

**EFFECTO DEL LOMBRICOPOST EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE
TRES HÍBRIDOS DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN CONDICIONES
AGROCLIMÁTICAS DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA-CÓRDOBA COLOMBIA**



LUIS ALEJANDRO PÉREZ CARO
Biólogo

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA MAESTRIA EN BIOTECNOLOGIA
MONTERÍA
2021

**EFFECTO DEL LOMBRICOPOST EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE
TRES HÍBRIDOS DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN CONDICIONES
AGROCLIMÁTICAS DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA-CÓRDOBA COLOMBIA**

LUIS ALEJANDRO PÉREZ CARO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Magíster en Biotecnología**

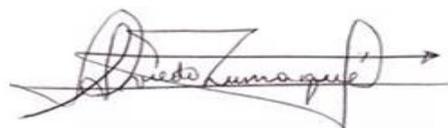
DIRECTOR: LUIS E. OVIEDO ZUMAQUE. MSc.

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA MAESTRIA EN BIOTECNOLOGIA
MONTERÍA
2021**

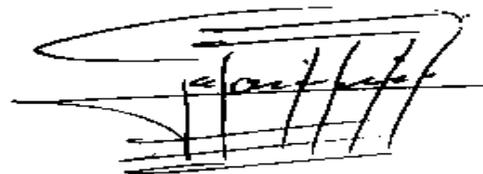
El trabajo de grado titulado: “EFECTO DEL LOMBRICOPOST EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE TRES HÍBRIDOS DE GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA-CÓRDOBA COLOMBIA”

Presentado por el estudiante LUIS ALEJANDRO PÉREZ CARO, para optar el título de Magister en Biotecnología, fue revisado por los jurados y calificado como:

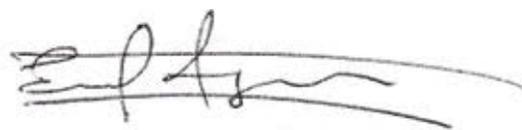
APROBADO



Firma del Director



Firma del jurado



Firma del jurado

Montería, 2021

DEDICATORIA

A Dios, a la Virgen y a todos los Santos, por haberme ayudado a obtener un nuevo triunfo. En esta ocasión he alcanzado un peldaño más de mis metas propuestas, quiero dedicar este triunfo a:

Mi padre Francisco Santander Pérez Montiel.

Mi madre Luisa Isabel Caro Tirado, por acompañarme y lograr que yo tuviera la confianza de alcanzar esta nueva meta, quiero agradecerles a ellos por creer en mí y contar con su respaldo en todo lo que me he propuesto.

También quiero agradecer a todos mis familiares por su acompañamiento durante este propósito, creer en mí y tener su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ayudarme a conseguir este nuevo triunfo.

A la Universidad de Córdoba por facilitarme sus instalaciones y nuevamente contar con la calidad y excelencia educativa, que en requise nuestra vida de conocimiento y sabiduría.

Al profesor Luis Eliecer Oviedo Zumaque, por su invaluable colaboración, acompañamiento, direccionamiento y ayuda con los materiales requeridos durante el transcurso de este proyecto.

Al equipo de trabajo del laboratorio Nutrición Animal por facilitarme sus instalaciones y asesorarme en el desarrollo de la etapa experimental.

A los jurados de esta investigación por asesorar y revisar este documento

A todos mis amigos de la maestría, por su atención y acompañamiento en este transcurso de este proyecto.

A todas aquellas personas que, de alguna u otra manera, estuvieron siempre atentos en la consecución de este nuevo peldaño.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	12
INTRODUCCIÓN.....	14
1.OBJETIVOS.....	16
1.1. Objetivo general.....	16
1.2. Objetivos específicos.....	16
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	17
2.2. CARACTERISTICAS DE LA PLANTA GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.)	18
2.3. FENOLOGÍA DEL GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.).....	21
2.4. MANEJO DEL CULTIVO.....	22
2.4.1. Preparación Del Terreno.....	22
2.4.2. Siembra y tiempo de siembra.....	22
2.4.3. Densidad De Siembra.....	22
2.4.4. Fertilización.....	23
2.5.1. Fertilización Orgánica.....	23
2.4.5. Plagas y enfermedades del girasol (<i>H. annuus</i> L.)	23
2.4.5.1. Plagas.....	23
2.4.5.2. Enfermedades.....	23
2.4.6. Cosecha.....	24
2.4.7. Tratamientos de postcosecha.....	24
2.5. TIPOS DE FERTILIZACIÓN.....	24
2.5.1. Fertilización orgánica.....	24
2.5.1.1 Lombricompost.....	25
2.5.1.2 Desventajas de la Fertilización Orgánica.....	26
2.5.2. Fertilización Química.....	26
2.5.2.1 Ventajas de la Fertilización Química.....	26
2.5.2.2 Tipos de Fertilizantes Químicos.....	26
2.5.2.3 Desventajas de la fertilización orgánica.....	27
2.5.3. Fertilización Mixta o Combinada (Química y Orgánica)	27
2.6. ENSILAJE.....	28
2.6.1. El proceso del ensilaje.....	28
2.6.1.1 Fase aeróbica.....	28
2.6.1.2 Fases de fermentación.....	29
2.6.1.3 Fase estable.....	29
2.6.2 Tipos de silos utilizados.....	30
2.6.3. Ventajas del ensilaje.....	31

2.6.4. Desventajas del ensilaje.....	31
2.7. Girasol como planta forrajera para ensilar.....	31
2.8. Análisis Proximal o Bromatológico del ensilaje.....	32
2.9. FACTORES CLIMÁTICOS Y SU IMPORTANCIA EN LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA	34
2.9.1. Temperatura.....	34
2.9.2. Precipitación.....	34
2.9.3. Radiación y brillo solar.....	34
2.9.4. Humedad del aire.....	35
2.9.5. Viento.....	35
3. METODOLOGIA.....	36
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2. LOCALIZACION.....	36
3.3. ACTIVIDADES PREVIAS AL ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS AL CULTIVO.....	36
3.3.1. Análisis de suelo.....	36
3.3.2. Manejo agronómico del cultivo durante el experimento.....	37
3.3.2.1 Material vegetal.....	37
3.3.2.2 Preparación del Terreno.....	37
3.3.2.3 Siembra.....	37
3.3.2.4 Manejo de Plagas.....	37
3.3.2.5 Plantas adventicias.....	37
3.3.2.6 Cosecha.....	38
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	38
3.5. CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN LA ÉPOCA DE CULTIVO DEL GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.) EN EL SINÚMEDIO.....	40
3.6. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN EL ESTADO DE MADURACIÓN R6 DE PLANTAS DE GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.) DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS PARA LA PREPARACIÓN DEL ENSILAJE.....	40
3.6.1 Determinación del peso húmedo y peso seco de las estructuras morfológicas de plantas de girasol en R6 por el método gravimétrico.....	40
3.7. ESTIMACION LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE DE GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.), MEDIANTE MÉTODOS BROMATOLÓGICOS.....	41
3.7.1. Ceniza cruda.....	43
3.7.2. Contenido de humedad.....	43
3.7.3. Extracto etéreo.....	44
3.7.4. Contenido de Proteína bruta.....	45
3.7.5. Contenido de Fibra bruta.....	46

3.8. ESTIMACIÓN DEL GRADO DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO DEL ENSILAJE DE GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.), MEDIANTE EL MÉTODO ENZIMÁTICO IN VITRO.....	48
3.8.1 Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) mediante el metodología descrita por Tilley y Terry (1963).....	48
3.9. Análisis estadístico.....	48
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	49
4.1. CARACTERIZACION DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN LA ÉPOCA DE CULTIVO DEL GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.) EN EL SINÚ MEDIO.....	49
4.1.1. Precipitación.....	49
4.1.2. Humedad relativa.....	50
4.1.3. Temperatura.....	51
4.1.4. Radiación solar.....	52
4.2. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN EL ESTADO DE MADURACIÓN R6 DE PLANTAS DE GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.) DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS PARA LA PREPARACIÓN DEL ENSILAJE.	53
4.2.1. Peso húmedo de plantas de girasol (<i>H. annuus</i> L.) en fase R6.....	53
4.2.2. Peso seco de plantas de girasol (<i>H. annuus</i> L.) en fase R6.....	55
4.2.3. Porcentaje de humedad de plantas de girasol (<i>H. annuus</i> L.) en R6 por tratamientos.....	56
4.3. ESTIMACION LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE DE GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.), MEDIANTE MÉTODOS BROMATOLÓGICOS.....	58
4.3.1 Ceniza bruta.....	59
4.3.2 Contenido de Humedad.....	59
4.3.3. Contenido de proteína bruta.....	60
4.3.4. Extracto etéreo.....	61
4.3.5. Contenido de Fibra bruta.....	63
4.4 ESTIMACIÓN DEL GRADO DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO DEL ENSILAJE DE GIRASOL (<i>H. annuus</i> L.), MEDIANTE EL MÉTODO ENZIMÁTICO IN VITRO.....	64
4.4.1. Digestibilidad de materia seca.....	64
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.....	67
BIBLIOGRAFIA.....	68
ANEXOS.....	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características estructurales de la Inflorescencia del girasol.....	19
Figura 2. Morfología del fruto de girasol.....	20
Figura 3.. Fase filológica de plantas de girasol, comprendida desde la siembra de semillas hasta la etapa de madures comercial.....	21
Figura 4. Evolución del proceso de ensilaje en las diferentes fases de fermentación anaeróbica.....	30
Figura 5. Localización geográfica de la Universidad de Córdoba.....	36
Figura 6. Número plantas de cada unidad experimental evaluada durante el período estudio en fase de campo.....	38
Figura 7. Diseño experimental de las parcelas distribuidas en el campo.....	39
Figura 8. Determinación del peso húmedo estructura de plantas de girasol utilizando balanza analítica... ..	40
Figura 9. Muestras de biomasa fresca de girasol empaquetadas y rotuladas por tratamientos, bloque y el número de planta, en horno de secado	41
Figura 10. Procesamiento de muestras obtenidas a partir de base fresca de residuo de híbridos de girasol.....	42
Figura 11. Silos con muestras de ensilaje obtenidas a partir picado de biomasa fresca de híbridos de girasol por tratamientos.....	42
Figura 12. Determinación del contenido de cenizas del ensilaje de girasol.....	43
Figura 13. Determinación del contenido de proteína del ensilaje de girasol.....	44
Figura 14. Determinación del contenido de proteína del ensilaje de girasol usando el método Kjeldahl.....	45
Figura 15. Determinación del contenido de grasa bruta del ensilaje de girasol usando el método de Soxhlet.....	46
Figura 16. Determinación del contenido de fibra bruta del ensilaje de girasol mediante el método de Van Soest.....	47

Figura 17. Temperatura y precipitación del periodo del cultivo de girasol (<i>H. annuus</i> L.) en el municipio de Montería.	49
Figura 18. Humedad relativa y temperatura del periodo del cultivo de girasol (<i>H. annuus</i> L.) en el municipio de Montería	50
Figura 19. Humedad relativa y precipitación del periodo del cultivo de girasol (<i>H. annuus</i> L.) en el municipio de Montería.....	51
Figura 20. Temperatura del periodo del cultivo de girasol (<i>H. annuus</i> L.) en el municipio de Montería.....	51
Figura 21. Radiación solar del periodo del cultivo de girasol (<i>H. annuus</i> L.) en el municipio de Montería.....	52
Figura 22. Peso húmedo de plantas por tratamientos del cultivo de girasol (<i>H. annuus</i> L.).....	54
Figura 23. Peso seco de plantas por tratamientos del cultivo de girasol (<i>H. annuus</i> L.).....	55
Figura 24. Porcentaje de humedad del ensilaje de girasol (<i>H. annuus</i> L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.....	57
Figura 25. Ceniza bruta del ensilaje de girasol (<i>H. annuus</i> L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.....	58
Figura 26. Contenido de humedad del ensilaje de girasol (<i>H. annuus</i> L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.....	59
Figura 27. Contenido de proteína bruta del ensilaje de girasol (<i>H. annuus</i> L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.....	60
Figura 28. Extracto etéreo del ensilaje de girasol (<i>H. annuus</i> L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.....	62
Figura 29. Contenido de fibra bruta del ensilaje de girasol (<i>H. annuus</i> L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.....	63
Figura 30. Digestibilidad de materia seca del ensilaje de girasol (<i>H. annuus</i> L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del tratamiento fertilización lombricompost.....	25
Tabla 2. Fertilizantes químicos con multinutrientes y rango de contenido.....	27
Tabla 3. Composición química de la semilla de girasol entera descascarillada (SGED)...	32
Tabla 4. Parámetros de análisis proximal del ensilaje de girasol obtenido a partir de forraje fresco de planta completa	33
Tabla 5. Parámetros evaluados y sus respectivas metodologías utilizadas.....	37
Tabla 6 Tratamientos de fertilización aplicados para evaluar el diseño experimental.....	39

RESUMEN

El objetivo de esta investigación consistió en evaluar el efecto del lombricompost sobre la calidad del ensilaje de girasol (*Helianthus annuus* L.), en tres híbridos Verónica, Shaquira y Esbella cultivadas en el Sinú medio-Córdoba. Se utilizó, un diseño de bloques al azar de parcelas divididas con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones: T1 control, T2 fertilización química (Urea-NUTRIMON®), T3 fertilización lombricompost, y T4 fertilización combinada. Se monitoreó los parámetros climatológicos de la zona de influencia durante el ciclo del cultivo de girasol como son temperatura, precipitación, humedad, radiación solar de la zona del Sinú medio, en la estación meteorológica La Victoria de Fedearroz Mocarí en Montería. Se determinaron a las 13 semanas después de siembra, los parámetros de rendimiento en peso húmedo, porcentaje de peso seco y porcentaje de humedad de estructuras morfológicas de 12 plantas en fase R6, seleccionas al azar por tratamiento de las hileras centrales. Para determinar el valor nutricional del ensilaje de girasol (Ceniza cruda, contenido de humedad, proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta (%)), mediante análisis proximal, se obtuvieron un total de 36 muestras (tres repeticiones) distribuidas en tubos PVC de 6", herméticamente cerrados, diferenciadas con el respectivo tratamiento y almacenadas a temperatura ambiente durante un periodo 15 meses. Los resultados obtenidos para las variables de producción de biomasa de plantas y bromatológicas de ensilaje indicaron, que se existe diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos. Los tratamientos con mayor porcentaje de peso seco y porcentaje de humedad fueron los tratamientos T3 y T1 con valores 26,72 y 78,44 % respectivamente, en cuanto a la calidad del ensilaje el tratamiento T3 mostró los mayores promedios en las variables proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta y digestibilidad *in vitro*, con valores de 17,89; 13,25; 62,43 y 67,51 % respectivamente. Por tanto, podemos afirmar que los resultados obtenidos demostraron el efecto benéfico que la aplicación de lombricompost le confiere a la especie *H. annuus* L. a nivel de protección y rendimiento bajo las condiciones agroecológicas del Sinú medio -Córdoba.

Palabras clave:

H. annuus L., híbridos, Lombricompost, valor nutricional, análisis proximal, digestibilidad *in vitro*.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of vermicompost on the quality of sunflower silage (*H. annuus* L.), in three hybrids Verónica, Shaquira and Esbella grown in the medium Sinú-Córdoba. A randomized complete block design of divided plots, with four treatments was used: T1 control, T2 chemical fertilization (Urea-NUTRIMON®), T3 vermicompost fertilization and T4 combined fertilization and three replications. The climatological parameters of the area of influence were monitored during the sunflower crop cycle, such as temperature, precipitation, humidity, solar radiation in the area of the middle Sinú, at the La Victoria de Fedearroz Mocarí weather station in Montería. Yield parameters in wet weight, dry weight percentage and moisture percentage of morphological structures of 12 plants in R6 phase, randomly selected by treatment of the central rows, were determined 13 weeks after sowing. To determine the nutritional value of sunflower silage (crude ash, moisture content, crude protein, ether extract, crude fiber (%)), through proximal analysis, a total of 36 samples (three repetitions) distributed in PVC tubes of 6", hermetically sealed, differentiated with the respective treatment and stored at room temperature for a period of 15 months. The treatments with the highest percentage of dry weight and percentage of moisture were treatments T3 and T1 with values of 26.72 and 78.44% respectively, in terms of silage quality, treatment T3 showed the highest averages in the variables crude protein, ethereal extract, crude fiber and in vitro digestibility, with values of 17.89; 13.25; 62.43 and 67.51% respectively. Therefore, we can affirm that the results obtained demonstrated the beneficial effect that the application of vermicompost confers on the species *H. annuus* L. at the level of protection and yield under the agroecological conditions of the medium Sinú-Córdoba.

Key words

H. annuus L., hybrids, vermicompost, nutritional value, proximal analysis, in vitro digestibility.

INTRODUCCIÓN.

En el Departamento de Córdoba existe una diversidad agroecológica favorable para el establecimiento de diferentes cultivos alternativos de exportación. *H. annuus* L. es una especie de la familia Asteráceas, originaria de norte de México y Oeste de Estados Unidos, presenta importancia socioeconómica relevante a razón del alto valor nutricional de sus semillas, que contienen componentes beneficiosos para la salud como lípidos poliinsaturados esenciales (40-65%) y proteína (40- 50%) de a-tocoferol (vitamina E) (Yegorov, Turpurova, Sharabaeva y Bondar, 2019)

Además, es una especie que produce gran cantidad de biomasa que puede ser destinada como material para obtener forraje verde que generalmente es conservado mediante el proceso de ensilado. Se cultiva actualmente en Ucrania, Rusia, Unión Europea, Estados Unidos, Argentina, que aportan el 80% de la producción mundial de biomasa de girasol, América con 20% y Colombia (3%) en los departamentos de Putumayo, Caquetá, Caldas y Antioquia, con un rendimiento global en 2018 de 50.95 millones toneladas por hectárea (Forleo et al., 2018).

Según, Marín, Bertsch y Castro (2017) por medio de modificaciones genéticas o nutricionales se puede mejorar la capacidad productividad y las características morfológicas y fisiológicas de los cultivos. El suelo funciona como almacén de nutrientes para las plantas y les proporciona una gran cantidad de sus requerimientos nutricionales a las mismas, sin embargo, el crecimiento puede estimularse mediante la aplicación complementaria de nutrientes (fertilización) de manera apropiada.

El uso de fertilizantes orgánicos (por ejemplo lombricompost) reduce los costos de producción, mejora los productos agrícolas, mantienen constante la concentración de nutrientes del suelo y también puede conformar una alternativa ante la problemática de escasez de materia prima que ha venido afrontando la cadena productiva de girasol. Al aplicar fertilización orgánica a un cultivo de girasol, es posible obtener un mayor rendimiento de materia seca y ensilaje de mejor calidad con respecto a la fertilización química.

De acuerdo con estudios realizados por Earl & Davis (2003), sobre el efecto de las variables meteorológicas en la actividad agrícola, se puede afirmar que las fuertes variaciones en el clima a través del año en las regiones tropicales, caracterizadas por periodos secuenciales de lluvias intensas y periodos de prolongada sequía con duración aproximada de cinco meses, son factores relevantes que además del nivel de fertilidad de suelo, representan limitantes en la producción ganadera. La ganadería en el departamento de Córdoba, no es ajena a estas variaciones; durante la sequía o en inundaciones, la disponibilidad de pasto se reduce drásticamente ocasionando disminuciones en la producción de leche y carne. Algunos ganaderos para contrarrestar este fenómeno, suplementan el ganado con ensilaje de maíz durante 60 días, en proporción de 6.5 kg/animal/día.

Dada la problemática anterior, se hace necesario neutralizar estos efectos negativos para contrarrestar los desbalances nutricionales generados por la época climática; en este sentido, la presente investigación pretende realizar un primer aporte del uso de la biomasa de girasol para la realización de ensilaje. El establecimiento del cultivo de girasol, puede ser una alternativa relevante respecto a la utilización de cultivos tradicionales para la obtención de forraje como fuente de energía para la producción de carne y leche, ya que es una especie agrónomicamente rústica, de poca exigencia nutricional y porcentaje de humedad edáfica, dado a que se cultiva en zonas con altitud hasta los 2800 msnm, en un rango de temperatura de 25 a 30 °C, en suelo con distintos tipos de textura, con pH que va desde 5,8 a 8 y posee ciclo vegetativo de corta duración (MADR, 2016).

En departamento de Córdoba son pocos los estudios que se han realizado con respecto a nuevas alternativas de cultivo con el fin de producir forraje verde destinado a la elaboración de ensilaje como es el caso del cultivo de girasol, adicionalmente no se han realizado estudios para determinar si la aplicación de abonamiento orgánico influye positivamente en la respuesta agronómica de esta especie bajo condiciones agroclimáticas del departamento. Es necesario realizar ensayos que permitan determinar si con la implementación del cultivo de girasol, se puede aprovechar la potencialidad existente en nuestro departamento; de esta manera reducir la vulnerabilidad ante los mercados nacionales, debido a que este proceso implica diversificación del sector económico, reducción de la dependencia del cultivo de especies tradicionales, por lo cual permite el incremento del desarrollo regional de la agroindustria respecto al entorno global.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del lombricompost en la calidad nutricional del ensilaje de tres híbridos de girasol (*H. annuus* L.) en condiciones agroclimáticas del municipio de Montería-Córdoba Colombia.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Caracterizar variables climáticas en la época de cultivo del girasol (*H. annuus* L.) en el Sinú Medio.
- ✓ Determinar el porcentaje de humedad en el estado de maduración R6 de plantas de girasol (*H. annuus* L.) de los diferentes híbridos para la preparación del ensilaje.
- ✓ Estimar la composición química del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.), mediante métodos bromatológicos.
- ✓ Estimar el grado de digestibilidad in vitro del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.), mediante el método de digestibilidad enzimática.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

A nivel de Europa se han realizado numerosas investigaciones sobre el potencial productivo de la especie *H. annuus* L., dentro de estos, y Ministerio de Política Agraria y Alimentación de Ucrania (2013), investigó la viabilidad productiva del cultivo de girasol reportando que la especie tiene un rendimiento anual de 12. 235.520 ton·ha⁻¹ en 6.060.700 ha, concentrándose en las regiones de Vinnytsia, Dnipropetrovsk Kharkiv, Poltava y Cherkas y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (2020), indicó que, bajo las condiciones agroecológicas de la provincia de Castilla-La Mancha, Cataluña, se obtiene un rendimiento de 1.384.710 ton·ha⁻¹ de forraje en 865.564 hectáreas cultivadas por año.

