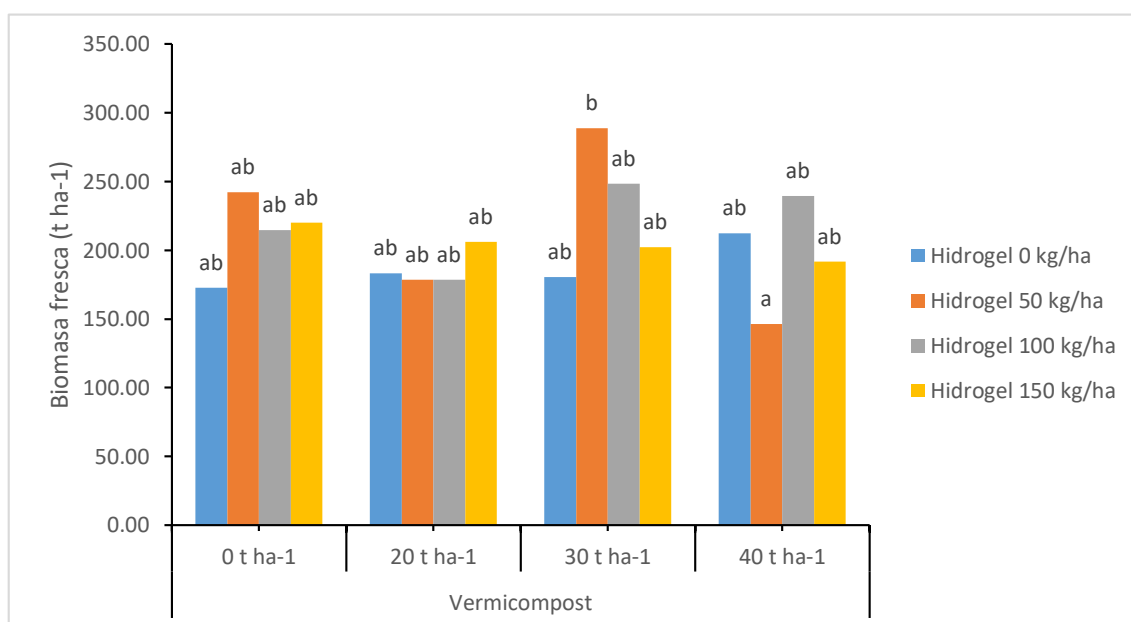


Figura 5. Efecto de la interacción hidrogel x vermicompost sobre la producción de biomasa fresca en época seca en el pasto Cuba OM-22.

El análisis de varianza reportado en la **cuadro 5 y cuadro 6**, muestra que no se reportó diferencia estadística ($p \leq 0.05$) ni para el hidrogel, ni el vermicompost y ni para la interacción hidrogel x vermicompost, lo cual indica que bajo las condiciones donde se realizó el experimento posiblemente las dosis utilizadas son muy bajas y se necesitaría de una dosis mayor a las aplicada en el estudio, ya que a los 70 y 90 días tanto el hidrogel como el vermicompost ya no tiene ningún efecto positivo sobre el desarrollo del pasto. Este efecto puede deberse a que el pasto por la mayor producción de biomasa demande más cantidad de agua, y las dosis de hidrogel y vermicompost evaluadas ya no serían suficientes. En este sentido, varios autores han confirmado que la demanda hídrica de los pastos de corte se aumenta a medida que se incrementa el área foliar, dada la mayor tasa de transpiración (Del Pozo, 2002; Rincón et al., 2008; Ramírez et al., 2010; Murillo et al., 2014).

Cuadro 5. Significancia estadística de variables de crecimiento y producción del pasto Cuba OM-22 a los 75 días después del rebrote en función de dosis de hidrogel y vermicompost. Calceta, Ecuador, 2019.

Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$					
	Altura de planta	Diámetro de tallo	Biomasa fresca (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Biomasa fresca en época seca (t/ha)	Biomasa seca en época seca (t/ha)
Hidrogel	0.9778 ^{NS}	0.6351 ^{NS}	0.4613 ^{NS}	0.9384 ^{NS}	0.4613 ^{NS}	0.9391 ^{NS}
Vermicompost	0.5616 ^{NS}	0.7924 ^{NS}	0.0822 ^{NS}	0.2223 ^{NS}	0.0822 ^{NS}	0.2225 ^{NS}
Hidrogel x Vermicompost	0.6129 ^{NS}	0.3621 ^{NS}	0.5577 ^{NS}	0.0652 ^{NS}	0.5577 ^{NS}	0.0659 ^{NS}
C..V. %	9.38	46.69	31.25	7.79	31.25	7.79

NS= No significativo

Cuadro 6. Significancia estadística de variables de crecimiento y producción del pasto Cuba OM-22 a los 90 días después del rebrote en función de dosis de hidrogel y vermicompost. Calceta, Ecuador, 2019.

Fuente de variación	p-valor ANOVA = $\alpha \leq 0,05$					
	Altura de planta	Diametro de tallo	Biomasa fresca (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Biomasa fresca en época seca (t/ha)	Biomasa seca en época seca (t/ha)
Hidrogel	0.1387 ^{NS}	0.7163 ^{NS}	0.8579 ^{NS}	0.3173 ^{NS}	0.8579 ^{NS}	0.3192 ^{NS}
Vermicompost	0.2551 ^{NS}	0.7692 ^{NS}	0.6808 ^{NS}	0.9324 ^{NS}	0.6808 ^{NS}	0.9326 ^{NS}
Hidrogel x Vermicompost	0.7570 ^{NS}	0.3815 ^{NS}	0.8957 ^{NS}	0.1750 ^{NS}	0.8957 ^{NS}	0.1758 ^{NS}
C..V. %	7.19	48.40	26.84	10.94	26.84	10.95

NS= No significativo

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El hidrogel influyó la producción de biomasa fresca y seca del pasto Cuba OM-22 a los 45 y 60 días después del corte, con la dosis de 50 kg ha⁻¹.
- El vermicompost solo influyó sobre la producción de biomasa fresca y seca del pasto Cuba OM-22 a los 60 días después del corte únicamente en combinación con hidrogel, dado que de forma aislada no mostró efecto sobre estas variables.
- La combinación de 50 kg ha⁻¹ de hidrogel con 30 t ha⁻¹ de vermicompost fue más efectiva para la producción de biomasa fresca y seca a los 45 y 60 días después del corte.
- Después de los 60 días del corte, el hidrogel y vermicompost no mostraron efectividad para incrementar el rendimiento de biomasa del pasto Cuba OM-22.

5.2. RECOMENDACIÓN

- Los resultados obtenidos no son contundentes ni definitivos, por lo que se recomienda realizar ensayos más prolongados en el tiempo, con la finalidad de confirmar o rechazar positivo del hidrogel y el vermicompost en la producción de pasto en época seca.

BIBLIOGRAFÍA

- Agro Waste. (2016). Vermicompostaje. Obtenido de <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/vermicompostaje.pdf>
- Aira, M., & Domínguez, J. (2010). Las lombrices de tierra y los microorganismos: desentrañando la caja negra del vermicompostaje. *Acta zoológica mexicana*, 26, 385-395. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a29.pdf>
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2009). Changes in bacterial numbers and microbial activity of pig slurry during gut transit of epigeic and anecic earthworms. *J. Hazardous Materials.*, 162, 1404-1407. Obtenido de <http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2011/10/hazmat2.pdf>
- Alayón, N. (2014). Evaluación de tres bioabonos sobre el desarrollo vegetativo y productivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en el municipio de La Calera Departamento de Cundinamarca (tesis de maestría). Obtenido de https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1245/Alayon_Nancy_Andrea_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Asner, P., Elmore, J., Olander, P., Martin, E., & Harris, T. (2004). Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annu Rev Environ Resour*, 29, 261-299. Obtenido de <https://userweb.weihenstephan.de/lattanzi/Lit/Asner%20et%20al%202004.pdf>
- Barón, A., Barrera, I., Boada, L., & Rodríguez, G. (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales. *Revista Ingeniería e Investigación*, 27, 35-44. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/643/64327305.pdf>