En América central los trabajos realizados en girasol están relacionados con el efecto de la aplicación de fertilizantes en la calidad nutricional de ensilajes, Rodríguez et al., (2017), indicaron que el aumento de las dosis de vermicompost (2,50; 5,00 y 7,50 t·ha⁻¹), incrementaron el contenido de proteína y aceite por encima del 40% en cultivos ubicados en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México, con promedios entre 24,12 a 33,90 % y 31,80 a 50,88% respectivamente. Además, Sainz-Ramírez et al. (2021) afirmaron que los tratamientos con estiércol de corral en dosis (25, 50, 75 y 100%), en comparación con el control incrementaron la producción de fibra bruta en un porcentaje entre un 40 y 50% con valores de 17,57- 18,49%, en cultivos localizados Guanajuato, México demostrando que esta especie responde a la fertilización y que el N sería el nutriente que más limita el rendimiento del cultivo.

Por otra parte, en Colombia, las investigación efectuadas están enmarcadas en la producción de semillas y biomasa, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2016) reportó que la producción de semillas por hectárea en el periodo 2015- 2016 fue de 90.108 toneladas en 30.000 hectáreas, representado el 1,9% del mercado nacional, 0,19% a nivel mundial, ocupando el tercer lugar, después de la palma africana (121.000 ha) y soya (80.000 ha), siendo los principales productores los departamentos de Putumayo (6.059 ha), Caquetá (8.015 ha), Antioquia (8.156 ha) y Mena, Díaz y Aguila (2018), afirmaron que el uso fertilización orgánica constituida por mezcla de harina de semillas de algodón (70kg), gluten de maíz (30Kg) y harina de soya (50Kg) comparados con aplicación de Sulfato de amonio (30, 50, 70kg) en Santa Marta, obtuvieron mayor promedio de materia seca (2.667 Kg·ha⁻¹) respecto al tratamiento con fertilización química (2.346 Kg·ha⁻¹).

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA GIRASOL (*H. annuus*)

La especie *H. annuus* L. procede de la cruce de *H. debilis* por *H. lenticularis*, de donde se origina la variedad botánica macrocarpus donde se han formado las variedades e híbridos que actualmente se siembra comercialmente (Cordero, Cruz y Almaguel, 2010).

Es una especie de la familia Asteráceas, la cual comprende plantas anuales, de importancia ornamental, medicinal, alimenticia e industrial, que se caracterizan principalmente por la presencia de una sustancia lechosa, tipo látex y frutos seco e indehisciente. Esta familia incluye alrededor de 1911 géneros con aproximadamente 32.913 especies, y su distribución es a nivel de la franja tropical de nuestro planeta (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014).

En las colecciones botánicas para estudios taxonómicos y en los bancos de germoplasma de girasol de diversos países, se ha llegado a la conclusión de que del género *Helianthus* existen alrededor de 67 especies silvestres y 19 subespecies distribuidas en 12 especies anuales y 55 perennes, se han sido registradas 8 especies en la región del Mediterráneo, 42 especies en América del Norte, 17 especies de América del Sur y 3 especies en Colombia (Shoghi-Kalkhoran et al., 2013).

De acuerdo con Duarte, 2004 esta planta presenta un desarrollo vigoroso en todos sus órganos, con un tallo erecto, vigoroso y cilíndrico e hispido. Puede alcanzar una longitud de 0.60 a 2.5 m, dependiendo de la variedad. Las hojas son grandes, acorazonadas, trinervadas, largamente pecioladas, acuminadas, dentadas y de áspera vellosoidad en ambas caras. Las hojas de las dos o tres primeros pares de la base de tallo son opuestas y las demás alternas, su número varía entre 12 y 40 pares.

La Figura 1 presenta la inflorescencia del girasol, la cual consiste de un disco solitario y rotatorio de 10 a 40 cm de diámetro (según variedades y condiciones de cultivo), rodeado por brácteas involucrales, imbricadas, alargadas a ovaladas, herbáceas y ásperas o vellosas. En el receptáculo están presentes dos tipos de flores, liguladas que se encuentran en el anillo exterior del capítulo, en una proporción de 30 a 70, dispuestas radialmente, en 1-2 filas, son asexuadas y raras veces unisexuadas femeninas, tienen de 6 a 10 cm. de longitud y 2 a 3 cm de ancho y tubulares dispuestas en arcos espirales que se originan en el centro del disco, son las flores propiamente dichas, ya que contienen los órganos reproductores, son sésiles, hermafroditas, y de cada flor se obtendrá una semilla (Collaguazo y Toapanta, 2012).

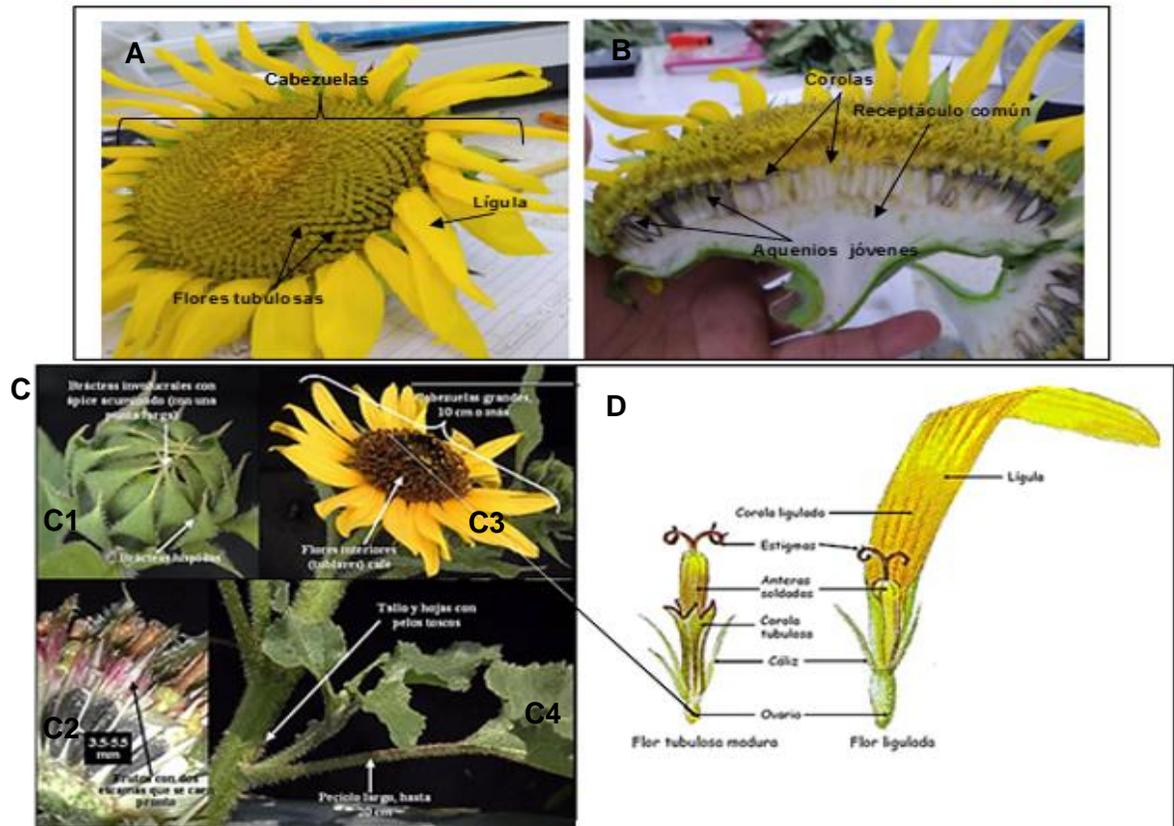


Figura 1. Características estructurales de la Inflorescencia del girasol. **A.** Morfología externa del capítulo identificando las flores liguladas y tubuladas. **B.** Corte transversal del capítulo, donde se observa la ubicación de los aquenios. **C.** Órganos estructurales de la planta, se observa el botón floral desarrollado con brácteas involucrales e híspidas (**C1**); capítulo con flores interiores (**C2**); frutos formados durante la etapa de madurez fisiológica (**C3**) y tallos y hojas con pelos toscos (**C4**). **D.** Estructura a nivel macroscópico de las flores liguladas y tubuladas. (fuente: Rasool, Hassan & Jahangir, 2013)

La Figura 2 describe la morfología del fruto, caracterizado por ser un aquenio de ovario ínfero (Cipsela) que tiene entre 3 – 20 mm de largo, 3,5 -13 milímetros de ancho y 2,5 -2, mm de espesor. Está compuesto por el pericarpio (capa envolvente), y la semilla (en la parte interna). El pericarpio, puede ser de color blanco, blanco estriado, negro, pardo, rojizo, café, etc. La semilla se está formada por un embrión (o semilla propiamente dicho) cubierto por su tegumento seminal y por el pericarpio (o cáscara) al cual no se está soldada. El embrión representa el 75-80% del peso seco de la semilla, y en él se encuentran dos cotiledones en donde se almacenan las reservas de lípidos (triglicéridos neutros, fosfolípidos, glicolípidos y ceras; 47-65%) y proteína (globulinas y albúminas; 20-40%), nutrientes que son utilizadas durante la germinación de la semilla mientras la cascara el 20% del peso seco de la semilla (González-Pérez et al., 2008).

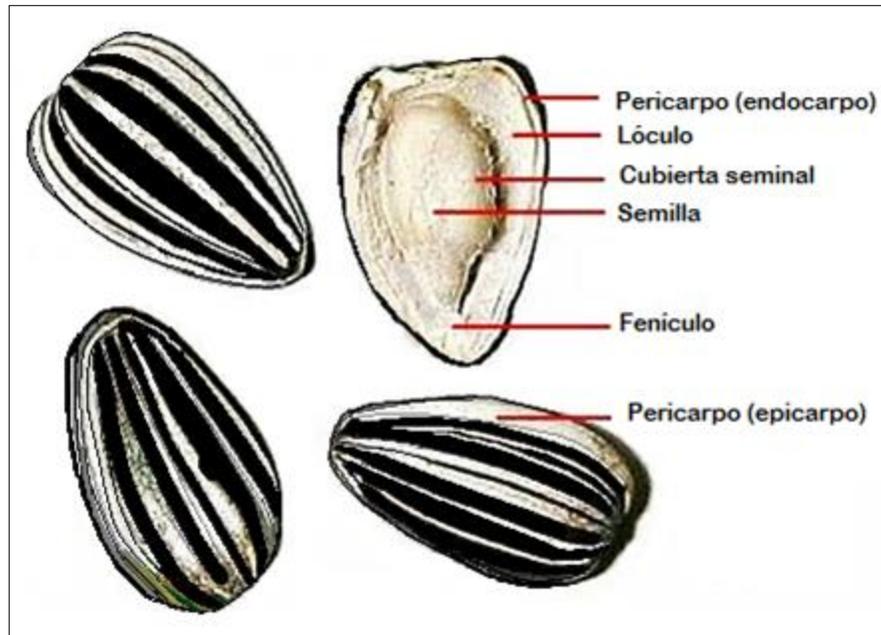


Figura 2. Morfología del fruto de girasol. Se pueden observar la capa externa o pericarpo y en el interior la almendra formada por el endocarpo y la semilla. (fuente: Khakwani et al., 2014)

Se cultiva en zonas cuya altitud está entre los 10 y 2800 msnm, en un rango de temperatura de 25 a 30 °C, temperaturas superiores son desfavorables porque ocasionan aborto en flores y la formación de semillas pequeñas, El margen óptimo de temperaturas oscila entre 21 y 24° C. En períodos de corta duración, puede resistir temperaturas de hasta 6 a 8 °C, bajas temperaturas pueden dañar el ápice de la planta y ello puede provocar la ramificación de los tallos. Además la luz (radiación solar), constituye un factor energético en la producción, pues el girasol está clasificado dentro del grupo de plantas con metabolismo C3 distribuidas en regiones donde la intensidad solar es moderada, y la concentración de dióxido de carbono se encuentra alrededor de 200 ppm. Adicionalmente prospera en suelos con distintos tipos de textura, aunque prefiere terrenos arcillo –arenosos, con pH que va desde 5,8 a 8 y con buen drenaje (Pizarro, 2009).

Durante la época de crecimiento activo y sobre todo en el proceso de formación y llenado de las semillas el girasol consume importantes cantidades de agua, por consiguientes se puede presentar alteraciones en los procesos de fotosíntesis, translocación de sustancias y elongación del capítulo como consecuencia de estrés hídrico, afectando el número y tamaño final de los aquenios plenamente desarrollados. El consumo de agua será máximo durante la etapa de formación del capítulo, dado que toma casi la mitad de la cantidad total de agua necesaria. La secreción de néctar está influida por la humedad atmosférica durante la floración (López-Rocha et al., 2018).

2.3. FENOLOGÍA DEL GIRASOL (*H. annuus* L.)

La Figura 3, presenta las etapas fenológicas de las plantas de girasol. Posee un ciclo biológico de 100 a 150 días aproximadamente, desde la siembra de la semilla hasta la recolección de frutos maduros, se divide en dos fases, **1. Vegetativa** y **2. Reproductiva**, la fase vegetativa (VE-V10) presenta una duración de 30 días, comprende los estados que transcurren luego del período de emergencia que se produce de 5 a 15 días dependiendo de la temperatura del suelo, profundidad de siembra, humedad y el oxígeno necesario, siendo 5 °C la temperatura apropiada, durante 24 horas y se extiende hasta la etapa de prefloración, incluyendo la formación de raíz, tallo y hojas. La fase reproductiva (R), presenta una duración de 110 días aproximadamente, bajo el efecto la temperatura óptima para la formación floral sin retraso que van desde 25-30 °C como máxima y mínima entre 13 -17 ° C, está comprende desde el inicio de la formación de las estructuras florales (R1), hasta el desarrollo y obtención de los frutos maduros (R9), la cual está distribuida secuencialmente en los estadios brote inicial de inflorescencias (R1), diferenciación de flores tubuladas y liguladas (R5), formación de frutos y maduración de frutos (R9).

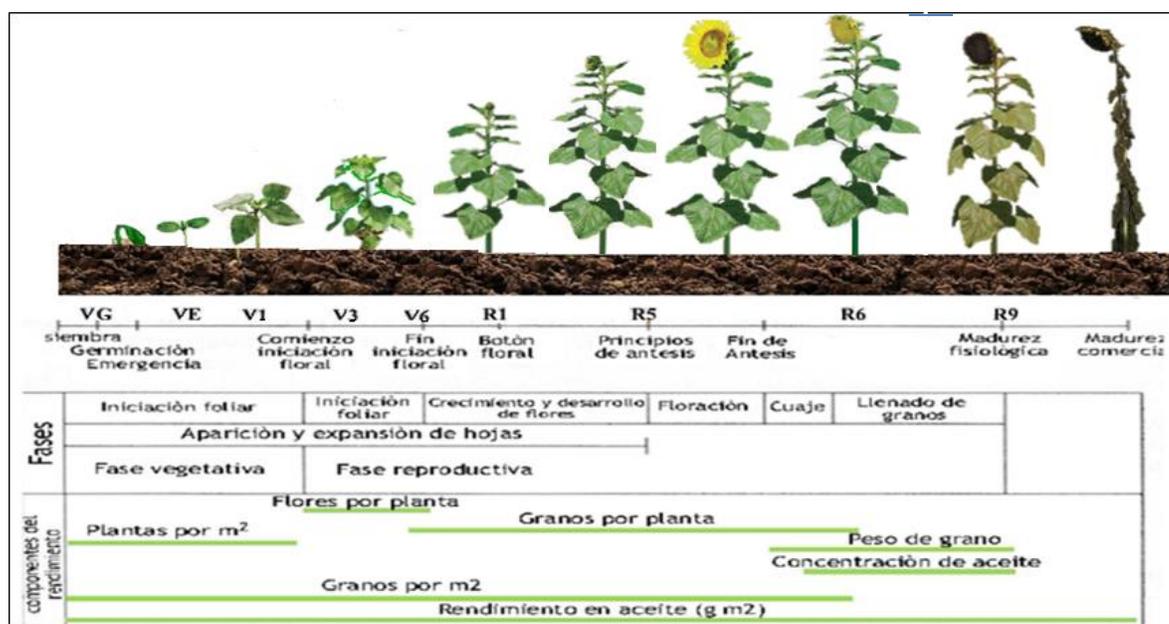


Figura 3. Fases fenológicas de plantas de girasol, comprendida desde la siembra de semillas hasta la etapa de madurez comercial. (fuente: Alaudin, 2020)

El estadio que va desde el inicio de la formación del receptáculo hasta la antesis completa de flores tubuladas y liguladas tiene una duración promedio de 20 a 25 días. El período de desarrollo de los frutos es de 30 días al cado del cual se inicia la fase de maduración, que finaliza cuando ha terminado el pro ceso de llenado del grano (entre 35-45 días) que se y no puede producirse aumento en el peso seco de la semilla. Por lo tanto, no se manifiesta incremento significativo en el rendimiento de la cosecha. Bajo condiciones normales, la humedad en el momento de la madurez fisiológica es aproximadamente de un 30%, en esta

etapa es necesario esperar que semilla pierda parte del agua que contiene hasta que presente humedad apropiada de recolección (16%) con un valor de humedad mayor al mencionado, aumenta el contenido de impurezas lo cual presenta altos costos de secado, mientras que el atraso de la cosecha por debajo de un 9% representa un pérdida de peso, lo cual influye en precios. El fruto maduro adquiere un color marrón, y se pueden diferenciar perfectamente cada una de las cápsulas en las que se localizan las semillas de manera individual (González-Pérez et al., 2005; Moure et al., 2006).

2.4. MANEJO DEL CULTIVO.

Las prácticas agronómicas son todas aquellas labores o estrategias en las diferentes etapas del cultivo que contribuyen al buen desarrollo del mismo, y que se traducen en un alto rendimiento de achenios y de aceite en el grano. Se inician con la siembra del cultivo, y para ello se deben considerar los siguientes aspectos, preparación de suelos, equipos utilizados, densidades y poblaciones, épocas de siembra recomendadas, prácticas de fertilización, control de plagas, enfermedades, plantas adventicias y cosecha (García y Quevedo, 2018).

2.4.1. Preparación Del Terreno.

La preparación de la tierra depende si el terreno ha sido sometido a procesos de laboreo, puesto que en un terreno que va a ser cultivado por primera vez, luego de limpiar bien los desechos de la deforestación, se debe realizar un pase de arado para fracturar los restos de raíces. Posteriormente se recomienda hacer dos pases de rastra y finalmente un tercero que corresponde a la presiembra o siembra (Elizondo-Salazar, 2017). En suelos cultivados, se recomienda un pase profundo de arado a 25-30 centímetros; luego, dos o tres pases de rastra para desmenuzar los terrones y finalmente el pase de siembra. (Villaseñor, Chabla y Luna, 2015).

2.4.2. Siembra y tiempo de siembra.

La siembra, se lo puede hacer a campo abierto en cualquier época del año, o se puede coincidir con el establecimiento de las lluvias. La profundidad de siembra recomendada para el cultivo de girasol ornamental es de 2 a 3 cm (Basantes, 2010).

2.4.3. Densidad De Siembra.

Es un factor determinante en los rendimientos de achenio, altura de la planta, diámetro de capítulo y densidad de plantas a cosecha. Esta depende de las precipitaciones, la fertilidad y de los híbridos cultivados. Por cuanto los híbridos actuales, que tienen plantas de menor porte, necesitan una mayor densidad para cubrir correctamente el suelo en floración (Demirel et al., 2006). Se recomienda la siembra de unas 65000 semillas/Ha para lograr densidades de cosecha entre 40000 y 55000 plantas/Ha puesto que poblaciones mayores

tienden a aumentar la competencia intraespecífica de las plantas y favorecen el acame de las mismas (Mena, et al., 2018).

2.4.4. Fertilización.

Para un rendimiento adecuado en achenios y en aceite es conveniente considerar la incorporación de nitrógeno, fósforo y potasio como de otros nutrientes tales como calcio, magnesio, azufre y boro; sobre todo en los primeros estadios de desarrollo de la planta (60 días desde la siembra) que en generales es el 50% del total de demanda de nutrientes, en este contexto, esta práctica debe realizarse teniendo en cuenta un análisis de suelo previo, que permita inferir las dosis adecuadas de cada uno de los fertilizantes a aplicar en la práctica de siembra, también es necesario tener presente el régimen de precipitaciones y de riegos (Aragadvay-Yungán et al., 2015).

La producción de una tonelada de grano de girasol requiere 80 Kg/Ha de urea, 30 Kg/Ha de fosfato diatómico (DAP) y 100 Kg/ha de fertilizante tiple (K_2O), 30 Kg/Ha de sulfato de amonio, 0,5 Kg/ha de bórax (boro) y 0,05 Kg/ha de Mo (Shoghi-Kalkhoran et al., 2013).

2.4.5. Plagas y enfermedades del girasol (*H. annuus* L.).

2.4.5.1. Plagas. En el contexto de las plagas del girasol es necesario tener en cuenta que algunas de ellas afectan durante el momento de siembra y nascencia. En este caso el estado y calidad del suelo es muy importante por lo que los tratamientos fitosanitarios deben de ser aplicados sobre la semilla o líneas de siembra. Otras plagas se encuentran sobre el follaje o la inflorescencia, en estos casos el tratamiento del insecticida o acaricida se realizará cuando se detecte la presencia de la determinada plaga en esta situación se puede utilizar en la medida de lo posible productos ecológicos o autorizados con fechas de seguridad muy cortas (ICA, 2012).