- Brevik, E. (2013). The potential impact of climate change on soil properties and processes and corresponding influence on food security. *Agriculture*, 3, 398-417. Obtenido de https://res.mdpi.com/d_attachment/agriculture/agriculture-03-00398/article_deploy/agriculture-03-00398.pdf
- Carvajal, M., & Mera, B. (2010). Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción + limpia*, 5, 77-96. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v5n2/v5n2a07.pdf>
- Clavijo, O. (2016). Manual del Forraje Pennisetum SP. Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*). Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/3592/1/manual_produccion_forraje.pdf
- Cony, M., & Fernández, J. (2006). Curso Emprendimientos de Lombricultura en Mendoza. Fundación Milenio y El Lombricultor. Auspiciado por IDR, Argentina y Cricyt. Obtenido de <https://www.ina.gob.ar/pdf/CRA-IIIIFERTI/CRA-RYD-21-Rearte.pdf>
- Copyright Hidrokeeper. (2016). Hidrokeeper retenedor de agua. Obtenido de <http://www.hidrokeeper.com/que-es-hidrokeeper.html>
- Cornelis, W. (2006). Hydroclimatology of wind erosion in arid and semiarid environments. In: *Dryland ecohydrology*. (P. A. D'Odorico, Ed.) 141-161. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Wim_Cornelis/publication/226336093_Hydroclimatology_of_wind_erosion_in_arid_and_semiarid_environments/links/58b83320a6fdcc2d14d994e4/Hydroclimatology-of-wind-erosion-in-arid-and-semiarid-environments.pdf?origin=publi

- Cruz, A., Pedroza, A., Trejo, R., Sánchez, I., Samaniego, J., & Hernández, R. (2016). Captación de agua de lluvia y retención de humedad edáfica en el establecimiento de bufell (*Cenchrus ciliaris* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 159-172. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2656/265646503002.pdf>
- De Queiroz, A., Passos, E., De Brito Alves, S., Silva, G., Higa, O., & Vitolo, M. (2005). Alginate-Poly(vinyl alcohol) core-shell microspheres for lipase immobilization. *Wiley InterScience*, 102, 1553 - 1560. Obtenido de <https://www.ipen.br/biblioteca/2006/16456.pdf>
- Del Pozo, P. (2002). Bases Ecofisiológicas para el Manejo de los Pastos Tropicales. *Pastos*, 32, 109-137. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Del_Pozo_Rodriguez/publication/277234103_BASES_ECOFISIOLOGICAS_PARA_EL_MANEJO_DE_LOS_PASTOS_TROPICALES/links/5fed1f1445851553a009b121/BASES-ECOFISIOLOGICAS-PARA-EL-MANEJO-DE-LOS-PASTOS-TROPICALES.pdf
- Delorenzo, D. (2014). Revisión de libro de pasto y forrajes. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/5/2018%20PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR.pdf>
- Domínguez, J. (2004). State of the art and new perspectives on vermicomposting research (Segunda ed.). (C. A. Edwards, Ed.) Prensa CRC. Earthworm Ecology. Obtenido de <http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2011/10/ewecologychapter.pdf>
- ESPAAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua). (2018). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. ESPAAC, Ecuador. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2018/Presentacion%20de%20principales%20resultados.pdf

- Evangelista, I. (2016). Determinación de la retención de humedad con y sin hidrogel en dos tipos de suelo. *Revista Tlamati Sabiduria*, 7, 1-11. Obtenido de <http://tlamati.uagro.mx/t7e2/680.pdf>
- Ferruzzi, C. (1988). *Manul de Lombricultura*. Madrid, España: Ed Mundiprensa. Obtenido de <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/682/1/GAMEZ%20ZAMORA%20%20LUIS%20ALBERTO.pdf>
- Gómez, B., Aira, M., Lores, M., & Domínguez, J. (2011). Changes in microbial community structure and function during vermicomposting of pig slurry. *Bioresource Technology*, 102, 4171-4178. Obtenido de <http://jdguez.webs.uvigo.es/wp-content/uploads/2011/10/Changes-in-microbial-community-structure-and-function-during-vermicomposting.pdf>
- González, J. (2011). Hidroponía. Uso del hidrogel y sus ventajas generales en las plantas. Obtenido de <http://hidroponiamex.blogspot.com/2011/07/hidrogel.html>
- Hamidi, M., Azadi, A., & Rafi ei, P. (2008). Hydrogel nanoparticles in drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 60, 1638-1649. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v3n5/v3n5a13.pdf>
- Instituto Nacional de Investigación Agraria, PE. (2008). *Producción y uso del humus de lombriz*. INIA, Lima, Perú. Obtenido de https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/119/1/Humus_de_lombriz_Lima_2008.pdf
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador. (2014). *Pastos tropicales*. INIAP, Ecuador. Obtenido de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mpasto/rpastot>