Las plagas más importantes que atacan al girasol son:

Gusano Alambre (*Agriotes lineatus*), Gusanos grises (*Agriotes sp*), Gusanos Blancos (*Melolontha melolonta*), Polilla del Girasol (*Homoeosoma nebulella*), Gorgojo de las Hoja (*Tanymecus polliatus*), Mosca Blanca (*Trialeurodes sp*), Araña Roja (*Tetranychus talarius*), Picudo del Tallo (*Rhynchites mexicanus*), Grillo de Campo (*Acheta assimilis*)

2.4.5.2. Enfermedades. El girasol presenta una serie de enfermedades de origen patogénico, en su gran mayoría causadas por hongos. La importancia relativa de las mismas varía anualmente, según factores biológicos (grado de resistencia genética, edad de la planta y densidad de inóculo del patógeno, etc.), climáticos (temperaturas, humedad relativa y lluvias) y culturales (rotaciones, época de siembra, fertilización, densidad y distribución del cultivo, manejo del rastrojo, etc.), todos los cuales, a su vez, interactúan entre sí (Infoagro, 2014).

Las enfermedades más importantes del girasol son: Mildiú (*Plasmopora helianthi*), Alternaria (*Alternaria helianthi*), Podredumbre Blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*), Manchado de las Hojas (*Septoria helianthi*), Botrytis (*Botrytis cinérea*), Roya (*Puccinia helianthi*)

2.4.6. Cosecha.

Se realiza cuando el cultivo alcanza la madurez fisiológica, lo cual ocurre en la mayoría de los cultivares entre los 120 y 130 DDS período en que humedad óptima es del 12%. En la fase de madurez de la semilla, los capítulos toman un color marrón y su dorso, un color amarillento (Patra et al., 2013).

Cuando la cosecha se realiza en forma mecánica el factor más importante a considerar es el porcentaje de humedad de los granos, el cual debe ser menor a 18% ya que, si la humedad es mayor, se produce un daño en los aquenios causado por el sistema de trilla combinada. En general, a cosecha se puede realizar manualmente o mecánicamente ().

2.4.7. Tratamientos de postcosecha.

Pizarro (2009), manifiesta que debe tenerse siempre presente que el girasol es una planta sensible al etileno, por lo que los tratamientos con sustancias inhibidoras de éste compuesto no producirán beneficio real. El amarillamiento de las hojas y la desecación por agua insuficiente influyen más sobre la vida útil que los problemas inherentes a la inflorescencia. El estrés hídrico afecta directamente a los órganos reproductivos, sobre todo en las variedades de flor grande, reduciendo el número de semillas por capítulo debido a una fecundación defectuosa o al aborto de flores. Asimismo, se produce un descenso en el contenido de aceite de las semillas. El amarillamiento de las hojas es factor adverso difícil de prevenir y no existe en la actualidad un tratamiento que sea realmente eficiente. La adición de ácido cítrico a la solución de hidratación hasta lograr un pH de 3,8 evita el crecimiento de bacterias que puede obstruir los vasos del tallo (Akbari, Ghalavand, Modarres- Sanavy & Alikhani. 2011).

2.5. TIPOS DE FERTILIZACIÓN.

2.5.1. Fertilización orgánica

La fertilización orgánica, se refiere a un conjunto de técnicas basadas en el aporte de productos orgánicos los cuales, también proveen al suelo de elementos químicos de naturaleza mineral que están disposición de las plantas de manera lenta y gradual lo cual evita pérdidas por lixiviación, también generan una reserva de humus y sustancias fisiológicamente activas que bajo condiciones favorables permiten restaurar características fisicoquímicas, microbiológicas del agro-ecosistema, perdida por el suelo bajo permanente explotación agropecuaria, pues favorecen la presencia de biodiversidad y optimizan los

ciclos biológicos del suelo, y por tanto mejoran la productividad y sostenibilidad del suelo donde se desarrollan las plantas (Altamirano, 2009; Núñez, 2014).

Estos productos agrícolas se han usado desde tiempos remotos y su influencia sobre la calidad de los suelos ha sido demostrada, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Estos derivan de los restos o subproductos de un organismo, es decir de material vegetal descompuesto o de excrementos de animales, como estiércol, excremento de aves, guano, harina de huesos, turba etc. En la actualidad pueden ser alternativas favorables que contribuyan en el proceso periódico de reemplazar o disminuir el uso de fertilizantes químicos (Carlos, 2012).

Entre los fertilizantes orgánicos más usados en agricultura se encuentra el lombricompost, compost, siendo los fertilizantes de más fácil acceso económico y de rápida producción ecológica por parte de los agricultores. También el Bocashi, Biol, Te de estiércol y abono de frutas (Bautista-Zamora et al., 2017)

2.5.1.1 Lombricompost. Es un producto biorgánico resultante de la ingesta de alimento por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) que digieren y transforman desechos de origen vegetal y animal. El lombricompost es un fertilizante de estructura coloidal, color negruzco, granulado, muy estable, imputrescible y no fermentable y posee un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos (Tabla 1); pero no son producidos por el proceso digestivo de la lombriz sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el período de reposo dentro del lecho. Emanan en el terreno una acción biodinámica y mejora las características orgánicas de las plantas, flores y frutos, al activar los procesos biológicos del suelo, esto se debe a que produce efectos positivos sobre las propiedades microbiológicas, por tanto, favorece la degradación de la materia orgánica, como consecuencia mejora la absorción de los nutrientes naturales del suelo y por consiguiente el rendimiento del cultivo. También este posee una alta carga microbiana del orden de los 20 mil millones por gramo seco, protegiendo a la raíz de otros tipos de bacterias patógenas, aún de nemátodos, contra los cuales está indicado especialmente (Barrera, Combatt y Ramírez, 2011).

Tabla 1. Composición química del tratamiento fertilización lombricompost.

CONTENIDO	COMPOSICIÓN (%)	CONTENIDO	COMPOSICIÓN (%)
Humedad	11,73	Fósforo (P₂O₅)	2,06
Nitrógeno	2,15	Calcio (CaO)	3,40
Potasio	0,15	Materia orgánica	70
Magnesio	2,5	Ácido fúlvicos	5,8
Carbono Orgánico	30	Sodio	0,02
Ácido Húmico	3%	Hierro	0,02
Cobre	0,05	Relación C/N	11,60
Manganeso	0,006	pH: 6,86	

2.5.1.2 Desventajas de la fertilización orgánica. La principal desventaja de la fertilización orgánica es que tiene un efecto lento puesto que el suelo se adapta al manejo tradicional y al retirarle al 100 % los compuestos a los que estaba acostumbrado, dicho suelo puede no ser muy provechoso por lo que se recomienda un sistema combinado (convencional y orgánico) para ayudarle a restablecer su equilibrio natural (Carlos, 2012).

Por otro lado, los elevados niveles de humedad presentes en los abonos orgánicos de estos productos representa pérdida de rentabilidad en el proceso de producción dado a que se generan costos muy elevados respecto a las actividades de aplicación y manejo, pues para mantener una productividad sostenible, las cantidades de abonos orgánicos a utilizar deben ser elevadas, esto es debe a que no poseen alta concentración de minerales, por tanto un gran volumen de estos aportaría la misma cantidad de nutrientes que contiene un menor volumen de fertilizantes químicos (Carlos, 2012).

2.5.2. Fertilización química.

La fertilización química presenta diversas características en cuanto abono y mejorador del suelo; entre sus características favorables se encuentra la solubilidad de nutrientes que están más rápidamente disponibles para la asimilación por parte de la planta, así mismo la elevada concentración de nutrientes y la baja humedad en los fertilizantes químicos, se constituyen en una de las fortalezas (Agbede, Adekiya & Eifediyi, 2017).

2.5.2.1 Ventajas de la fertilización química. La mayoría de los fertilizantes químicos tienen una alta concentración de nutrientes, estos significan que aportan más nutrientes que los fertilizantes orgánicos, en consecuencia, sus efectos pueden observarse rápidamente, son fáciles de aplicar pues son productos en estado granulado, se ofrecen comercialmente en diferentes formulaciones, cada una para un tipo de suelo específico y para una necesidad particular para las plantas, son baratos y fáciles de conseguir (Santos et al., 2016).

Con la fertilización química es posible cultivar la tierra durante todo un año, lo cual ha permitido a numerosos pequeños agricultores con pequeñas parcelas, producir suficiente alimento, además la necesidad de mano de obra para su aplicación es mínima y el aumento del rendimiento de los cultivos es rápido (Rasool, Hassan & Jahangir, 2013).

2.5.2.2 Tipos de fertilizantes químicos. Cualquier material natural o industrializado que contenga uno o varios de los nutrientes esenciales (N, P₂O₅, K₂O) que se añaden al suelo o que se aplican sobre el follaje de las plantas con el propósito de complementar el suministro de nutrientes, puede denominarse fertilizantes, caracterizados en la Tabla 2. Estos compuestos son generalmente abonos industriales o químicos y se producen en plantas químicas mediante procesos de síntesis o bien procesando minerales presentes en la naturaleza, pueden ser simples o compuestos, según el número de elementos

fertilizantes que aporten, dado que contienen en grandes cantidades uno o varios de los nutrientes más demandados por las plantas (Khakwani et al., 2014).

Tabla 2. Fertilizantes químicos con multinutrientes y rango de contenido.

Tipo de fertilizante		% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
Fertilizante NPK		5 - 26	5 - 35	5 - 26
Fosfatos amónicos	DAP	16 - 18	42 - 48	-
	MAP	11	52	-
Nitrofosfatos	NP	20 - 26	6 - 34	-
Fertilizantes PK	PK	-	6 - 30	6 - 30

2.5.2.3 Desventajas de la fertilización química. Los fertilizantes químicos no son considerados como mejoradores del suelo, sus efectos en este sentido pueden ser indirectos a través del incremento de la producción de biomasa, pero también presentan efectos negativos a largo plazo, pues la aplicación constante conlleva a pérdida de potencial agronómico por proceso de degradación física, química y biológica del suelo donde se cultivan. El uso de los fertilizantes químicos endurece y seca los suelos, por lo cual son más difíciles de labrar, sin embargo, la materia orgánica del suelo se agota dado a que se pone rápidamente a disposición de las plantas (Hussain & Thomas, 2010).

La aplicación excesiva de fertilizantes químicos puede dar lugar a efectos negativos como la lixiviación, la contaminación de los recursos hídricos, la destrucción de los microorganismos y los insectos benéficos, la susceptibilidad de los cultivos a los ataques de la enfermedad, la acidificación o alcalinización del suelo o la reducción en la fertilidad del suelo, causando así un daño irreparable (Carlos, 2012).

2.5.3. Fertilización mixta o combinada (química y orgánica).

La combinación de abono orgánico y fertilizantes químicos (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, (SINP)) ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, ya que el abono orgánico mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan. No obstante, el abono orgánico por sí solo no es suficiente (y a menudo no es disponible en grandes cantidades) para lograr el grado de producción que el agricultor desea. Los fertilizantes químicos tienen que ser aplicados adicionalmente (Núñez, 2014).

Los efectos beneficiosos de nutrientes orgánicos e inorgánicos combinados sobre estado fisiológico del suelo se han demostrado en varias ocasiones. Los materiales orgánicos no producen un 100% de eficacia, por lo cual el reto es combinar orgánicos de distinta calidad con fertilizantes inorgánicos o químicos para optimizar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Yousif & Ahmed, 2013).

El sistema de gestión de nutrientes integrados es una alternativa y se caracteriza por la entrada reducida de fertilizantes químicos y el uso combinado de fertilizantes químicos con materiales orgánicos como el estiércol de animales, residuos de cosecha, abonos verdes y compost. Los sistemas de gestión que dependen de insumos orgánicos como fuentes de nutrientes de las plantas tienen diferentes dinámicas en la disponibilidad de nutrientes de los que entrañan el uso de fertilizantes químicos (Buriro, Meher, Rais & Kashani, 2015).

2.6. ENSILAJE.

Es un método de conservación, que mediante un proceso de fermentación realizado en ausencia de oxígeno en un lugar seco y protegido llamado silo, permite mantener estable la composición del material ensilado durante un largo tiempo. Este proceso permite almacenar alimento en tiempos de cosecha conservando calidad y palatabilidad, lo cual posibilita aumentar la carga animal por hectárea y sustituir o complementar concentrados (Moura et al, 2017).

2.6.1. El proceso del ensilaje.

El ensilaje es una técnica de preservación de forraje que se logra por medio de una fermentación láctica espontánea bajo condiciones anaeróbicas, en las siguientes fases:

2.6.1.1 Fase aeróbica. Esta fase dura aproximadamente 24 horas, en este período el oxígeno atmosférico presente en la masa vegetal disminuye rápidamente debido a la presencia de procesos de respiración por parte de microorganismos aeróbicos y anaerobios facultativos como las levaduras y las enterobacterias. Además, existe actividad importante de varias enzimas vegetales, como las proteasas y las carbohidrasas, siempre que el pH se mantenga en el rango normal (pH 6,50-6,00) (Villa et al., 2010)

Macias (2011) señala que durante la respiración del forraje ocurre una absorción de oxígeno y eliminación de anhídrido carbónico con desprendimiento de calor. Los glúcidos solubles son rápidamente hidrolizados por la acción de enzimas en glucosa y fructosa, que son la fuente de energía de los microorganismos, mientras que las proteínas son hidrolizadas en péptidos y aminoácidos hasta que se alcanza un pH de 4.

Según Yousif & Ahmed (2013), durante esta fase se presentan microorganismos que son indeseables ya que, fermentan los azúcares produciendo etanol, las cantidades de azúcares presentes en el forraje disminuyen haciendo que para la producción de ácido láctico disminuyan; con esto obtenemos un ensilado con un sabor diferente que en muchas ocasiones produce una leche con un mal sabor.

2.6.1.2 Fases de fermentación. Se caracteriza por subdividirse en dos etapas, en la primera o temprana se produce ácido fórmico y otros ácidos orgánicos como resultado del crecimiento de bacterias enterobacterias aeróbicas facultativas, pudiendo durar este proceso de 1 a 2 días (Gutiérrez et al., 2014).

La siguiente etapa comienza cuando se forma un ambiente anaeróbico. Dura de varios días hasta varias semanas, dependiendo de las características del material ensilado y de las condiciones en el momento del ensilaje. Si la fermentación se desarrolla con éxito, la actividad de las Bacterias Acido Lácticas (BAC) proliferará y se convertirá en la población predominante. A causa de la producción de ácido láctico y otros ácidos, el pH bajará a valores de entre 3,80 a 5,00 (Araiza-Rosales et al., 2015).

2.6.1.3 Fase estable. Mientras se mantenga el ambiente sin oxígeno, ocurren pocos cambios. La mayoría de los microorganismos de la fase de fermentación, lentamente reducen su presencia. Algunos microorganismos acidófilos sobreviven este período en estado inactivo; otros, como clostridios y bacilos, sobreviven como esporas (Elizondo-Salazar, 2017).

En la Figura 4, se indica la evolución de la temperatura, oxígeno, pH, ácido láctico y glúcidos solubles en las distintas fases del ensilaje, notando que: la temperatura debido a la respiración libera calor en la primera fase, subsecuentemente disminuye ligeramente y se estabiliza. La presencia de oxígeno desaparece rápidamente en la fase aeróbica reapareciendo en el momento de apertura del silo. El pH disminuye rápidamente hasta alcanzar un nivel donde se estabiliza (3,80 a 5,00) posterior a la apertura aumenta. El ácido láctico es determinante en la correcta conservación del forraje evitando la contaminación con otras bacterias ya que este baja el pH a niveles donde solo pueden sobrevivir aquellas que lo producen. Las bacterias lácticas pueden progresar en ambientes donde se cumplan sus requerimientos y uno de estos es la presencia de glúcidos solubles rápidamente fermentables, puesto que estas los consumen para producir energía, por lo tanto, el contenido de estos carbohidratos se disminuye conforme evoluciona el silo.

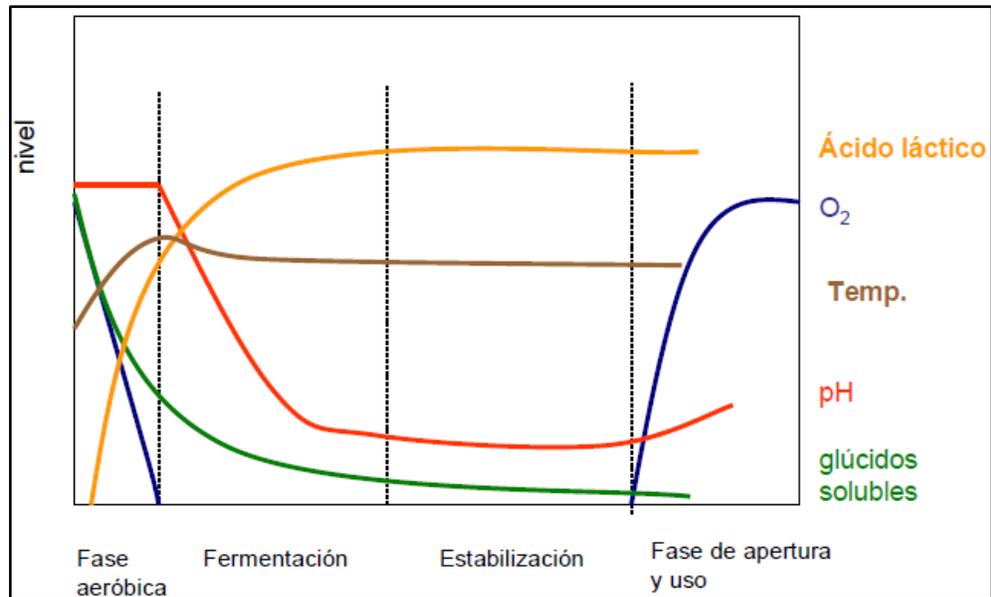


Figura 4. Evolución del proceso de ensilaje en las diferentes fases de fermentación anaeróbica (fuente: Espinoza et., al 2017)

2.6.2 Tipos de silos utilizados.

El silo es el depósito donde se lleva a cabo el proceso de ensilaje y tiene tres principales funciones que son ofrecer una superficie sólida que permita la compactación, además tiene función protectora contra la humedad y el aire durante el proceso de fermentación, también se tiene un mejor manejo del ensilado (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014)

Según Villa et al. (2010) existen numerosos tipos y formas de silos para la conservación de forrajes o subproductos, muchos de ellos requieren bastante inversión, mientras que otros son económicos, los cuales se mencionan a continuación:

2.6.2.1. Silo en trinchera o zanja. Es una zanja el forraje es colocado y compactado en ella después se pone una cubierta de plástico y luego con una capa de tierra, debe tener canaleta para el escurrimiento de agua lluvia. Sus dimensiones se calculan para establecer una profundidad que garantice una exposición mínima del forraje ensilado al aire.

2.6.2.2 Silo en torres. Se realiza en torres de almacenamiento con zonas independientes de llenado y descarga.

2.6.2.3 Silo canadiense. Es una combinación del silo de montón y de trinchera. Se hace la pila sobre el suelo y se cubre con plástico y tierra, y se sella lateralmente con barro.

2.6.3. Ventajas del ensilaje.

De acuerdo a Rojas-Bourrillon, López-Herrera & Zumbado-Ramírez (2017), se destacan varias ventajas del ensilaje, entre las que se encuentran, se puede citar lo siguiente:

- Permite almacenar forraje verde por tiempos prolongados.
- Mantiene el sabor y el valor nutritivo del forraje conservado.
- Incrementa su valor vitamínico, principalmente de A.
- Resulta bastante útil para el control de malezas.
- La preservación de nutrientes es mucho más grande para el apropiado aprovechamiento alimenticio de los animales.
- Las condiciones climáticas causan menores perjuicios y daños durante el proceso del ensilado.
- Cuando el ensilaje es realizado de buena manera, puede conservarse por largos periodos de tiempo; además existe poca pérdida de nutrientes relevantes.

2.6.4. Desventajas del ensilaje.

Respecto a Araiza-Rosales et al. (2015) las desventajas, del procesamiento del ensilado, establece las siguientes:

- Mayor necesidad de contar con equipos y/o maquinaria agrícola, como picadores, cargadores y tractores.
- Mayor necesidad de contar con instalaciones de uso específico para el ensilado (silos tipo trinchera, subterráneos, etc.).
- Requerimiento de costos adicionales para el uso de sustancias preservantes o conservantes para el ensilado.

Por su parte, Weinberg, et al. (2011) señalan que una de las desventajas más notorias es, cuando el ensilaje empieza a ser empleado después de sacado del silo, por lo que se debe proporcionar prontamente, para evitar pérdidas a causa de las pudriciones, contaminación con el medio ambiente y provoque un mayor daño al ensilado.

2.7. Girasol como planta forrajera para ensilar.

El girasol se cultiva principalmente para la obtención de aceite a partir de sus semillas, su composición química se presenta en la Tabla 3, esta especie también puede ser una opción para la producción de forraje. Es una especie en época de verano presenta tolerancia a condiciones de déficit de agua y nutrientes (Peiretti & Meineri, 2010), y una corta duración de su ciclo vegetativo, proporcionando flexibilidad para su ajuste dentro de la rotación. Por lo tanto, la utilización del cultivo del girasol forrajero en zonas menos productivas podría ser una alternativa al maíz asegurando la producción de forraje para ensilar, al no existir otra alternativa con interés para los ganaderos. Además, el uso de girasol en alimentación animal podría tener beneficios adicionales sobre los productos primarios (leche y carne), en

razón de que se trata de una importante fuente de ácidos linoléico y oleico (Rego *et al.*, 2005).

Tabla 3. Composición química de la semilla de girasol entera descascarillada (SGED).

Parámetros de calidad	Composición (g kg ⁻¹ M.S)	Ácidos grasos (g 100 g ⁻¹ de aceite)		Aminoácidos (g 100 g ⁻¹ de proteína)				Polisacáridos no amiláceos (PNA) (g 100g ⁻¹ de FB)	
Humedad	77	Palmitico	6,50	A. Aspártico	9,24	Leucina	6,98	Ramnosa	1,10
Proteína bruta	193	Estearico	5,70	A. Glutámico	19,79	Metionina	2,15	Fucosa	7,30
Grasa bruta	511	Oleico	18,10	Alanina	4,68	Prolina	4,27	Arabinosa	13,00
Fibra bruta	64	Linoléico	66,90	Arginina	9,80	Serina	4,45	Xilosa	4,00
Cenizas	28	Linolénico	0,70	Cistina	2,09	Tirosina	2,72	Resto PNA	8,40
Calcio	3,30	Araquidónico	1,20	Fenilalanina	5,01	Treonina	3,93	Manosa	5,90
Fósforo disponible	2,00			Glicocola	5,50	Triptófano	140	Galactosa	8,70
Fósforo total	4,30			Histidina	2,82	Valina	5,15	Glucosa	40,30
Almidón	10			Isoleucina	4,41	lisina	4,03	Ácidos Urónicos	11,30
E.M. (MJ kg)	22,40								

La planta completa al valorarse como forraje aporta 20,5 ton/ha de proteína, un valor significativo para la época seca, cuando no se tiene prácticamente alimento para animales. Si se procesa solamente hojas de girasol por cada hectárea que se siembra, se obtiene 32,8 toneladas de proteína en solo 60 días. Las hojas constituyen la parte más nutritiva del girasol. La materia seca de las hojas contiene porcentajes de proteína y materia grasa e hidrato de carbono (con mucha menos celulosa) similares a la alfalfa y el guisante, cuando se recogen estos en estado de floración avanzada. El valor forrajero de las hojas de girasol es superior al de aquellas leguminosas (Rodríguez *et al.*, 2017).

En el período lluvioso se logran rendimientos de 44,7 a 74,5 ton/ha de forraje verde en solo 60 a 70 días, mientras que la caña alcanza un rendimiento de 50 a 70 t/ha al año. Por sus características de rusticidad, el girasol constituye una de las plantas de mayor rendimiento forrajero. No es muy exigente a la preparación del suelo cuando se emplea como forraje. La preparación del terreno es la misma que para el girasol grano. Respecto al abonado, puede añadirse, pues hay que lograr una vegetación abundante y rica en hojas (Flores, *et al.*, 2016).

2.8. Análisis Proximal o Bromatológico del ensilaje.

El sistema proximal (Bromatológico) para análisis ordinario de los ensilajes (alimentos secos para animales) se diseñó a mediados del siglo XIX con el fin obtener una clasificación muy amplia y con un nivel máximo de los componentes de los alimentos. La Tabla 4, indica los parámetros para el análisis proximal del ensilado de girasol, que ayuda a comprender la composición química de un alimento en la forma más general, debido a que las propiedades que se obtienen a través de estos métodos no son propiedades específicas del alimento si no porcentajes referenciados de lo que posee cada alimento los cuales

deben someterse a parámetros estadísticos o técnicas adecuadas para realizar una determinación de conclusiones (Salazar, 2014).

Tabla 4. Parámetros de análisis proximal del ensilaje de girasol obtenido a partir de forraje fresco de planta completa.

PARAMETRO	DEFINICION
Humedad (Agua)	El propósito de este es determinar el contenido de agua (humedad) presente en la muestra, a través de secarla en un horno en un tiempo determinado, por lo general se utilizan temperaturas entre 100 y 105 °C. La determinación se basa en la pérdida de peso luego de un proceso de secado.
Cenizas	Es referida al análisis de residuos inorgánicos que quedan después de la combustión u oxidación completa de la materia orgánica, determinando así la cantidad de minerales correspondientes. Desde el punto de vista de la nutrición, los valores de las cenizas tienen poca importancia, aunque los valores muy elevados podrían indicar que existe contaminación con suelo o dilución de alimentos con sustancias como sal y roca caliza.
Proteína cruda	Son el principal componente en las tortas residuales, además del agua. Se determina por el método de Kjeldahl ($\% \text{ proteína} = \% \text{N} \times 6,25$), fundamentado en tres pasos: digestión de la muestra con H_2SO_4 concentrado, en presencia de un catalizador a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio. La solución se alcaliniza y el amoniaco librado se destila para su posterior titulación.
Fibra cruda	Determina toda la parte vegetal de las muestras, que está formada por un conjunto de compuestos químicos de naturaleza heterogénea (polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias análogas). Consiste en efectuar dos digestiones. La primera con H_2SO_4 y la segunda con NaOH . La finalidad del método es la de eliminar las proteínas, carbohidratos solubles, residuos de grasas, vitaminas y otros compuestos diferentes que interfieren en su determinación.
Grasas	También llamado extracto etéreo. Este determina cuantitativamente el contenido de lípidos totales y solubles en éter (grasas verdaderas y esteres de ácidos grasos). Se realiza de acuerdo con un procedimiento de extracción por el método Soxhlet.

2.9. FACTORES CLIMÁTICOS Y SU IMPORTANCIA EN LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA.

Todos los aspectos del tiempo de una localidad tienen que ser considerados en la meteorología agrícola. Ellos incluyen las propiedades físicas de la atmósfera y de las capas superficiales del suelo, tales como la temperatura, la humedad del aire, la presión atmosférica, los vientos y la precipitación. En particular, la radiación solar es fundamental, tanto para los flujos de radiación incidente directa y difusa desde el espacio; además, los flujos de radiación saliente o reflejados desde la Tierra, ambas en cantidades totales y en su distribución en el espectro luminoso (López-Rocha et al., 2018)

2.9.1. Temperatura.

En climatología la temperatura es el estado energético del aire, que se traduce en un determinado grado de calentamiento; se mide mediante termómetros de mercurio. En general, la temperatura es el grado que determina la intensidad de frío o calor transmitido en un periodo y espacio específico. En la agricultura es un factor que presenta una influencia relevante pues dependiendo de la proporción de energía acumulada y tiempo de exposición puede favorecer el crecimiento y desarrollo reproductivo de la planta, la cantidad de agua perdida por transpiración, la tendencia a la marchitez y desecación. Además, facilita la descomposición de las materias orgánicas, la meteorización y aumenta la solubilidad de minerales (Salisbury y Ross, 2000; Basantes, 2010).

2.9.2. Precipitación.

La precipitación o lluvia es la caída de agua desde la atmósfera en cualquiera de sus formas líquida o sólida sobre la superficie terrestre. Si las gotas tienen un diámetro menor de 0,5 mm se determina como llovizna, si el diámetro es superior a 0,5 mm, como lluvia. En cuanto a la importancia en las actividades agrícolas es un elemento fundamental pues limita la disponibilidad de agua de las plantas conforme a los procesos metabólicos relacionados con la formación de flores y frutos. En exceso, puede causar daños fisiológicos y físico por fuerza mecánica, producir lixiviación de nutrientes disminuyendo la fertilidad, también aumenta el contenido de humedad y producir estrés hídrico, sobre todo en suelos con mal sistema de drenaje (Santos et al., 2016).

2.9.3. Radiación y brillo solar.

La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del Sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrogeno en el núcleo del Sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar (Taiz & Zeiger, 2010).

En el ciclo fenológico de las plantas juega un papel importante ya que afecta desde la etapa de germinación hasta la etapa de madurez filológica, controlando la disponibilidad de

energía necesaria para los procesos metabólicos como el de fotosíntesis y reparación celular. Además, eleva la temperatura de la superficie del suelo favoreciendo el nivel de descomposición de materias orgánicas aumentando la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos (Gutiérrez et al., 2014).

2.9.4. Humedad del aire

Es el índice más práctico para definir el estado higrométrico o de humedad del aire. Se expresa por una fracción o relación en tanto por ciento (%) entre la humedad absoluta y la cantidad de vapor de agua, que contendría un metro cúbico (m^3) de aire en físico si estuviera saturado a cualquier temperatura (López-Rocha et al., 2018).

Favorece el crecimiento porque aumenta la descomposición de las materias orgánicas, restringe las pérdidas de agua en la transpiración evitando la desecación extrema en la superficie de las hojas y por ende prohibiendo daños mecánicos y fisiológicos. Adicionalmente permite el desarrollo de microorganismos en simbiosis con plantas en la rizósfera al aumentar la proporción de humedad y en consecuencia la disolución de minerales en las capas superiores del suelo (Lacatusu et al 2017).

2.9.5. Viento.

El viento se define como la componente horizontal del movimiento del aire. Su importancia radica en que es un factor que regula la distribución de los grados de temperaturas debidas a la diferente radiación solar que llega a la superficie terrestre y por supuesto de la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera (Rodríguez et al., 2017).

El movimiento del aire es debido a la diferencia de presión que existe en los distintos puntos de la atmósfera. El viento se desplaza de las zonas de altas presiones (anticiclones) a las zonas de bajas presiones (borrascas) y así intenta contrarrestar la diferencia existente entre ellas (Mena, et al., 2018).

Es un factor importante en la actividad agrícola pues, estimula el crecimiento de las plantas por acción directa debido a que un aumento periódico en la velocidad del mismo facilita las transferencias de vapor de agua, de calor y de bióxido de carbono hacia las hojas (Irika, 2015).

En el caso de los regímenes turbulentos, las resistencias aerodinámicas al intercambio de vapor de agua, de calor y de bióxido de carbono toman el igual valor, ya que el viento turbulento promueve por igual cualquiera de estas transferencias. Sin embargo, las resistencias de la capa estática y del aire entre el follaje son comparativamente mayores que las del aire libre sobre el cultivo, especialmente en los estratos inferiores. Esto explica las diferencias de humedad relativa, temperatura y concentración de bióxido de carbono entre las capas de aire que están sobre el cultivo y las que se encuentran entre el follaje (Agbede, Adekiya & Eifediyi, 2017).

3. METODOLOGÍA

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

En el presente estudio es de tipo investigación experimental y se desarrolló a nivel de laboratorio, con el fin de evaluar el efecto del lombricompost sobre el rendimiento y las propiedades bromatológicas de ensilaje obtenido a partir de base fresca de tres híbridos *H. annuus* L. cultivados en el Sinú medio - Córdoba.

3.2. LOCALIZACIÓN.

El cultivo de Girasol fue establecido en el Campus de la Universidad de Córdoba, ubicada al norte de la ciudad de montería, entre los 8° 47' 32.71" latitud Norte y los 75° 51' 45.27" de longitud al oeste con una altura de 18 m.s.n.m, precipitación de 1346 mm anuales, temperatura promedio anual de 28°C y con una humedad relativa del 84% (PDD, 2008). Figura 5.

La fase de laboratorio se desarrolló en los laboratorios de Biotecnología (Grubiodeq) sede Central y Laboratorio de Nutrición Animal sede Berástegui.



Figura 5. Localización geográfica de la Universidad de Córdoba.

3.3. ACTIVIDADES PREVIAS AL ESTABLECIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS AL CULTIVO.

3.3.1. Análisis de suelo. Previo al establecimiento del cultivo se realizó un análisis de suelo, tomándose 1kg de muestra a 20, 30 y 40 cm. Luego fueron llevadas Laboratorio de Suelos y Aguas (CALSA) de la Universidad de Córdoba. En la Tabla 5 se resumen los

parámetros físico-químicos determinados para la fase de campo mediante metodología recomendada y estandarizada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi ((I.G.A.C, 2006). Anexo 6.

Tabla 5. Parámetros evaluados y sus respectivas metodologías utilizadas.

Parámetro	Metodología
pH	Potenciométrico; relación suelo: agua 1:1
Materia orgánica	Walkley-Black
S	Extracción con fosfato monocálcico.
P	Método Bray II
Ca, Mg, K, Na	Extracción con acetato de amonio normal y neutro
Al+H⁺	Método de Yuang (KCl 1 N).
Textura	Hidrómetro de Bouyoucos

3.3.2. Manejo agronómico del cultivo durante el experimento.

3.3.2.1 Material vegetal. El material vegetal que se utilizó para esta investigación fueron tres híbridos de girasol (Verónica, Shaqira y Esbella), que se adapta a altitudes entre los 47 a 2800 msnm, con una densidad de siembra de $1.35E^{-03}$ libras de semilla por m², producción de 2,93 millones ton fv/ha/año.

3.3.2.2 Preparación del Terreno. El terreno que se empleo tiene una extensión de 408.24 m², Por tratarse de una localidad experimental se preparó el suelo de la manera tradicional, una arada-cincelada y dos pases de rastra profundidad aproximada de 25 cm, logrando así descompactar y mejorar la circulación del agua y aire en el terreno

3.3.2.3 Siembra. Para la siembra se realizó el trazado de la parcela con ayuda de una cinta métrica y estacas, dividiendo la parcela en cuatro bloques separados 2 m cada uno, procediendo a la siembra directa a una distancia de 0.8 m x 0,2 m con densidad de 2880 plantas (0,62 g de semilla por m²), para calcular la cantidad de semilla por metro cuadrado se realizó una división de los gramos utilizados para la totalidad del cultivo en el área a sembrar de esta manera se obtuvo la cantidad exacta por metro cuadrado, luego se le aplicaron las dosis correspondiente de abono orgánico y fertilizantes.

3.3.2.4 Manejo de Plagas. Desde el momento de la siembra hasta el día 45 se monitoreo el cultivo para controlar plagas como Gusano Alambre (*Agriotes lineatus*) Mosca Blanca (*Trialeurodes sp*), se realizó el respectivo control con el agroquímico (clorpirifos 5 %), en dosis de 1,5 ml por litro de agua.

3.3.2.5 Plantas adventicias. El manejo de arvenses (particularmente de gramíneas), se efectuó con deshierbes manuales semanales y aspersión con solución de glifosato al 48 % en dosis de 3 litros de agua por hectárea.

3.3.2.6 Cosecha. La cosecha se realizó manualmente, cortando las plantas a una altura de 12 cm de la base en la línea central correspondiente a cada tratamiento. El corte se llevó a cabo teniendo en cuenta madurez fisiológica de la cabezuela (R6) a los 90 y 120 días después de siembra (DDS), cuando el cultivo tenía aproximadamente el 50% de los capítulos tenían los granos en estado lechoso.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El ensayo fue establecido en campo con plantas de girasol, bajo un diseño de bloques al azar con parcelas divididas con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Figura 6.

El área por bloque fue de 55 m², cuatro bloques (Repeticiones) total área del experimento 164 m². El tamaño de las unidades experimentales será de 7 m² (2.8 metros de largo por 2.4 metros de ancho), por bloque 408.24 m².

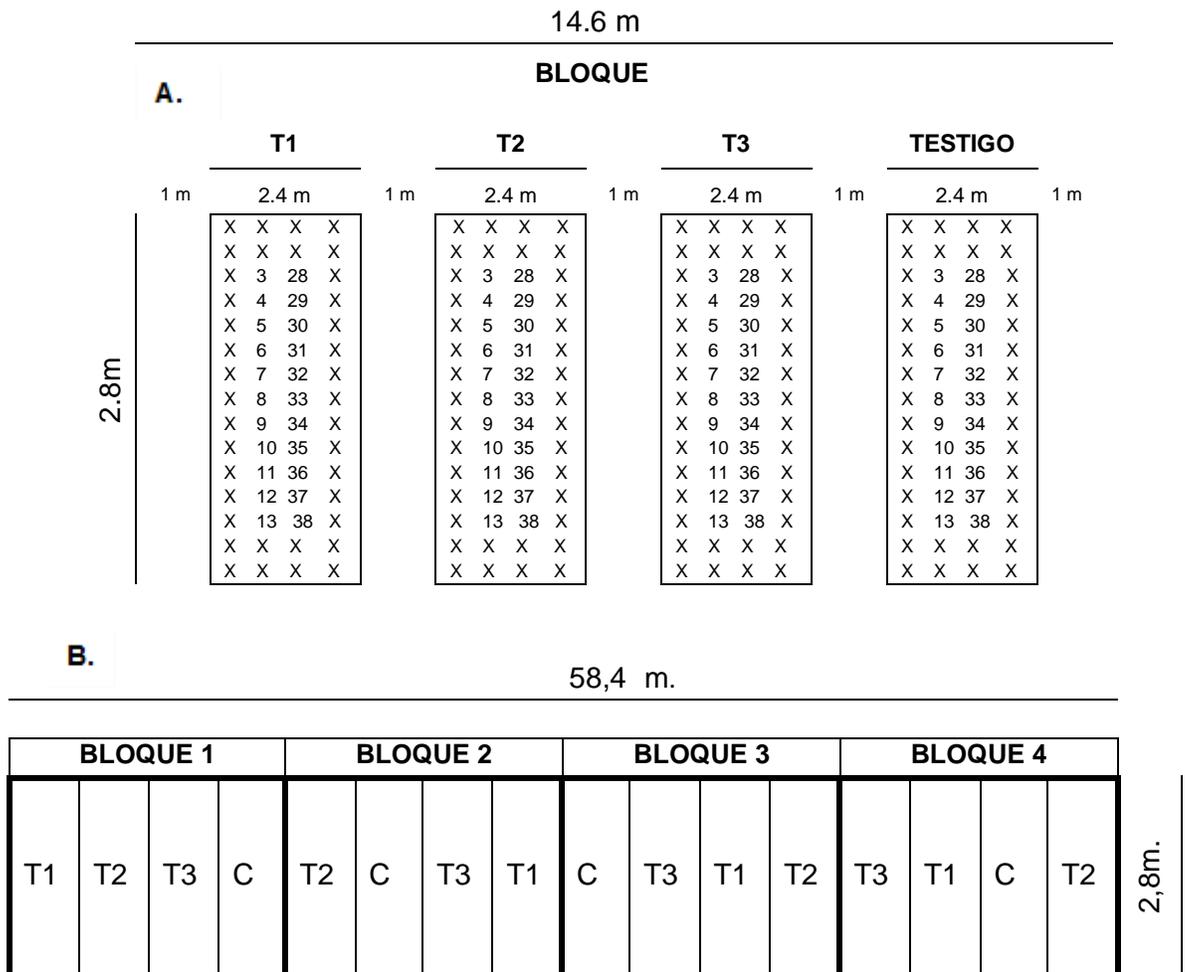


Figura 6. Diseño experimental de las parcelas distribuidas en el campo. **A.** Esquema de bloque con parcelas dispuestas por los respectivos tratamientos. **B.** Esquema del diseño general ordenado en cuatro bloques.

Cada unidad experimental la conformaron 4 surcos de 2,8 m longitud por línea, espaciados con una distancia entre puntos de 0,80 m y entre plantas de 0,20 m, obteniéndose una densidad equivalente de 2880 plantas por hectárea. Se consideró como parcela útil a los dos surcos centrales de 11 plantas cada uno, exceptuando dos surcos a ambos lados y dos hileras de plantas para evitar el error de borde. Se evaluaron al azar 8 plantas de los surcos centrales (enumeradas). Figura 7.

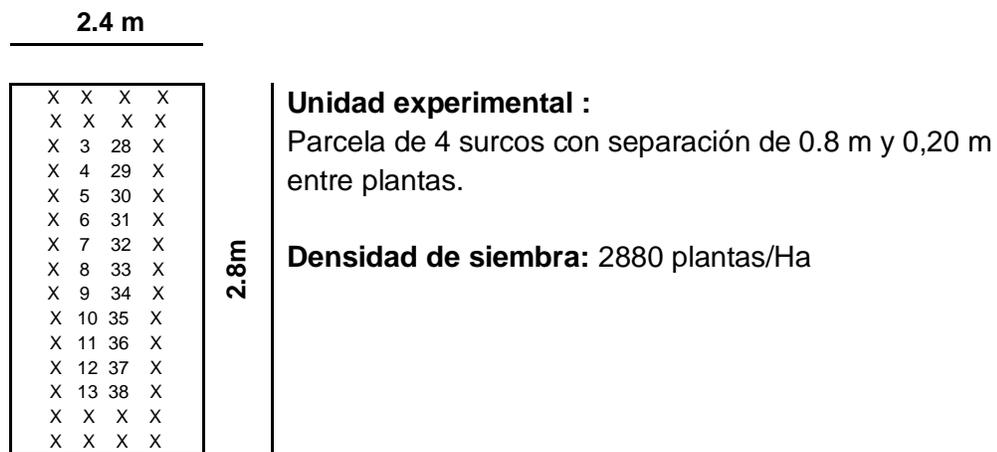


Figura 7. Número plantas de cada unidad experimental evaluada durante el período estudio en fase de campo.

La Tabla 6, denota los tratamientos de fertilización aplicados para evaluar las variables en fase de campo, con sus respectivas cantidades aplicadas por plantas y hectáreas totales

Tabla 6. Tratamientos de fertilización aplicados para evaluar el diseño experimental

Tratamiento	Tipo de Fertilización	Cantidad
T1	Testigo	0 g/ planta
T2	Fertilización química (Urea)*	20 g/ plantas (Equivalente a 58 kg ha ⁻¹)
T3	Lombricompost	50 g/ plantas (Equivalente a 144 kg ha ⁻¹)
T4	Fertilización química + Lombricompost	5 + 20 g/planta (Equivalente a (15+ 58) kg ha ⁻¹)

***La dosis del fertilizante químico fue establecida según el análisis de suelo, realizado por el Laboratorio de suelos de la Universidad de Córdoba.**

Para la evolución a nivel de campo de los tratamientos se manejó solo un factor que es el manejo de fertilización orgánica contrastada con la fertilización convencional como testigo.

Por recomendaciones agronómicas, la aplicación de las enmiendas y fertilizantes se realizó de manera manual, localizado en cada uno de los surcos de girasol.

3.5. CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN LA ÉPOCA DE CULTIVO DEL GIRASOL EN EL SINÚ MEDIO.

Para la caracterización de las variables climáticas, se obtuvieron los registros de temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar, vientos, en el periodo del cultivo de girasol para obtener ensilaje. Estos registros fueron proporcionados por la estación meteorológica la Victoria de Fedearroz en Mocarí, Montería.

3.6. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN EL ESTADO DE MADURACIÓN R6 DE PLANTAS DE GIRASOL (*H. annuus* L.) DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS PARA LA PREPARACIÓN DEL ENSILAJE.

Se escogieron 12 plantas en fase R6 (13 Semanas Después de Siembra (90 DDS)) seleccionadas al azar en los surcos centrales de cada parcela, (Surcos útiles) para evitar el efecto de borde, se evaluaron los siguientes caracteres, de acuerdo a lo planteado por IPGRI (1991).