- Katime, D., Katime, O., & Katime, I. (2004). Los materiales inteligentes de este milenio: los hidrogeles macromoleculares. Síntesis, propiedades y aplicaciones. Bilbao, España: Servicio editorial de la Universidad del país Vasco. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v3n5/v3n5a13.pdf>
- Kéfi, S., Rietkerk, M., Alados, L., Pueyo, Y., Papanastasis, P., ElAich, A., & Ruiters, P. (2007). Spatial vegetation patterns and imminent desertification in Mediterranean arid ecosystems. *Nature*, 449, 213-217. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v9n4/2448-6698-rmcp-9-04-702.pdf>
- Kumar, R., & Jyoti, A. (2014). Climate change and its impact on land degradation: Imperative need to focus. *Climatology and Weather Forecasting*, 2, 1-3. Obtenido de <https://www.longdom.org/open-access/climate-change-and-its-impact-on-land-degradation-imperative-need-to-focus-2332-2594.1000108.pdf>
- Lawlor, D., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell and Environment*, 25, 275-294. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x>
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). Pastos y Forrajes del Ecuador (Primera ed.). Cuenca, Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/5/2018%20PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR.pdf>
- López, E., & Sainz, J. (2011). Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola. (Primera ed.). Galicia, España: Servizo de Publicacións e Intercambio Científico. Obtenido de http://www.ibader.gal/download.php?f=GESTION_RESIDUOS_2011-326.pdf

- López, J., Garza, S., Jiménez, J., Huez, M., & Garrido, O. (2016). Uso de un Polímero Hidrófilo a Base se Poliácridamida para Mejorar la Eficiencia en el Uso del Agua. *European Scientific Journal.*, 12, 160-175. Obtenido de <https://eujournal.org/index.php/esj/article/download/7498/7251>
- Martínez, M., Alcazar, B., & Bribiesca, R. (1998). "Elaboración de hidrogeles de ácido poliacrílico: Estudios preliminares de hinchamiento". *Química e Industria.* Obtenido de <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAR11/estrada.pdf>
- Martínez, R., Herrera, R., Tuero, R., & Padilla, C. (2009). Hierba elefante variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum sp.*). *Revista ACPA,* 44-47. Obtenido de <http://www.actaf.co.cu/revistas/Revista%20ACPA/2009/REVISTA%2002/23%20HIERBA%20ELEFANTE.pdf>
- Martínez, R., Tuero, R., Torres, V., & Herrera, R. (2010). Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM – 22 y king grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola,* 189-194. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015662016.pdf>
- Mendoza, J., & Macías, C. (1998). *Materia Orgánica, su Importancia en el Mantenimiento, y Mejoramiento de la Fertilidad de los Suelos.* Los Mochis, Sinaloa, México.: Centro de Investigación Regional del Noroeste. INIFAP. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n4/v38n4a5.pdf>
- Merinda, M., Ayala, J., & Diez, J. (2012). Evaluación Agroproductiva del Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en un Suelo Pardo Grisáceo Ócrico en el Período Poco Lluvioso en las Tunas. *Revista Académica de Economía,* 1-13. Obtenido de <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/lyn.html>

- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (2013). *Iniciación al compostaje y vermicompostaje doméstico*. MAGRAMA, Madrid, España. Obtenido de <http://www.aderlan.org/documentos/EJESTotal/EJE4/compost%20y%20vermicompost.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. (2014). *Nutrición del ganado bovino lechero*. MAGAP, Quito-Ecuador. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Nutrici%C3%B3n-del-ganado-bovino-lechero.pdf>
- Montoya, N., & Pizano, K. (2016). *Polímeros como mejoradores de suelos erosionados*. Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia. Obtenido de <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tda/313/Trabajo%20de%20Grado%20Definitivo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Seg%C3%BAn%20la%20literatura%20y%20la,la%20celulosa%20y%20el%20almid%C3%B3n>.
- Morales, J., Fernández, M., Montiel, A., & Peralta, B. (2009). Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). *Biotechnia*, 11, 19-26. Obtenido de <https://biblat.unam.mx/hevila/Biotechnia/2009/vol11/no1/3.pdf>
- Moreno, J., Moral, R., García, M., Pascual, J., & Bernal, M. (2014). *Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones*. Recursos orgánicos: aspectos agronómicos y medioambientales. Colección: de residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n2/2007-0934-remexca-8-02-393.pdf>

- Murillo, J., Barros, J., Roncallo, B., & Arrieta, G. (2014). Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. *Revista Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.*, 83-99. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v15n1/v15n1a08.pdf>
- Navarro, G. (2009). *Agricultura Orgánica y Alternativa*. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Texcoco, México. p 271. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n4/v38n4a5.pdf>
- Nieto, G., Murillo, A., Troyo, D., Beltrán, M., Ruíz, E., & García, H. (2010). Aprovechamiento de residuos orgánicos de origen animal, vegetal y doméstico para la elaboración y uso de composta en la agricultura orgánica. In: *agricultura orgánica*. (H. García, C. Orana, S. Salazar, H. Fortis, & E. Trejo, Edits.) México: Sociedad Mexicana de la Ciencias del Suelo-CONACYT. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263150548012.pdf>
- Núñez, B., Ritchie, J., & Smucker, J. (1998). El efecto de la sequía en el crecimiento, la fotosíntesis y la intercepción de luz en el frijol común. *Agronomía Mesoamericana*, 9, 1-8. Obtenido de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n02_001.pdf
- Palma, D., & Raudez, M. (2018). Caracterización de dos cultivares de *Pennisetum* sp. Cuba CT-169 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum tiphoides*) y Cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) Managua, 2016 (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/3741/1/tnl50p171.pdf>
- Pedroza, A., Yáñez, L., Sánchez, I., & Samaniego, J. (2015). Efecto del hidrogel y vermicomposta en la producción de maíz. *Rev. Fitotec*, 38, 375-381. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n4/v38n4a5.pdf>

- Pedroza, S., & Durán, B. (2005). Efecto del acolchado plástico, fertilización nitrogenada, y composta orgánica en el crecimiento y desarrollo de sábila *Aloe barbadensis* Miller, con riego por goteo automatizado. *Revista Chapingo*, IV, 1-7. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545051001.pdf>
- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., Calle, A., Esther, M., . . . Portela, H. (2011). *Edafología 1*. Caldas, Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. Obtenido de <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Pineda, O. (2017). El clon forrajero cubano OM-22. Obtenido de Engormix: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/clon-forrajero-cubano-22-t40140.htm>
- Pinedo, A., Hernández, Q., Melgoza, C., Sentellano, E., Rentería, V., Vélez, S., & Morales, N. (2013). Diagnóstico actual y sustentabilidad de los pastizales del estado de Chihuahua ante el cambio climático. *Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Ecología (UACH-CA16)*. Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Obtenido de http://uniq.uach.mx/documentos/1/SGC/1351dt/1416dt/1519a/VIN_12.1%20FZYE%2028.pdf?1368479904
- Ramírez, O., Hernández, A., Carneiro da Silva, S., Pérez, J., Jacaúna de Souza Júnior, S., Castro, R., & Enríquez, J. (2010). Características Morfogénicas y su Influencia en el Rendimiento del Pasto Mombaza, Cosechado a Diferentes Intervalos de Corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, XII, 303-311. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93913070011.pdf>
- Reyes, N., Mendieta, B., Fariñas, T., & Mena, M. (2008). Guía de suplementación alimenticia estratégica para bovinos en época seca. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/2417/1/RENL02G943.pdf>