3.6.1. Determinación del peso húmedo y peso seco de las estructuras morfológicas de plantas de girasol en R6 por el método gravimétrico (Método AOAC 934.01).

Para la determinación del peso húmedo de la planta, se pesaron individualmente los órganos morfológicos tallo hojas y capítulo con una balanza analítica de precisión de ± 0.1 g. Figura 8.



Figura 8. Montaje para la determinación de peso húmedo de tallo, hojas y capítulo, utilizando balanza analítica.

Posteriormente se empacaron con sus correspondientes etiquetas demarcando el tratamiento, bloque y el número específico de planta, procediendo a depositar en horno de secado por corriente de aire con una temperatura entre 100 y 105 °C hasta peso constante (48 horas). Se considera que la pérdida de peso es agua (Acero, 2007). Figura 9. Luego, se pesó el material deshidratado o seco en la balanza analítica.



Figura 9. Muestras de biomasa fresca de girasol empaquetadas y rotuladas por tratamientos, bloque y el número de planta, puesta a desecar en horno de secado.

3.7. ESTIMACION LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE DE GIRASOL (*H. annuus* L.), MEDIANTE MÉTODOS BROMATOLÓGICOS.

Se seleccionaron al azar 5 plantas de girasol de los surcos útiles de cada tratamiento en las 17 Semanas después de Siembra de tres híbridos de girasol (Verónica, Shaquira y Esbella). Luego se trocearon por separado en una picadora de forrajes VIKING 5.5, para reducir la longitud de las partículas a 2-5 cm. Este material se oreó para rebajar humedad. Se pesó de acuerdo con los tratamientos, y se homogenizó manualmente, antes de introducirlo en los silos, cuidando de no dejar burbujas de aire. Se realizó el montaje de los silos, preparando 36 muestras (3 por tratamiento). El material se introdujo en tubos de 6" de policloruro de vinilo (PVC) de 30 centímetros (cm) de longitud por 10 cm de diámetro, con una capacidad de almacenamiento de 3 kilos (kg). Los ensilados sellados se colocaron en un depósito a temperatura ambiente ($26 \pm 0,6$ °C), sin radiación solar directa. La apertura de los silos se hizo tras 15 meses de almacenamiento, el contenido de cada se homogenizó manualmente y se recogió una muestra de 500 g del respectivo tratamiento para el estudio de su composición química. Estas muestras se secaron en estufa de aire forzado a 60° C durante 48 h y posteriormente se trituraron a 1 mm en un molino de martillos Christy and Norris (Schneiter y Miller, 1981) con criba de 2 milímetros (mm). Figura 10 y Figura 11.



Figura 10. Procesamiento de muestras obtenidas a partir de base fresca de residuo de híbridos de girasol.

A. Bandeja con materia fresca de girasol mezclada con melaza.

B. Compactación del picado fresco en los silos de manera manual.

C. Silo con muestra sellado herméticamente con rotulado por tratamiento e híbrido y preparado para ser almacenado



Figura 11. Silos con muestras de ensilaje obtenidas a partir picado de biomasa fresca de híbridos de girasol por tratamientos.

Para determinar el porcentaje de humedad por tratamientos se aplicó la ecuación 1:

$$\% \text{ Humedad: } \frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \%$$

Donde:

P1: Peso de la muestra húmeda (g)

P2: Peso de muestra seca (g)

Se tomaron en total 12 muestras secas molidas de ensilaje para determinar la composición nutricional mediante análisis bromatológico, estas muestras se llevaron al laboratorio nutrición y alimentación animal de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia-Universidad de Córdoba, y se le realizaron los siguientes análisis mediante métodos de referencia por triplicado.

3.7.1. Ceniza cruda (%). Método gravimétrico (método AOAC N° 942.05).

Se tomaron crisoles colocándose a secar en el horno a 105 °C durante 15 minutos, para tomar su peso seco, después se pesaron 2.00 gramos de muestra en un crisol. Luego se calentó a 550°C la muestra durante 5 h hasta calcinar en calentador con espiral de calefacción. Por ultimo en un tiempo 15 min se dejó enfriar en desecador y se procedió a pesar. Figura 12. El contenido de cenizas se calculó mediante la ecuación 2.

$$\% \text{ Cenizas: } \frac{P_2 - P_0}{P_1} \times 100$$

Donde:

P: peso del crisol más muestra (g)

P₁: peso del crisol vacío (g)

P₂: peso del crisol más las cenizas (g)



Figura 12. Determinación del contenido de cenizas del ensilaje de girasol. **A.** Crisoles con muestras calcinadas a 550 ° C. **B.** Calculo del peso del crisol más las cenizas utilizando balanza analítica.

3.7.2. Contenido de humedad. Método gravimétrico (método AOAC 934.01).

Primero se tomaron capsulas de porcelana previamente secada en un horno a 105 °C durante 15 minutos y pesada desecaron las capsulas de porcelana en la estufa a 105°C durante 15 minutos, después se pesaron muestras de 2.00 g, por un período de 24 horas se colocó la capsula con la muestra en la estufa de aire forzado a 60° C hasta peso constante, por último, se dejaron en el desecador por 45 minutos y seguidamente se pesaron. Figura 13. El contenido de humedad se calculó mediante la ecuación 3.

$$\% \text{ Humedad: } \frac{P1 - (P2 - P0)}{P1} \times 100 \%$$

Donde:

P0: Peso de la capsula (g)

P1: Peso de la muestra húmeda (g)

P2: Peso de la capsula+ muestra seca (g)



Figura 13. Determinación del contenido de humedad del ensilaje de girasol. **A.** Capsulas de porcelana con muestras por tratamientos en estufa a 105°C. **B.** Calculo del peso de capsulas de porcelana más muestra seca utilizando balanza analítica.

3.7.3. Extracto etéreo (%). Método de Soxhlet (método AOAC (2019)).

Primero la muestra fue secada por un período de 24 horas a 60 °C en el horno desecador con flujo de aire, una vez seca se tomaron 2,00 gramos, envolviéndolos en papel filtro, anotando el peso del papel empleado. Procediéndose seguidamente a montar el sistema Soxhlet, previamente se atemperaron los balones de 250 ml del sistema a 105 °C durante 15 minutos y llevados a enfriar en desecador, una vez llevados los pasos anteriores la muestra es sometida al sistema empleando como solvente 120 mL de éter de petróleo al 75%, durante un período de 3 horas. A medida que se cumplió este tiempo los balones fueron secados en el horno a 105 °C por 15 minutos y puestos a enfriar en el desecador, para posteriormente registrar su peso con el residuo de grasas obtenidas. Figura 14. El contenido de grasas se calculó mediante la ecuación 4.

$$\% \text{ Extracto etéreo: } \frac{P1 - P0}{Pm} \times 100 \%$$

Dónde:

Pm: peso de muestra seca (g)

P1: peso del balón fondo plano + grasa (g)

P0: peso del balón fondo plano vacío (g)



Figura 14. Determinación del contenido de grasa bruta del ensilaje de girasol mediante el método de Soxhlet, se observan balones de fondo plano sobre calentador con material graso extraído de las muestras distribuidas por tratamientos.

3.7.4. Proteína bruta (%). Método macro Kjeldahl (Método AOAC 991.20).

Se tomaron 0,50 gramos de muestra, secadas previamente a 60 °C durante 24 horas, posteriormente fueron introducidas a un tubo de digestión Kjeldahl, adicionando 25 mL de H₂SO₄ (95 %) y después se adicionó una tableta de Kjeldahl como catalizador. Así mismo se colocaron los tubos en el digestor a 330 °C, hasta que se tornara una coloración verde esmeralda indicando la terminación del proceso.

Los tubos se dejaron en reposo durante 30 minutos, para iniciar el proceso de destilado del amoníaco, en un Erlenmeyer de 250 mL se adicionaron 100 mL de solución de H₃BO₃ al 2% y 4 gotas indicador mixto tashiro Simultáneamente se conectó el tubo de digestión al equipo de destilación para iniciar su proceso, en donde se empleó 120 mL de NaOH al 33% y 60 mL de agua destilada por cada muestra analizada, con un tiempo de destilación de 8 minutos. Una vez terminada la destilación se procedió a valorar el amoníaco obtenido mediante titulación con H₂SO₄ 0.1 N, hasta que el indicador de pH indicara el punto final o cambio de coloración en la muestra. Por otra parte, se realizó un ensayo en blanco para cada una de las muestras analizadas, en donde se tomó 25mL de ácido sulfúrico concentrado, una pastilla de Kjeldahl más una muestra sin contenido de proteína. Figura 15. El contenido de nitrógeno y proteínas se calcularon mediante la ecuación ecuación 5 y ecuación 6, respectivamente.

$$\% \text{ Nitrogeno: } \frac{\left(\frac{V_m - V_b}{1000}\right) \times N \times 14}{P_m} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Proteína: Nitrogeno (\%)} \times 6,25$$

Donde:

Pm: peso de la muestra (g)

Vm: volumen de H₂SO₄ consumido en la valoración (mL)

N: normalidad del H₂SO₄

Vb: volumen de H₂SO₄ consumido en la valoración de un blanco (mL)

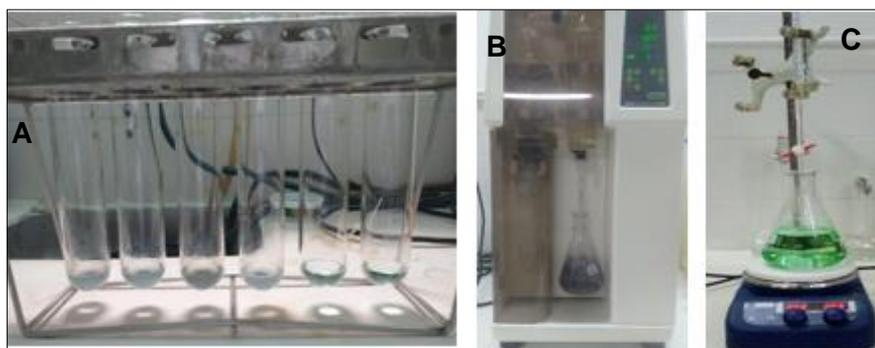


Figura 15. Determinación del contenido de proteína del ensilaje de girasol mediante el método Kjeldahl. **A.** Tubos con solución resultante del proceso de digestión con H₂SO₄ (95 %). **B.** Proceso de destilación de la solución resultante de la digestión de las muestras. **C.** Valoración mediante titulación con con H₂SO₄ 0.1 N, hasta que se presentó cambio de coloración violeta.

3.7.5. Fibra bruta (%) por método Van Soest (métodos AOAC 973.18 y AOAC 2019).

Se pesó 1,50 g de muestra de torta de girasol, previamente secada y desengrasada. Se realizó una digestión ácida utilizando como sistema de hidrolisis un Beaker de 250mL que contenían 100 mL de H₂SO₄ al 1,25 %, procediendo a hervir junto con la muestra durante 30 minutos. Se tomó un disco de papel filtro cuantitativo grado 50 previamente secado en un horno a 105 °C y se registró su peso. Después de la digestión, la muestra se sometió a filtración a través de un sistema de vacío, realizando un lavado a la muestra durante la filtración con agua caliente destilada (aproximadamente 300 mL), hasta que se llegue a un pH neutro, el cual se midió con cinta indicadora de pH.

Terminado el proceso de lavado y medición de pH, se raspó la muestra con ayuda de una espátula hasta dejar limpio el papel filtro, para posteriormente realizar la digestión básica con NaOH al 1,25 %. Luego de repetir los pasos anteriores, finalizado el lavado y filtrado, se lavó la muestra con alcohol etílico absoluto. Finalizado el proceso se llevó el papel filtro más la muestra al horno desecador a 60 °C durante 24 horas. Pasado el tiempo se tomó el

peso de un crisol más la muestra seca en el papel y se calcinó a 550 °C en Mufla durante 4 horas. Se registró el peso del crisol con las cenizas. Figura 16. El contenido de Fibra bruta de aplicando la ecuación 7.

$$\% \text{ Fibra bruta: } \frac{(P2 - P1) - P3}{Pm} \times 100 \%$$

Dónde:

P1: peso del crisol + fibra bruta seca

P2: Peso del crisol + papel filtro con la muestra seca (g).

P3: peso del crisol + cenizas (g)

Pm: peso de muestra (g)

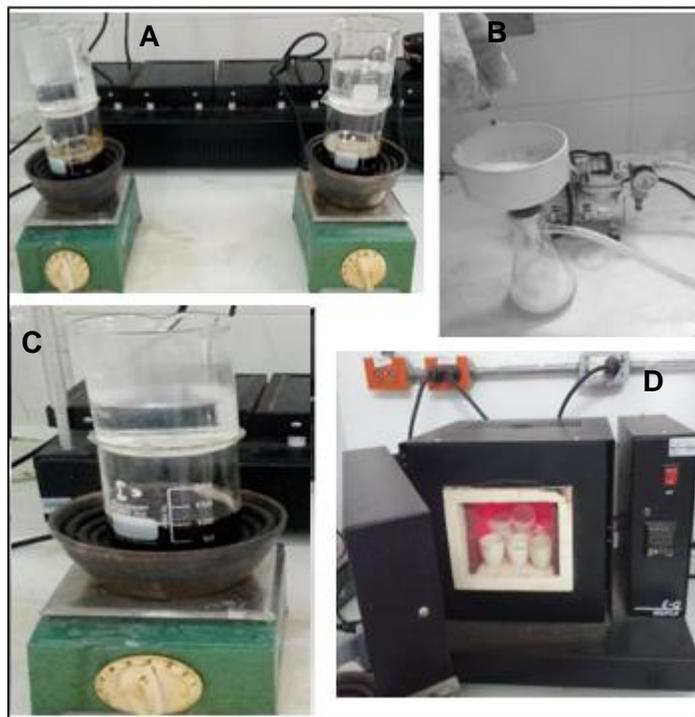


Figura 16. Determinación del contenido de fibra bruta del ensilaje de girasol mediante el método de Van Soest **A.** Proceso de digestión en sistema de hidrolisis compuesto Beaker de 250mL con solución de H₂SO₄ al 1,25 %. **B.** Lavado de la muestra con agua destilada mediante filtración al vacío. **C.** Proceso de digestión en sistema de hidrolisis compuesto Beaker de 250mL con solución de NaOH al 1,25 %. **D.** Mufla con crisol más muestra calcinada a 550 °C.

3.8. ESTIMACIÓN DEL GRADO DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO DEL ENSILAJE DE GIRASOL (*H. annuus* L.), MEDIANTE EL MÉTODO ENZIMÁTICO IN VITRO.

3.8.1 Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) mediante metodología descrita por Tilley y Terry (1963), modificado por Alexander y McGowan (1966).

El material vegetal consistió de 12 muestras de ensilaje de tres híbridos de girasol (Verónica, Shaquira y Esbella) fermentadas durante un período de 15 meses, para el análisis se tomaron submuestras de 150 g de cada uno de los tratamientos que se deshidrataron en una estufa de aire forzado a 72°C por 72 horas, posteriormente se molieron (criba de 1 mm) para homogenizar el tamaño de la partícula. Las pruebas fueron realizadas en el laboratorio nutrición y alimentación animal de la Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia- Universidad de Córdoba

Para realizar el estudio se pesaron 0,50 g de muestra por triplicado por tratamientos (4) y híbridos respectivas para un total de 36 repeticiones, se transfirieron a Erlenmeyer de 250 ml estériles enumerados, luego se adicionó 20 ml de solución 0,20% de HCl mezclado con 1 g/L de pepsina y se mezcló en vortex, después la muestra se incubó durante 24 h a 40°C en baño de maría con agitación, para proceder a filtrar el sobrenadante, el pH fue neutralizado con NaOH 1N (0,50 mL) y solución buffer (3.75 ml) y se adicionó 20 ml de solución celulasa (1,00 %), posteriormente la mezcla se incubó en baño de María con agitación durante 48 h a 40°C, se filtró el contenido en crisol secado y tarado previamente. Finalmente, la muestra se secar en estufa a 105°C por 12 horas, determinado así la digestibilidad verdadera de FDN.

Se calculó la DIVMS mediante la ecuación 8:

$$\% \text{DIVMS} = \frac{(\text{PR} - \text{PB}) - \text{P1}}{\text{P1}} \times 100 \%$$

Donde:

P1 = peso de la MS de la muestra (g)

PR = peso de la MS del residuo (g)

PB = peso de la MS del blanco (g)

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para realizar el análisis, se elaboró una base de datos en el programa de Microsoft Excel 2010, con estos datos agrupados se elaboraron gráficas. Para evaluar estadísticamente el diseño de Bloque al Azar de utilizo el paquete estadístico R 21 se consideró $p \leq 0,05$ como diferencia significativa, se aplicó la prueba de Tukey confirmándose la significancia entre las medias de los tratamientos.

4. RESULTADOS y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACION DE VARIABLES CLIMÁTICAS EN LA ÉPOCA DE CULTIVO DEL GIRASOL (*H. annuus* L.) EN EL SINÚ MEDIO.

Los efectos de las variables climáticas son muy importantes en la producción del cultivo de girasol, porque afectan en la velocidad de crecimiento en sus diferentes fases fenológicas, así como en el desarrollo del área foliar, tallos, flores y características químicas de aceite, etc. Por ello, es importante tener en cuenta las condiciones climáticas donde se llevó a cabo el cultivo, que son presentadas a continuación.

4.1.1. Precipitación.

En el departamento de Córdoba se presenta un único patrón de distribución de lluvias o precipitaciones de tipo unimodal-biestacional. El comportamiento de la precipitación para el municipio de Montería es condicionado por el tipo de ecosistema que en este se encuentra, bosque seco tropical que fluctúa para Colombia entre 789 mm y los 1800 mm según el IDEAM. La Figura 17 denota, que en la época de establecimiento del cultivo fue de bajas precipitaciones. La presencia de un déficit hídrico en la época de cultivo fue debido a que es un periodo de sequía, por tanto, se presentaron precipitaciones de manera aislada por debajo de los 1000 mm durante la segunda, tercera y quinta semana.

Para el período del cultivo de girasol la precipitación mínima es de 0 mm, lo que indica evidentemente que no se produjo ningún tipo de precipitación en determinados días de la semana; encontramos que en las semanas en el que se produjo la mayor precipitación corresponden a la segunda, tercera y quinta, de manera no significativa. Por lo anterior se hizo necesario realizar riegos por aspersión para mantener la condición de humedad para el desarrollo del cultivo.

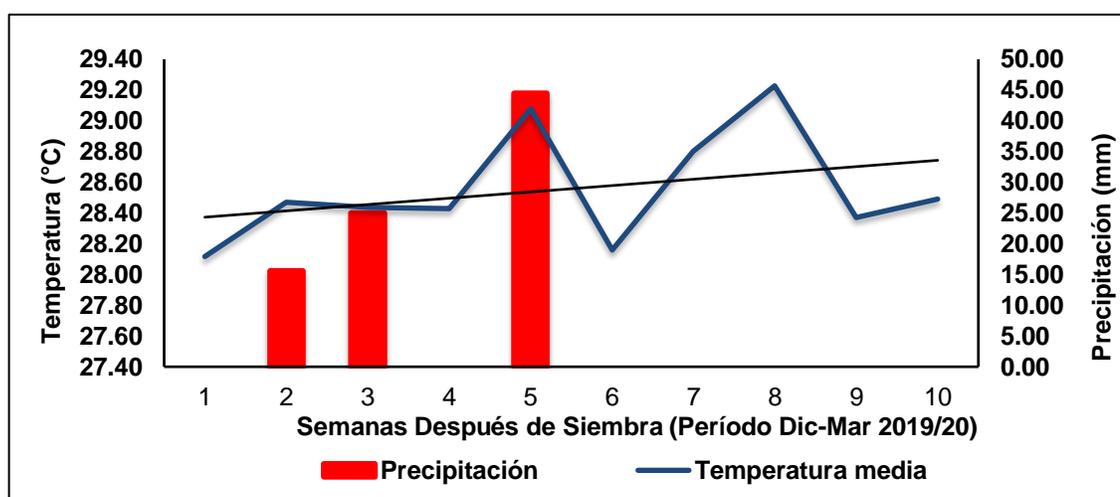


Figura 17. Temperatura y precipitación del periodo del cultivo de girasol (*H. annuus* L.) en el municipio de Montería.

También se puede observar, la variación Temperatura Media semanal (°C) en el periodo del cultivo, registrando al inicio del cultivo temperaturas promedio de 28,4°C, picos de 29°C o más en la quinta y octava semana, en correspondencia con las semanas de mayor sequía.

4.1.2. Humedad relativa.

El comportamiento de la humedad relativa fue variado mostrando en las primeras semanas porcentajes mayores del 80% en correspondencia con precipitaciones que ocurrieron, para finales del periodo de cosecha la humedad relativa disminuye consecuencia del periodo de sequía que se presentó, donde el nivel precipitaciones es bajo. Es sabido que la humedad tiende a disminuir por la estrecha relación con la precipitación que presenta el municipio de Montería. La temperatura media semanal se mantiene entre un 28 a 29°C, registrándose mayores temperaturas en la octava semana por encima de 29°C. Figura 18.