- Rincón, A., Ligarreto, G., & Garay, E. (2008). Producción de Forraje en los Pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Brachiaria brizantha* cv. Toledo, Sometidos a Tres Frecuencias y a Dos Intensidades de Defoliación en Condiciones del Piedemonte Llanero Colombiano. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 4336-4346. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v61n1/a10v61n1.pdf>
- Ríos, C. (2010). Polímeros Naturales y Sintéticos. Ciencia y Desarrollo. Obtenido de <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/archivo/241/Articulos/polimeros-naturales-y-sinteticos.html>
- Rojas , S., Olivares, J., Jiménez , R., & Hernández, E. (2005). Manejo de prederas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. Revista Electrónica REDVET, 6, 1-20. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617216009.pdf>
- Rojas, B., Ramírez, M., Aguilera, R., Prin, J., & Torres, C. (2006). Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. Revista Iberoamericana de Polímeros, 7, 199-210. Obtenido de <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/AGO06/gascue.pdf>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Santiago de Chile, Chile: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Rubira, G. (2013). El Hidrogel en Cultivos Agrícolas, Cítricos y Frutícolas. Actualidad del Campo Agropecuario. Congreso internacional CEA. Obtenido de https://issuu.com/adca/docs/campo_149_noviembre13
- Ruíz, J. (2009). Ingeniería del compostaje. (U. A. Chapingo, Ed.) Texcoco, México. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n4/v38n4a5.pdf>

- Sánchez, I., Lopes, V., Slack, D., & Fogel, M. (1997). Water Balance Model for Small-Scale Water Harvesting Systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123, 123-128. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/610/61043041005.pdf>
- SNF Floerger. (2011). AQUASORB 3005 Water retainers for Soils and Substrates. Obtenido de https://www.snf.com.au/downloads/Aquasorb_E.pdf
- Tenecela, X. (2012). Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf>
- Tornado Distribuidora Comercializadora. (2012). Uso del hidrogel, Cristales inteligentes. Obtenido de http://hidrogelmex.com/usos_de_hidrogel.html
- Vargas, R. (2010). Vermicompostaje en el reciclado de residuos agroindustriales. In: XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo, 17-19 de noviembre del 2010. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/4.-Rogelio-Nogales.-Vermicompostaje.pdf>
- Vázquez, J., & Loli, O. (2018). Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Revista Unitru*, 9, 43-52. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v9n1/a05v9n1.pdf>
- Velásquez, V., Alba, A., Gutiérrez, L., & García, E. (2012). Prácticas de restauración de suelos para la conservación del agua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CIRNOC. Zacatecas. Folleto Técnico No. 46. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242018000400702&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Von, B. (2000). Comportamiento agronómico de 2 variedades de Acelga bajo dosis de abonamiento con humus de lombriz en Walpini. *Revista Latinoamericana de Agricultura y Nutrición*, 1, 6-13. Obtenido de <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/682/1/GAMEZ%20ZAMORA%20%20LUIS%20ALBERTO.pdf>
- Yáñez, L., Pedroza, A., Martínez, M., Sánchez, I., Echavarría, F., Velásquez, M., & López, A. (2018). Efecto de retenedores de humedad edáfica en la sobrevivencia y crecimiento de dos especies de pastos *Bouteloua curtipendula* [Michx.] Torr. y *Chloris gayana* Kunth. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9, 703-718. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v9n4/2448-6698-rmcp-9-04-702.pdf>

ANEXOS



Anexo 1. Identificación de los tratamientos en campo.



Anexo 2. Corte del pasto Cuba OM-22 para obtención de los datos.



Anexo 3. Peso de 100 gr de hoja y tallo del pasto Cuba OM-22 y llevados al laboratorio de suelo



Anexo 4. Rotulado y llenado de los 100 gr de hoja y tallo del pasto Cuba OM-22 para ser llevados a estufa



Anexo 5. Puesta de los tratamientos a estufa



Anexo 6. Toma de datos del peso seco de hoja y tallo del pasto Cuba OM-22