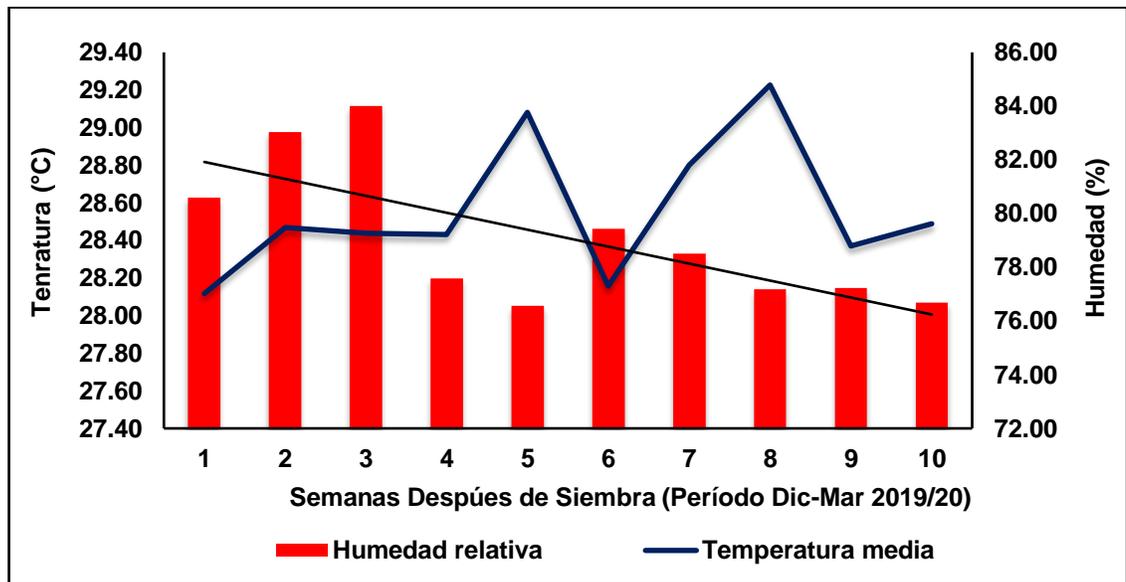


Figura 18. Humedad relativa y temperatura del periodo del cultivo de girasol (*H. annuus* L.) en el municipio de Montería.

En cuanto al porcentaje de humedad relacionado con la precipitación, se observó una correlación en el sentido que la humedad aumenta con las precipitaciones presentadas alcanzando el mayor promedio la semana 3 (84,00 %). Al final del periodo se observa precipitaciones cero y humedad desciende a sus mínimos hasta un valor de 76,69 %. Figura 19.

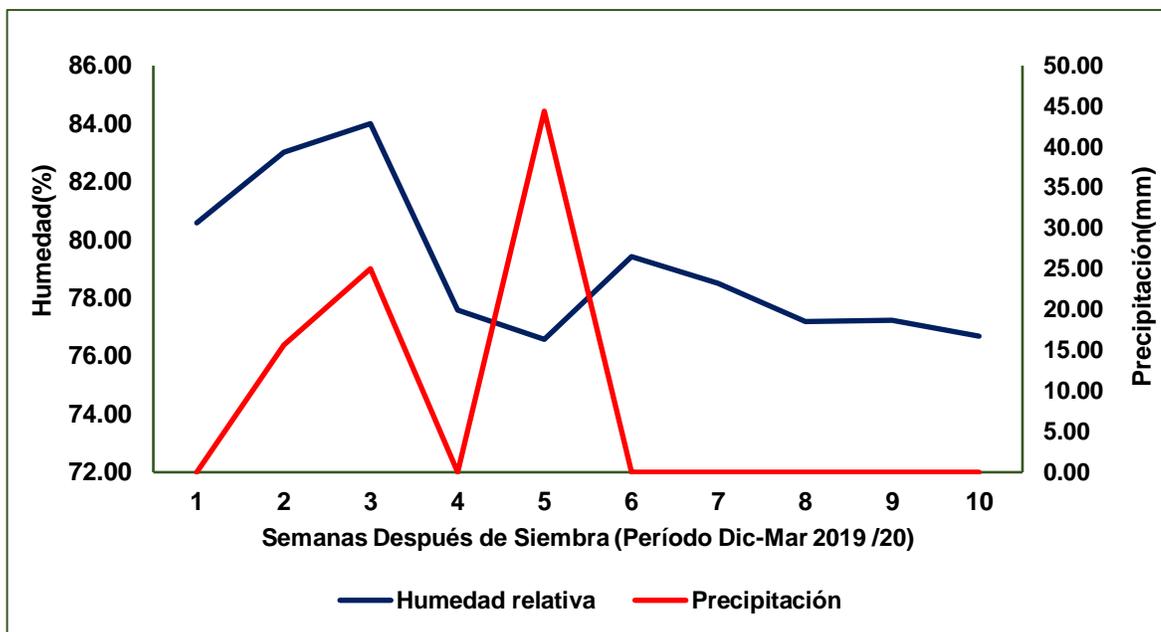


Figura 19. Humedad relativa y precipitación del periodo del cultivo de girasol (*H. annuus* L.) en el municipio de Montería.

4.1.3. Temperatura.

En relación con la variación de la temperatura durante el periodo de cultivo se observó un punto máximo en la 5 y 8 semana con valores de 29,64 y 29,74 °C, después se presentó un descenso hasta el valor de 28,96 °C en la semana 10. En el caso de la temperatura mínima, ésta tiene su promedio máximo (28,73 °C) en la semana 8 del cultivo y los registros más bajos en la sexta con 27, 65 °C. Figura 20.

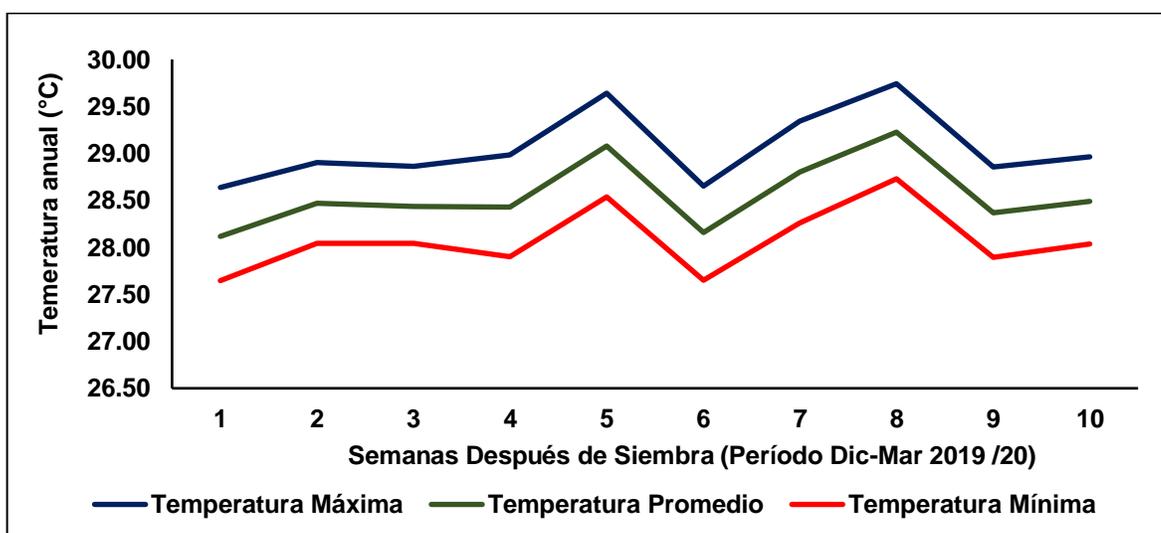


Figura 20. Temperatura del periodo del cultivo de girasol (*H. annuus* L.) en el municipio de Montería.

Los estudios sobre el efecto de la temperatura en el rendimiento de plantas de girasol muestran que esta influye de manera relevante en la concentración o el contenido de aceite. En los experimentos realizados en el campo se observó una correlación positiva entre la temperatura media y la concentración de aceite, mientras que en experimentos en condiciones controladas o semicontroladas, se ha reportado la respuesta opuesta. Anushree et al., (2017), sugirieron que los cambios en la proporción de aceite observados en experimentos con diferentes fechas de siembra podrían explicarse por las diferencias en la temperatura media durante el llenado del grano. Si bien este estudio aborda tres factores simultáneamente (fecha de siembra, genotipo y régimen hídrico) no tiene en cuenta las diferencias en la radiación solar interceptada por las plantas en diferentes experimentos a la hora de realizar el análisis, a pesar de las conocidas interacciones de ISR con los factores estudiados. El desacuerdo entre los informes evidencia un alto nivel de complejidad en el efecto de la temperatura sobre el rendimiento y la composición del grano de girasol (Basantes, 2010) y señala la necesidad de estudios más profundos para dilucidar esta cuestión.

4.1.4. Radiación solar.

La radiación solar expresada en Caloría/cm²/día muestra en el periodo del cultivo una variación entre 229 a 283, radiación propia de un periodo de poca nubosidad. Respecto de la radiación solar muestra una relación alta positiva con las temperaturas. Figura 21.

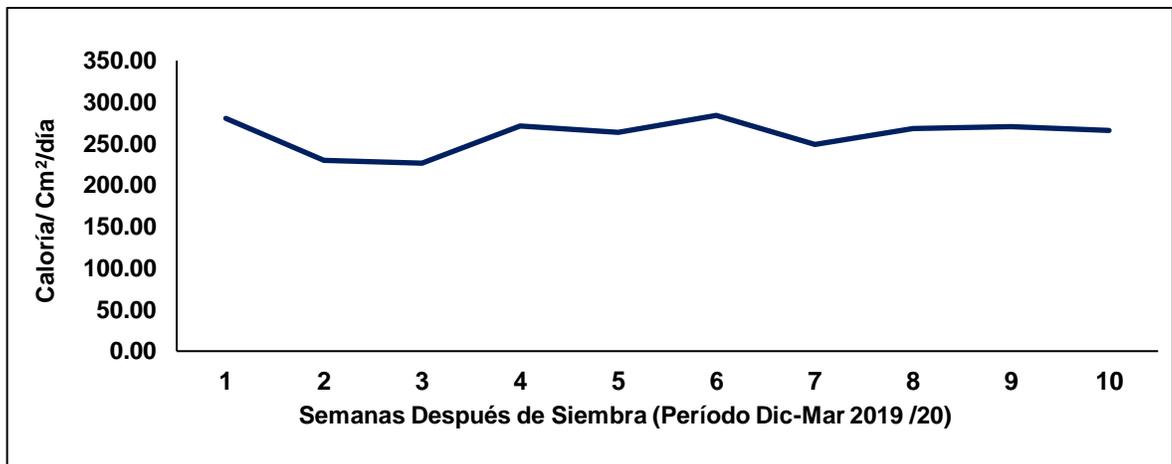


Figura 21. Radiación solar del periodo del cultivo de girasol (*H. annuus* L.) en el municipio de Montería

Earl & Davis (2003) concluyeron que el déficit de agua reduce el rendimiento mediante la disminución de la intercepción de la Radiación solar, debido a una menor área foliar ocasionada por la senescencia temprana. Las mayores disminuciones en el rendimiento se producen cuando el déficit hídrico ocurre alrededor de la floración del maíz o del girasol.

Para obtener altos rendimientos y altas tasas de crecimiento, un cultivo debe mantener una intercepción del 95% de la RS incidente durante este período. La eficiencia con que se convierte la RS interceptada en biomasa varía según el cultivo. Para el maíz, la eficiencia en el uso de la radiación (EUR) sería cercana a 4 g de materia seca por cada Megajoule (MJ) de RS fotosintéticamente activa interceptada. Esta eficiencia es alta en maíz, baja en soja e intermedia en girasol, debido a la composición de los granos (Vega, Andrade & Uhart, 2000).

Según estudio realizado por López-Rocha et al. (2018), el establecimiento de girasol en condiciones de temporal, presenta un aumento de la probabilidad de presencia con temperaturas promedio del cuatrimestre más seco que superaron los 33 °C y esta disminuyó con temperaturas por debajo de los 24 °C. Con respecto a la altitud, el rango óptimo para el establecimiento del cultivo varió entre 500 a 1500 msnm, con altitudes por encima de este rango, la probabilidad de desarrollo del cultivo es bajo.

Por último las temperaturas elevadas y grandes dosis de radiación adelantan la fecha de floración, lo que se nota en las siembras tardías.

4.2. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN EL ESTADO DE MADURACIÓN R6 DE PLANTAS DE GIRASOL (*H. annuus* L) DE LOS DIFERENTES HÍBRIDOS PARA LA PREPARACIÓN DEL ENSILAJE.

4.2.1. Peso húmedo de plantas de girasol (*H. annuus* L.) en fase R6.

De acuerdo con López (2013) es fundamental tener presente la condición nutricional del forraje ya que si, se cosecha plantas con peso húmedo inferior al 70%, la pérdida de hidratos de carbono por la emisión de efluentes puede ser importante con porcentajes de 2,5 y 8,6% en campo y de 16,1 y 8,5% para ensilados realizados en corte directo y presecado respectivamente, con lo que ascienden a 18,6 y 17,1% las pérdidas medias totales de estas dos formas de ensilado. Puesto que estas pérdidas representan la fracción más digestible del forraje, cuando las pérdidas de materia seca son elevadas, la reducción en el valor nutricional del ensilado suele ser considerable. Además de esto, es posible crear un ambiente totalmente anaeróbico, más apropiado para el desarrollo de Clostridium que a organismos aerofílicos como las bacterias lácticas y hongos (Collaguazo y Toapanta, 2012).

En cuanto la variable peso húmedo de plantas de girasol de los diferentes tratamientos, el análisis de varianza no mostró diferencia significativa ($P \geq 0,05$) entre los tratamientos fertilización química, fertilización lombricompost y fertilización combinada, aunque el tratamiento fertilización combinada obtuvo un mayor promedio (899,00 g). El menor

promedio de peso húmedo se obtuvo en el tratamiento Testigo (719,89 g) presentando diferencias significativas ($P \leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos. Figura 22.

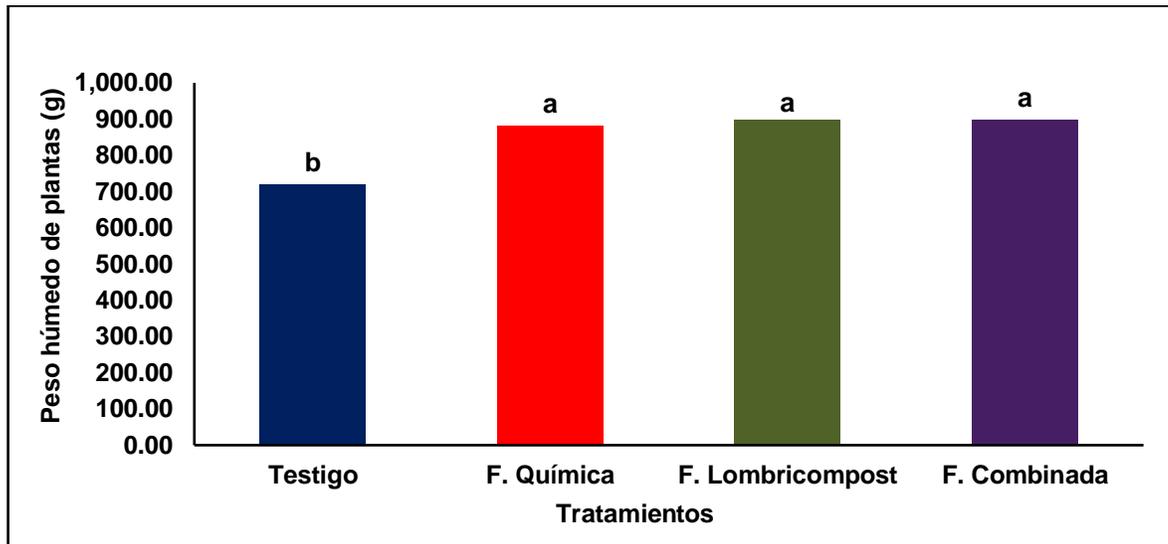


Figura 22. Peso húmedo de plantas por tratamientos del cultivo de girasol (*H. annuus* L.).

Los resultados indican que se obtuvo mejor comportamiento agronómico en las plantas del tratamiento fertilización combinada, ya que la aplicación de fertilizantes orgánicos favoreció la absorción de las sales minerales, permitiendo que produjeran mayor cantidad materia en forma de carbohidratos y proteínas, condición que favoreció la calidad nutricional del ensilaje, pues propicia un adecuado proceso de fermentación (Salazar,2014).

Los resultados obtenidos para la variable peso húmedo, difieren con los publicados por Helmy & Ramadán (2009) al evaluar el crecimiento, rendimiento del cultivo de girasol (*H. annuus* L.) bajo el efecto de tres productos con nitrógeno orgánico (NO) [estiércol de pollo (CM); mezcla de estiércol de corral (FYM) y residuos de palma (PR)] y de sulfato amónico (AS), en dosis (25, 50, 75 y 100%), reportando que existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Con mayores valores en los tratamientos CM 75% + AS 25% (2.250 g), CM 50% + AS 50% (2.248 g) y 100% CM (2050 g) en relación al tratamiento 100% AS (1500 g).

El porcentaje de humedad, permite determinar el punto de marchitez de las plantas en el campo con el fin de evitar extender el periodo de cosecha cuando el forraje está relativamente seco, pues esta práctica puede generar una inadecuada fermentación, debido a una compactación menos efectiva en el silo, como por disminución en el contenido de carbohidratos solubles, proteína y aumento en la desaminación de los aminoácidos (Irika, 2015).

4.2.2. Porcentaje de peso seco de plantas de girasol (*H. annuus* L.) en fase R6.

Los forrajes están constituidos por agua y materia seca, factores que constituyen el alimento para los animales. La materia seca contiene los distintos nutrientes de la planta tales como carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales (Elizondo-Salazar, 2017).

La evaluación nutritiva de los forrajes es relevante debido a la elevada variabilidad de su valor nutritivo y a la alta contribución al total de la materia seca de las raciones de ganado, en comparación con el concentrado (El-Goud, 2010).

Con respecto al análisis de varianza del promedio arrojado para la variable porcentaje de peso seco se observó que los tratamientos fertilización química, fertilización lombricompost y fertilización combinada, superaron significativamente ($P \leq 0.05$) al tratamiento testigo, siendo el tratamiento fertilización lombricompost el que presentó mayor promedio (27,06 %). Figura 23.

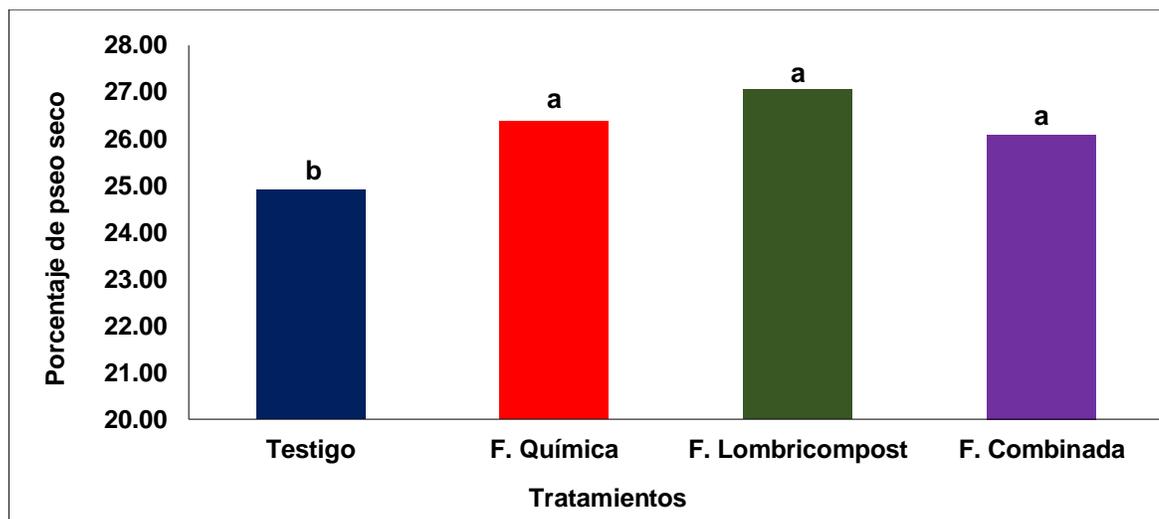


Figura 23. Peso seco de plantas por tratamientos del cultivo de girasol (*H. annuus* L.)

La calidad de fermentación desarrollada durante el almacenamiento en el silo, siendo sumamente variable depende de la ensilabilidad del forraje y del tratamiento post-cosecha, y afectando particularmente al valor nitrogenado y la ingestión voluntaria del ensilado (Macías, 2011)

El comportamiento del forraje para ensilado o su ensilabilidad, depende de la disponibilidad del sustrato para la fermentación láctica, es decir del contenido materia seca y azúcares insolubles. Estos factores están relacionados a su vez con el potencial del mismo para resistirse a cambios en el pH, llamado capacidad tampón. Por ello, para caracterizar el potencial de acidificación de un cultivo se utiliza la relación existente entre ambos parámetros (Peiretti & Meineri, 2010)

Los procesos de fermentación inadecuados, debidas al incremento de la sensibilidad de las bacterias del género *Clostridium* al cambio en la acidez, pueden controlarse prehenificando (incremento de materia seca) el forraje, ya que dichas bacterias necesitan condiciones de humedad para su crecimiento. El valor crítico de pH al que cesa el crecimiento de estos microorganismos no deseados, es mayor cuando el contenido en humedad disminuye. Si se preseca hasta un 30% de materia seca, la actividad microbiana está muy restringida. Sin embargo, cuando la materia seca es del 20%, existe crecimiento de clostridios incluso a un pH de 4, acelerándose este crecimiento con contenidos en materia seca inferiores al 15% (Rodríguez, 2020).

En conclusión se puede afirmar tanto que el contenido de materia seca parcial, como el valor total de los forrajes están relacionado con los indicadores de calidad en los ensilajes, como el porcentaje de fibra, digestibilidad, proteína, cantidad de carbohidratos solubles y energía metabolizable (energía contenida en los compuestos orgánicos), esto es debido a que, los valores analíticos de estas fracciones químicas deben ser corregidos por la humedad residual para expresarlos sobre la base de 100% de materia seca y así uniformar los contenidos a una unidad común (Hussain & Thomas, 2010)

El tratamiento lombricompost manifestó un promedio mayor en porcentaje de peso seco debido a que, las plantas mejores condiciones fisicoquímicas y biológicas, lo que conlleva a que tuvieran mayor disponibilidad de sales minerales y en consecuencia, un incremento en producción de masa seca, que favoreció el valor nutritivo del ensilaje como fuente de nutrientes para la actividad ganadera (Josphinós, 2016).

En este aspecto Irika (2015) determinó el efecto de tratamientos con fuentes de nitrógeno orgánicas [mezcla de estiércol de corral (FYM)- 2, 5 y 10 t] e inorgánicas (urea- 20, 40 y 60 kg N·ha⁻¹), sobre el crecimiento, rendimiento en el cultivo de girasol (*H. annuus*) en suelos altamente meteorizados de Morogoro. Publicando que el tratamiento 4 (10 t FYM· ha⁻¹) presentó mayor rendimiento promedio en materia seca (107.90 %), seguido de tratamiento 10 (60 kg N·ha⁻¹+ 10 t FYM·ha⁻¹) y tratamiento 9 (20 kg N·ha⁻¹ + 2 t FYM·ha⁻¹) con valores 66,00 y 50,00 % respectivamente, con menor valor para el tratamiento control (40,00 %).

4.2.3. Porcentaje de humedad de plantas de girasol (*H. annuus* L.) en R6 por tratamientos.

Los promedios obtenidos por tratamiento indican que se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre híbridos y la aplicación de fertilizante químico, lombricompost, Combinado y testigo No hubo diferencias significativas entre los tratamientos, testigo (Híbrido Verónica), fertilización química (Híbrido Esbella), lombricompost (Híbridos Esbella y Verónica) y fertilización combinada (Híbrido Verónica). Los mayores porcentajes de humedad se registraron en los tratamientos testigo (Verónica), fertilización química (Esbella) y fertilización combinada (verónica) con medias de 78,44; 75,14 y 75,07 % respectivamente. El tratamiento del híbrido Shaquira con fertilización química presenta diferencias significativas con respecto a los demás, en este sentido mostró menor porcentaje de humedad. Figura 24.

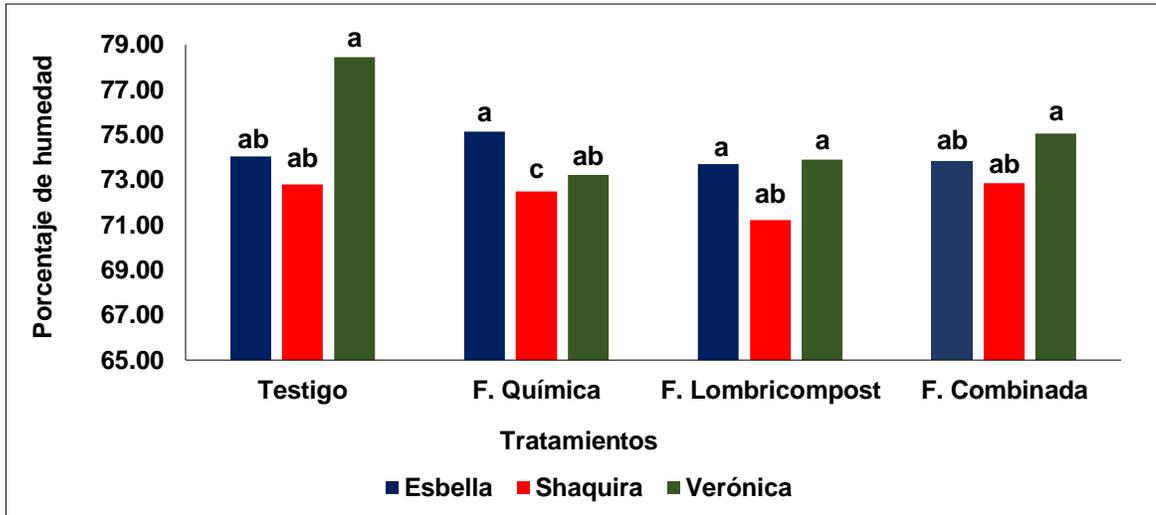


Figura 24. Porcentaje de humedad del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

Según García y Quevedo (2018) determinar el contenido de humedad del forraje fresco es un procedimiento comúnmente utilizado en la investigación de cultivos forrajeros, sobretodo en estimaciones de rendimiento, disponibilidad de materia seca y evaluación nutritiva del recurso forrajero en cuenta a contenido de fibra, digestibilidad, energía metabolizable, proteína, carbohidratos solubles. Por lo mismo, constituye una herramienta de suma importancia para establecer las cantidades de nutrientes requeridos por los animales, ya que, para la formulación de raciones, los cálculos deben hacerse en base a materia seca total (Cordero et al., 2010).

Los promedios obtenidos para la variable porcentaje humedad concuerdan con los publicados por Collaguazo y Toapanta (2012) al determinar el efecto en el crecimiento y desarrollo en el cultivo de girasol (*H. annuus* L.) variedad Sunbright a la aplicación de fertilización química (N-P₂O₅-K₂O) en tres niveles [A1, A2 y A3 (0,5; 1,0 y 1,5) gr/ planta] y dos dosis del Biol líquido (B1; 5 L/15 L. y B2; 10 L/10 L), registrando mayor promedio en el tratamiento T5 (A2xB1; 115.208 g), seguido de los tratamientos fertilización química (T1) y fertilización orgánica (T2) con 11.4514 y 11.4607 g correspondiente.

4.3. ESTIMACION LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ENSILAJE DE GIRASOL (*H. annuus* L.), MEDIANTE MÉTODOS BROMATOLÓGICOS.

4.3.1 Ceniza bruta.

Los resultados indican, que hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$), entre híbridos y la aplicación de fertilizante químico, lombricompost, Combinado y testigo; incidiendo en la concentración de cenizas; obteniendo mayores promedios en los tratamientos fertilización combinada (Híbrido Shaquira), testigo (Híbrido Esbella) y fertilización química (Híbrido Verónica) con valores de 13,31; 13,24 y 13,15 % respectivamente. Los anteriores promedios están comprendidos en el rango normal de contenido mineral, que se encuentra entre 10,40 -14,50 %, según lo reportado por FEDNA (2019), clasificados como ensilajes de buena calidad. El menor promedio se presentó en el tratamiento fertilización lombricompost con valor de 10,24 % para el híbrido Verónica. Figura 25.

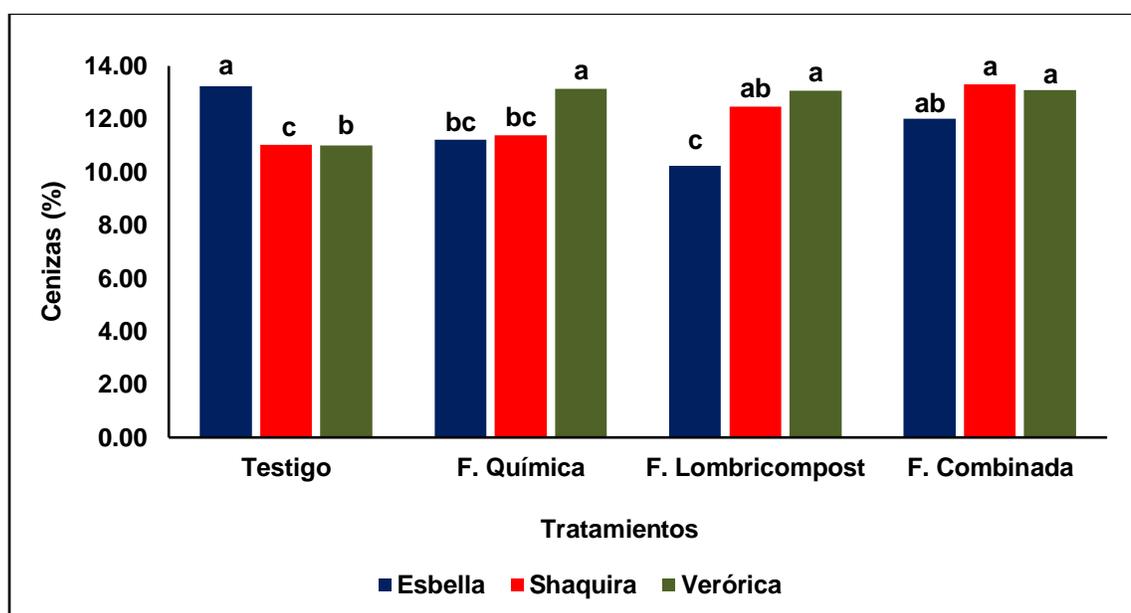


Figura 25. Ceniza bruta del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

El resultado obtenido por tratamientos en contenido de cenizas al final de estudio se debió posiblemente a la alta fertilidad natural del suelo, dado que la concentración de sales minerales permite satisfacer la demanda nutricional de las plantas sin fertilización (Taiz & Zeiger, 2010). En el cultivo, la aplicación de lombricompost combinada con fertilización con urea, aumenta la capacidad de absorción de nutrientes minerales del suelo como N, K, S, Ca, PO_4^- que incide, en una mayor producción de macromoléculas funcionales durante los procesos de fermentación como resultado de la acción de enzimas propias de la planta aun presentes y de los microorganismos que transforman a fracciones inorgánicas que hacen parte del material de ensilado (Abumere et al., 2019)

En relación a esto, Lacatusu et al. (2017), estimaron la influencia de la fertilización integrada con compost aplicados en dosis de (25, 50, 75 y 100 t·ha⁻¹) obtenidos de residuos orgánicos (estiércol de corral (FM), lodos de depuradora (SS) y alga marina (MA); en proporciones 25 y 50%), y comparado con fertilización química [(150 N₁₆P₁₆K₁₆ + 150 NH₄NO₃) Kg·ha⁻¹] sobre la composición mineral en platas de girasol (*H. annuus* L.). Indicando que los tratamientos con mayores medias fueron los tratamientos T14 compost (100 t·ha⁻¹) y T11 compost (75 t·ha⁻¹) con concentraciones de 9,80 y 9,23 % correspondiente. El menor para el tratamiento fertilización química (T1) de 8,78 %.

4.3.2 Contenido de Humedad.

Los promedios obtenidos por tratamiento indican que se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre híbridos y la aplicación de fertilizante químico, lombricompost, Combinado y testigo. Las mayores concentraciones de humedad se registraron en los tratamientos fertilización lombricompost (Híbrido Esbella) y fertilización combinada (Híbridos Verónica y Shaquira) con medias de 28,87; 18,32 y 18,25 % respectivamente, las cuales de acuerdo a FEDNA (2019) están por encima del rango normal (15-20%), clasificados como ensilajes de calidad media. Los menores promedios se presentaron para tratamientos fertilización química (Híbrido Esbella) y fertilización lombricompost (Híbrido Verónica) con valores de 7,05 y 9,05 %, respectivamente. Figura 26.

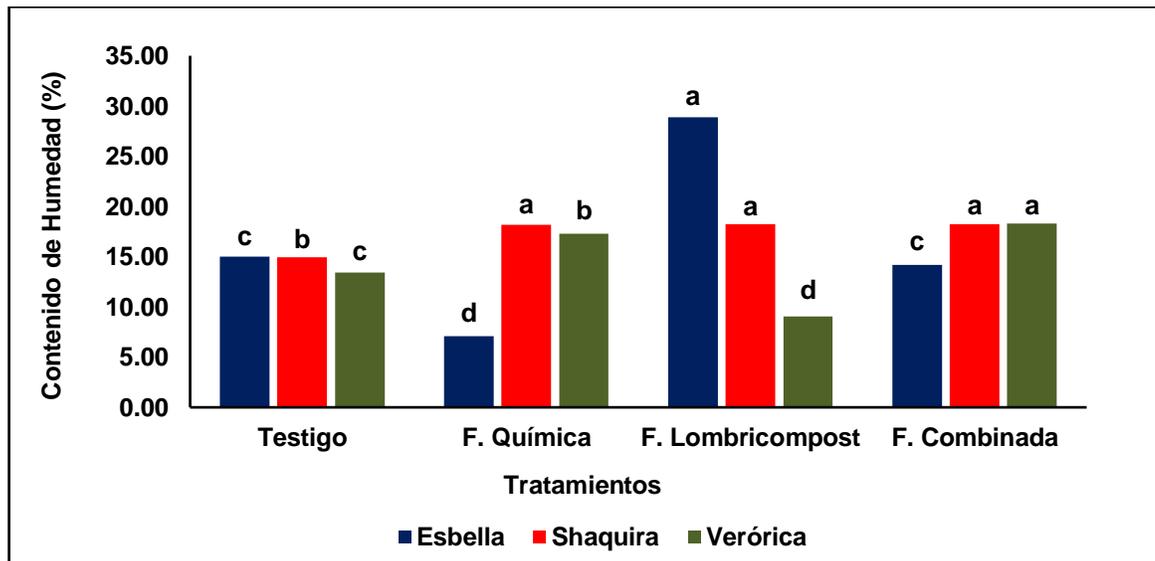


Figura 26. Contenido de humedad del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

La respuesta de las plantas del tratamiento fertilización lombricompost y fertilización combinada fue debido a que en el lombricompost se caracteriza por retener el agua del suelo, las plantas acumulan humedad y por tanto el forraje. (Cordero et al., 2010; Josphinos, 2016).

En este contexto, Khan, Sharma y Shukla (2016) estudiaron la respuesta en rendimiento biológico del girasol (*H. annuus* L.) a la adición de varias dosis de abono orgánico (Estiércol orgánico, mezcla de estiércol de corral (FYM)) y biofertilizante (0 y 247 kg ha⁻¹), en comparación con fertilizantes inorgánicos (Fosfato di-amónico, 148 kg·ha⁻¹). Observando mayor porcentaje de humedad con T2 [(FYM 4938 kg + estiércol orgánico + biofertilizante 247 kg + VAM 5 kg) ha⁻¹] de 14,52 %, seguido del tratamiento T1 [(estiércol orgánico + biofertilizante 247 kg + VAM 12 kg) ha⁻¹] con 11,65 % y el mínimo se registró en T6 (DAP; 7,27 %).

4.4.3. Contenido de proteína bruta.

El análisis de varianza señala que hubo diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los promedios obtenidos por híbridos y la aplicación de fertilizante químico, lombricompost, Combinado y testigo. Los resultados muestran que los mayores promedios se obtuvieron en los tratamientos fertilización lombricompost (Híbridos Shaquira y Verónica) y testigo (Híbrido Esbella) con medias de 17,89; 17,50 y 17,05 % respectivamente, cuyas proporciones están por encima del rango normal de nitrógeno proteico (8 - 15 %). Los menores promedios se mostraron para los tratamientos fertilización química (híbrido Shaquira) y fertilización combinada (Híbridos Verónica) con valores de 8,93 y 10,58 respectivamente %, que se están dentro del rango, según lo público por FEDNA (2019), en consecuencia son clasificados como ensilajes de calidad media a buena correspondientemente. Figura 27.

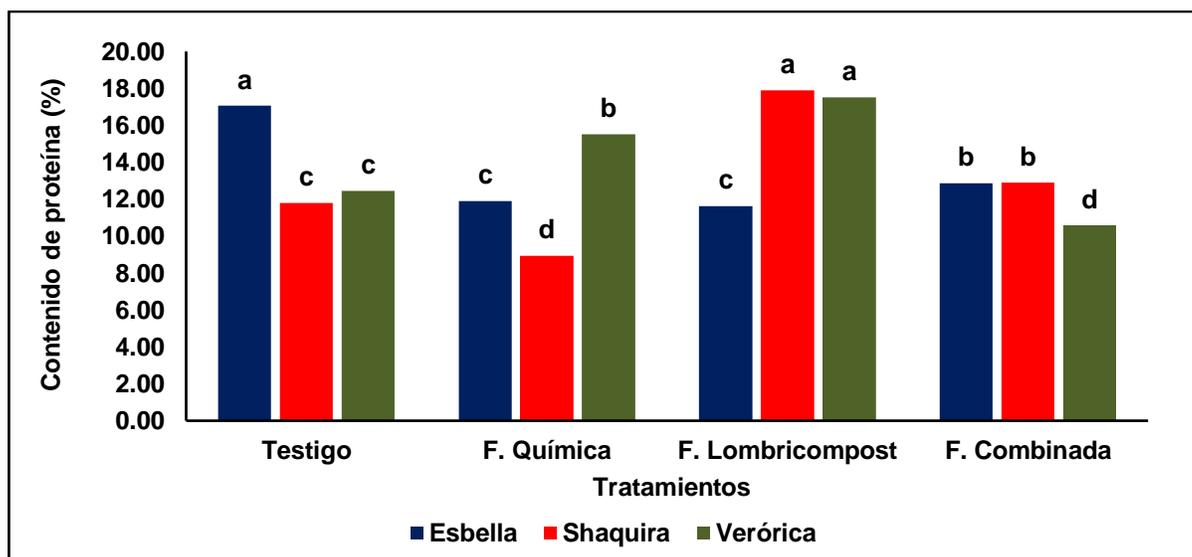


Figura 27. Contenido de proteína bruta del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

El porcentaje de proteína determinado para el tratamiento fertilización lombricompost es consecuencia de que plantas poseían una mayor capacidad para asimilar los nutrientes disueltos en el suelo, lo que favoreció el incremento de producción de proteína, (Salisbury y Ross, 2000; López, 2013; Josphinos, 2016), sin embargo durante el período de almacenamiento, la tasa de fermentación fue moderada debido a condiciones como pH que se encontraba en un rango de 4 a 4,2, exceso de humedad, por consiguiente las bacterias del Orden Enterobacterales presentaron menor actividad biológica, a que contenían un porcentaje medio de materia seca (25 %) pues es sabido que el aumento de la acidez del ensilaje está vinculado directamente con la MS del forraje verde, es decir a mayor porcentaje de MS se alcanza un pH menor para lograr la estabilización del material (Villa et al. (2010). Caso contrario se presentó en los ensilajes de los tratamientos fertilización química y fertilización combinada, poseían un ambiente favorable para la solubilidad de las proteínas con pH entre 4,5-6 que evito la presencia de bacterias indeseables como *Clostridium saccha-romises* (Moura et al, 2017).

En ese sentido, Alauddin (2020) analizó el efecto de fertilización integrados de NPK (0, 50, 100, 150% MEZCLA AGRIPAC), abonos orgánicos [estiércol de vaca (CD), vermicompost (VC), salvado de arroz (RB) (0,00; 2,50; 5,00 y 7,50 t·ha⁻¹) y residuos de granja avícola (PL) (0,00; 1,50; 3,00 y 4.50 t·ha⁻¹)] solo y combinado, sobre el contenido de nutrientes del girasol (*H. annuus* L.). Reportando que el tratamiento T12 (5t RB + 100% NPK) con 33,90 % presentó el mayor promedio de proteína, seguido del tratamiento T13 (3t PL ha⁻¹ + 150% NPK) con 31,80 % y el menor promedio con el tratamiento T0 (24,10%).

4.3.4. Extracto etéreo.

Con relación al análisis de varianza se encontró diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre híbridos y la aplicación de fertilizante químico, lombricompost, Combinado y testigo. Observando que los tratamientos con mayor promedio fueron fertilización lombricompost (Híbrido Esbella), fertilización química (Híbridos Shaquira) y fertilización combinada (Híbrido Verónica) con valores de 13,25; 9,73 y 7,47 % respectivamente. Cuyos promedios están comprendidos en el rango normal de contenido de grasas (6.80-13.27%), según lo reportado por FEDNA (2019), clasificados como ensilajes de calidad buena. El menor promedio se obtuvo en el tratamiento testigo con valor de 3,35 % para el híbrido Verónica. Figura 28.

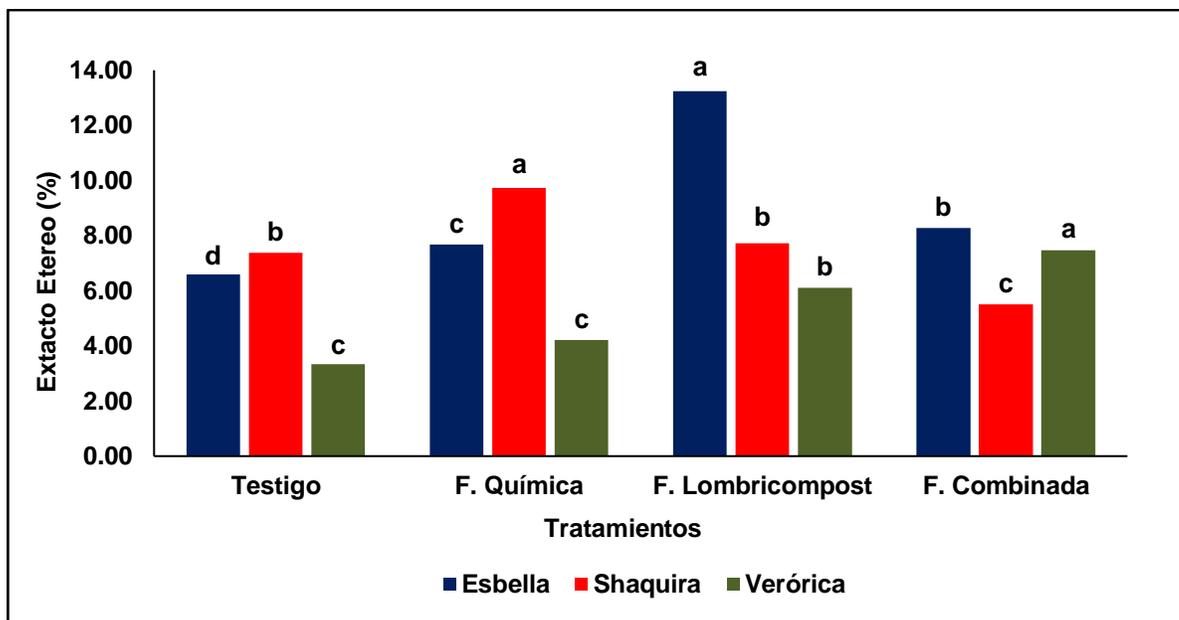


Figura 28. Extracto etéreo del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

La respuesta de las plantas en producción de aceites insaturados bajo la aplicación de lombricompost se debió a que este mejoró el rendimiento de las planta, ya que un presentaron mayor disponibilidad de nutrientes, dándose un aumento producción de carbohidratos, que en la fase aeróbica en el período de fermentación fueron metabolizados hasta formar triacilglicéridos (Curtis, Barnes, 2004), además en la siguientes etapas la falta de oxígeno y la acumulación de ácido láctico en el ensilado resulta en un bajo pH (4,5) que inhibe el metabolismo microbiano y conserva la concentración estos compuestos (Weinberg, et al., 2011; Patra et al., 2013; Rojas-bourrillon et al., 2017).

Por otra parte el comportamiento en contenido de lípidos saponificables e insaponificables en el tratamiento fertilización química se debió a que, el nitrógeno contenido en la urea aumento la producción de carbohidratos y proteínas que durante el proceso de fermentación fueron utilizados como fuente de energía para sintetizar ácidos grasos en mayor proporción que los tratamientos testigo y fertilización combina (Morrison y Boyd, 1990; Díaz-Zorita, Duarte y Plante, 2003; Hussain & Thomas, 2010)

En lo referente al contenido de grasa bruta los resultados coinciden con los obtenidos por Shoghi-Kalkhoran et al. (2013) quienes determinaron la influencia en el valor nutricional y rendimiento del girasol (*H. annuus* L.) de la fertilización con compuestos orgánicos [estiércol de corral (FM),] y químicos (urea), en dosis (25, 50, 75 y 100%). Publicando resultados mayores con tratamientos F5 (100% urea), F1 (100% (FM)) y F2 (75% FM + 25% urea) con promedios 50,88; 50,76 y 50,66% correlativamente.

4.3.5. Contenido de Fibra bruta. De acuerdo al análisis de varianza se obtuvo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los promedios obtenidos por híbridos y la aplicación de fertilizante químicos, lombricompost, Combinado y testigo. Los resultados muestran que los mayores porcentajes se encontraron en los tratamientos fertilización lombricompost (Híbridos Shaquira), testigo (Híbridos Esbella y Shaquira) con promedios de 62,43; 55,66, 53,92 % respectivamente, los cuales están comprendidos en el rango normal de contenido de carbohidratos insolubles (35-62%), según lo reportado por FEDNA (2019), clasificados como ensilajes de calidad buena. Los menores promedios se encontraron en los tratamientos fertilización lombricompost y fertilización química para el híbrido Esbella con valores de 9,01 y 14,79 % respectivamente. Figura 29.

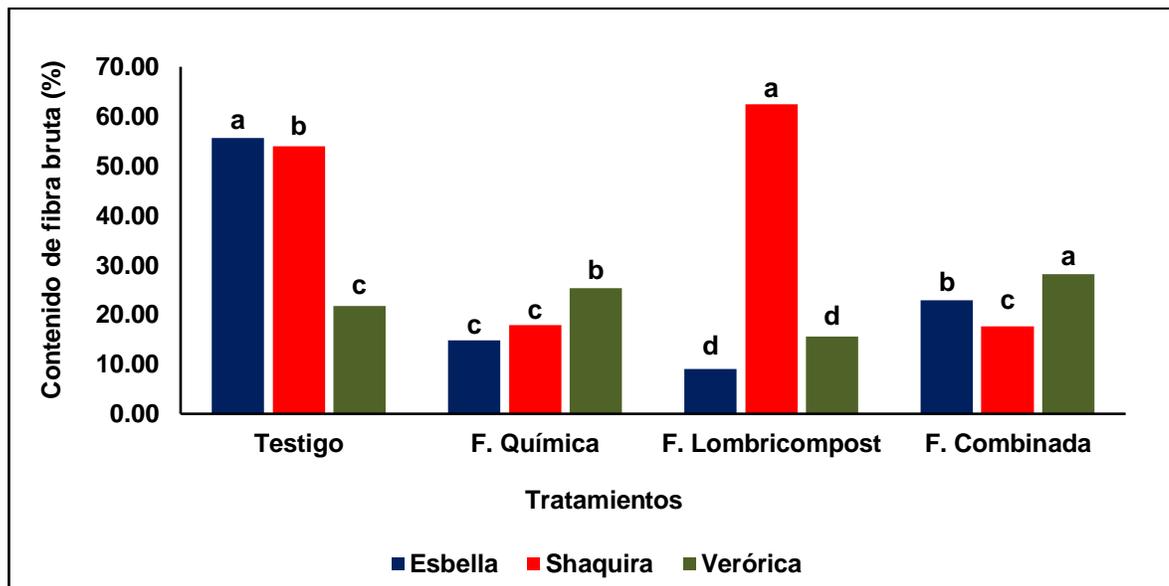


Figura 29. Contenido de fibra bruta del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

La proporción de glúcidos fibrilares para el tratamiento fertilización lombricompost en plantas del híbrido Shaquira a causa de que tiene propiedades fisicoquímicas que proporcionan mejor capacidad a las plantas para producir carbohidratos que durante la fase de fermentación del ensilaje representó una fuente de energía y material constituyente para la formación de polisacáridos estructurales como celulosa, hemicelulosa (Mathews, Van Holde, Ahern, 2002), mientras que los promedios de los tratamientos fertilización lombricompost y fertilización química en cuanto al efecto en plantas del híbrido Esbella se debieron a que durante la maduración de la planta, el aporte del grano en relación al resto de la planta en el ensilaje es mayor que en estadios tempranos y por lo tanto, causa una reducción relativa de las fibras en el ensilaje, ya que se presenta un ascenso en elaboración de almidón como fuente de energía para fabricar aceites esencial que se acumulan en las semillas en esta etapa (Rodríguez, 2020).

Abumere et al. (2019) estudió la influencia diferentes tasas de estiércol de pollo (5, 10,15 y 20 t·ha⁻¹) y NPK 15-15-15 (30 ,60 y 90 kg·N·ha⁻¹) calidad nutricional de girasol (*H. annuus* L.) aprovechado para forraje en suelos ferruginosos obteniendo los mayores promedios de fibra con los tratamientos T4 (estiércol de pollo 15 t·ha⁻¹), T8 (NPK 90 kg·N·ha⁻¹) y T1 con valores de 18,42; 17,47 y 17,40 %.

4.4. ESTIMACIÓN DEL GRADO DE DIGESTIBILIDAD IN VITRO DEL ENSILAJE DE GIRASOL (*H. annuus* L.) MEDIANTE MÉTODO ENZIMATICO IN VITRO.

4.4.1. Digestibilidad de materia seca. Con relación al análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos evaluados. Observando que los tratamientos con mayor promedio fueron fertilización lombricompost (Híbrido Esbella) y fertilización combinada (Híbrido Shaquira) con valores de 60,02 y 57,51% respectivamente. Los menores promedios se obtuvieron en el tratamiento testigo y fertilización lombricompost con valor de 29,01 y 20,64 % para los híbridos Esbella y Shaquira. Figura 30.

Los promedios de digestibilidad de materia seca para los tratamientos fertilización lombricompost y fertilización combinada se debieron a que poseen estas poseen mayor con contenido de proteína y menor cantidad fibra neutra pues la proporción de materia digerible depende de en gran parte, al grado de maduración de la planta. Aunado a esto la concentración de lignina, que es la parte no digerible de la fibra y que impide también la buena digestión de todos los nutrientes, aumenta con en relación con etapa de maduración de las plantas (Rojas-bourrillon et al., 2017).

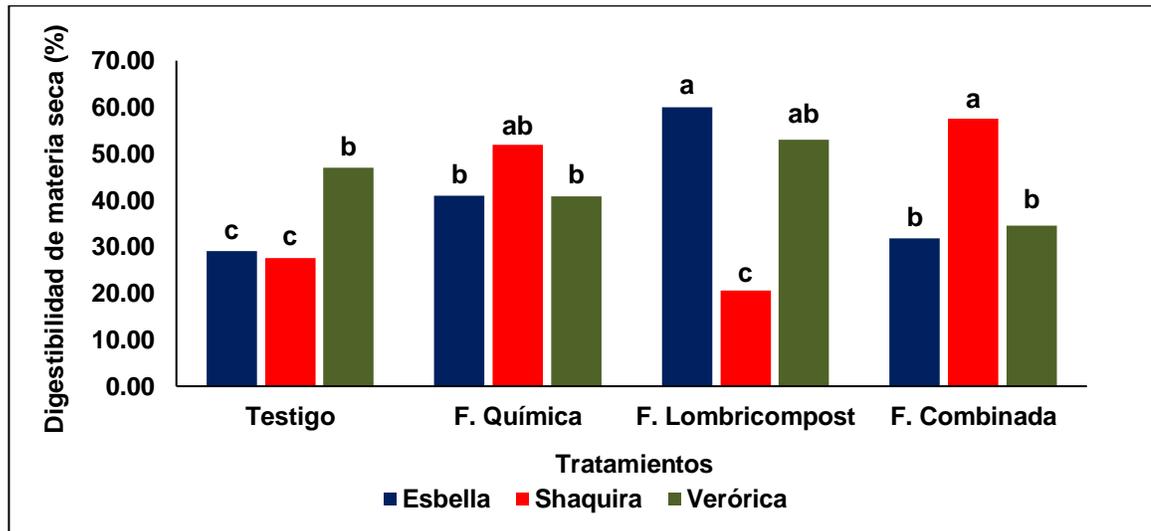


Figura 30. Digestibilidad de materia seca del ensilaje de girasol (*H. annuus* L.) por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

Por otra parte, Amador, Rodríguez y Arroyo (2010) indican la influencia significativa en algunos componentes bromatológicos y de digestibilidad de los ensilajes de girasol respecto al estado de desarrollo de la planta. Observaron pocas alteraciones en los tenores de proteína bruta de los ensilajes con el avance del estado de desarrollo de las plantas, pero notaron un aumento en el contenido de fibra y una reducción de la digestibilidad de la materia seca en los ensilajes de girasol producidos con plantas en estado avanzado de desarrollo.

De acuerdo con Guney, Tan & Yolcu (2012), determinar el punto ideal de cosecha del girasol para el ensilaje es fundamental para la producción de voluminoso con mejor valor nutritivo. Por ese motivo, se ha recomendado que la cosecha del girasol no se realice tardíamente. Cuando es ensilado tardíamente, se producen ensilajes con altas proporciones de componentes de la pared celular y bajos coeficientes de digestibilidad.

En la actualidad es sabido que no existe homogeneidad de criterios para la recomendación de la época de corte para ensilaje del girasol, como se demuestra a través de estudios realizados por El-Goud (2010) reportando que es posible procesar el forraje del girasol para ensilado cuando la mitad o los dos tercios de las plantas estuviesen en floración, mientras Mafakher et al. (2010), indicaron que se puede producir ensilaje durante toda la etapa de floración. Sin embargo, Moura et al. (2017), considera que el girasol puede ser ensilado al final de esta etapa. Por último Sainz-Ramírez et al. (2021), recomiendan realizar la cosecha con la planta presentando 100% de los granos maduros, brácteas amarillas a castañas y hojas marchitas o secas. Estudios que evalúen diferentes épocas de ensilaje (incluyendo estadios más avanzados de maduración) serán importantes, porque serán capaces de establecer el momento en que el cultivo presentará una óptima relación entre producción de materia seca y valor nutritivo.

CONCLUSIONES.

De acuerdo a las condiciones agroclimáticas del Sinú y a los resultados presentados en la investigación, potencialmente es factible realizar cultivos de girasol en la región para producción de forraje y de ensilaje, por tanto, es valida la iniciativa de implementar y desarrollar este cultivo como una alternativa potencial de agroindustria en la región.

Las plantas en campo abonadas con lombricompost, presentaron mayor producción en materia húmeda y seca, por lo tanto, se puede afirmar que confiere efecto benéfico a nivel de capacidad para obtener nutrientes fundamentales y protección fitosanitaria, lo cual se vio reflejado en el rendimiento en biomasa de las estructuras de planta completa.

El análisis proximal del ensilaje de los diferentes tratamientos, indicó que en términos generales estos presentaron resultados de calidad en los parámetros químicos de cenizas, proteínas, extracto etéreo, fibra bruta y digestibilidad *in vitro*; sobre todo en el tratamiento fertilización lombricompost para el híbrido Shaqira, en consecuencia, estas características convierten, a este producto en una fuente opcional para la preservación de forrajes, utilizando el ensilaje de girasol como estrategia para solventar las épocas de sequía en la ganadería de la región del departamento de Córdoba.

RECOMENDACIONES.

Se deben hacer estudios en condiciones ambientales controladas que permitan tener certeza de las variables evaluadas, que permitan controlar los factores externos.

Implementar diferentes tipos de dosificación de fertilización orgánica, para establecer los posibles efectos de la fertilización sobre el cultivo en diferentes épocas de siembra.

Hacer estudios sobre la fracción mineral del ensilaje de girasol mediante espectroscopia de absorción atómica, con el fin de obtener información sobre sus componentes minoritarios con efectos nutricionales.

Un análisis cromatográfico de aminoácidos para determinar el valor biológico y nutricional de las proteínas presentes en las muestras de ensilaje.

BIBLIOGRAFÍA

Abumere, V. I., Dada, O. A., Adebayo, A. G., Kutu, F. R., & Togun. A. O. (2019). Different Rates of Chicken Manure and NPK 15-15-15 Enhanced Performance of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) on Ferruginous Soil. *Hindawi International Journal of Agronomy*, 23 (3), 1-10.

Agbede, T.M., Adekiya, A.O. & Eifediyi, E.K. (2017). Impact of poultry manure and NPK fertilizer on soil physical properties and growth and yield of carrot. *Journal of Horticultural Research*, 25(1), 81-88.

Akbari, P., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, A.M. & M.A. Alikhani. (2011). The effect of biofertilizers, nitrogen fertilizer and farmyard manure on grain yield and seed quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural Technology*, 7(1), 173-184.

Alauddin, M. (2020). Integrated effects of NPK fertilizers and organic manures on the growth, yield and nutrient content of sunflower (*Helianthus annuus* L.). (Tesis doctoral). Universidad de Daca. Bangladés.

Alguacil, M., Caravaca F, Roldan A. (2005). Changes in rhizosphere microbial activity mediated by native or allochthonous AM fungi in the reforestation of a Mediterranean degraded site. *Biology and fertility of soils*, 41 (2), 59-68.

Altamirano, C. (2009). Establecimiento y evaluación de diez especies hortícolas en huertos familiares en dos comunidades de la parroquia licto. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Riobamba, EC. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Amador, M., Rodríguez, J. y Arroyo, A. (2010). Dinámica del rendimiento y digestibilidad del *king grass* en tres frecuencias de corte. *Tierra tropical*, 6 (1), 63-69.

Antil, R.S, Janssen, B.H. y Lantinga, E.A. (2009). Laboratory and greenhouse assessment of plant availability of organic N in animal manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 85 (2), 95-106.

Anushree, S., André, M., Guillaume, D., y Frédéric, F. (2017). Stearic sunflower oil as a sustainable and healthy alternative to palm oil. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(3), 18-29.

AOAC. (Ed). (1990). Official Methods of Analysis. Washington, DC., USA: Association of Official Analytical Chemists International.

AOAC. (2019). Official Methods of Analysis. Gaithersburg, USA: Association of Official Analytical Chemists International.

Araiza-Rosales, E.E., Delgado-Licón, E., Carrete-Carreón, F.O., Medrano-Roldán, H., Solís-Soto, A., Rosales-Serna, R. y Haubi-Segura, C.U. (2015). Calidad fermentativa y nutricional de ensilados de maíz complementados con manzana y melaza. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(6), 255-267.

Aragadvay-Yungán, R.G., Rayas-Amor, A.A., Heredia-Nava, D., Estrada-Flores, J.G., Martínez-Castañeda, F.E. & Arriaga-Jordán, C.M. (2015). In vitro evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) silage alone or combined with maize silage, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6 (2), 315-327.

Azcona, J.O., Schang, M.J. & Cortamira, O. (2003). Pellets de girasol (*Helianthus annuus* L.) baja fibra: caracterización químico-biológica. Cuadernillo Informativo N° 4. Usos Alternativos del girasol en alimentación animal. ASAGIR.

Azcón, B., Joaquín y Talón, M. (Ed). (2008). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid, España: Editorial MCGRAW HILL- Interamericana.

Barrera, J., Combatt, E. & Ramírez, Y. (2011). Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón (*Musa AAB*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 5 (2), 186-194.

Barrientos, H. (2014). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. (Tesis de maestría). Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

Basantes, E. (Ed). (2010). Producción y fisiología de cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo. Quito, Ecuador: Editorial la Unión.

Bautista-Zamora, D., Chavarro-Rodríguez, C., Cáceres-Zambrano, J y Buitrago-Mora, S. (2017). Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* cv. ICA cerinza. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 11 (1), 122-132.

Buriro, M., Meher, U.I., Rais, N. & Kashani, S.U.D. (2015). Impact of organic and inorganic manures on sunflower yield and yield components. *Science International*, 27(4), 3267-3270.

Carlos, R. (2012). Fertilización orgánica Vs mineral en el rendimiento y contenido de capsaicina en chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P. (Tesis de Maestría). Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco. México.

Collaguazo, Y. y Toapanta, F. (2012). Evaluación agronómica del cultivo de girasol ornamental (*Helianthus annuus* L.) variedad sunbright a la fertilización combinada química y orgánica en la parroquia checa, provincia de pichincha. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Bolívar. Ecuador.

Cordero, Y., Cruz, E. y Almaguel, R. (2010). Efecto de dos abonos orgánicos en el crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) variedad Caburé-15. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 17(2), 321-325.

Cruz, E., Sandoval, M., Volke, V., Can, A. y Sánchez, J. (2012). Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista cana de Ciencias Agrícolas*, 3 (7), 1361 – 1373.

Curtis, E y Barnes, N. (Ed). (2004). *Biología*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.

Demirel, M., Bolat, D., Celik, S., Bakici Y. & Ahmet, T. (2006). Evaluation of fermentation qualities and digestibilities of silages made from sorghum and sunflower alone and the mixtures of sorghum-sunflower. *Journal of Biological Sciences*, 6 (5), 926-930.

Díaz-Zorita, M., Duarte, G.A. y Plante, E. (2003). Nutrición mineral y fertilización. En: M. Díaz-Zorita & G.A. Duarte (Ed.). *Manual práctico para el cultivo de girasol*. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur.

Duarte, G. (Ed). (2004). *El cultivo de girasol en siembra directa*. Buenos Aires-Argentina: Monsanto.

Earl, H.J. & Davis, R.F. (2003). Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*, 95(3), 688-696.

El-Goud, A. (ED). (2010). Effect of endomycorrhizal fungi and compost on the yield and quality of maize and sunflower plants in poor nutrients soil. Kassel, Alemania: University of Kassel.

Elizondo-Salazar, J. A. (2017). Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. *Agron. Mesoam*, 28 (2), 329-340.

Escalante, L.E., Escalante, Y.I. & Linzaga, C. (2008). La fertilización nitrogenada en el rendimiento del girasol en México. *Revista Agronomía Costarricense*, 31(2), 95-100.

Espinoza, I., Montenegro, L., Rivas, J., Romero, M., García, y Martínez, A. (2017). Características microbianas, estabilidad aeróbica y cinética de degradación ruminal del ensilado de pasto saboya (*Megathyrsus maximus*) con nivel crecientes de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*), *Revista Científica FVC-LUZ*, 27 (4), 241-248.

FEDNA. (2019). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos*. Madrid, España: FEDNA.

Flores, G., Botana A., Pereira S., Valladares J., Pacio, B., Aguión, A. y Resch, C. (2016). Efecto del momento de corte sobre el rendimiento y valor nutricional de dos tipos de girasol (una variedad forrajera y otra de aceite) cultivados para ensilar a finales de verano en Galicia. *Afriga*, 121 (3), 184-200.

García, J. y Quevedo, H. (2018). Efecto de 3 niveles de fertilización (NPK) con dos enmiendas orgánicas en la producción de materia verde del cultivo de moringa (*Moringa oleífera* Lam.) en el distrito de Oxapampa. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Perú.

García, M., Díaz, A.L. & Valdés, M.A. (2014). El mejoramiento de los suelos: una experiencia desde la agroecología en la Cooperativa de Producción Agropecuaria Celso Maragoto Lara. *Revista Científica Avances*, 16 (4), 315-326.

Gobernación de Córdoba. (2008). Plan de Desarrollo Departamental 2008-2011.

González-Pérez, S. & Vereijken, J.M. (2008). Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. *J Science of Food Agric*, 87(12), 2173–2191.

González-Pérez, S., Vereijken, J.M, van Koningsveld, G.A., Gruppen, H. & Voragen, A.G.J. (2005). Formation and stability of foams made with sunflower (*Helianthus annuus* L.) proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (3), 6469-6476.

Guney, E., Tan, M. & Yolcu, H. (2012). Yield and quality characteristics of sunflower silages in highlands. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(2), 31-34.

Gutiérrez, D., Morales, A., Elías, A., García, R. y Sarduy Lucía. (2014). Composición química y degradabilidad ruminal in situ de la materia seca en ensilajes mixtos de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169, inoculados con el producto biológico VITAFERT. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(4), 23-28.

Hassibi, P., Mafakher E, Meskarbashee, M., Mashayekhi, M.R. (2010). Evaluation of sunflower silage in different developmental stages. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 2(1), 20-24.

Helmy, A. & Ramadan, M. (2009). Agronomic performance and chemical response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to some organic nitrogen sources and conventional nitrogen fertilizers under sandy soil conditions. *Grasas y Aceites*, 60 (1), 55-67.

Herencia, J.F., Ruiz-Porrás, J.C., Melero, S. García-Galavis, P.A., Morillo, E. y Maqueda, C. (2007). Comparison between organic and mineral fertilization for soil fertility levels, crop macronutrient concentrations, and yield. *Agronomy Journal*, 99 (4), 973-983.

Hilt, K., Harrison, J., Bowers, K., Stevens, R., Bary, A. & Harrison, K. (2016). Agronomic response of crops fertilized with Struvite Derived from Dairy Manure. *Water Air Soil Pollut*, 227(10), 388-400.

- Hussain, S.S. & Thomas, T. (2010). Influence of Nitrogen and Sulfur on Growth, Biomass Yield and Oil Content of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Inceptisol. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 1(2), 155-167.
- ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de hortalizas: medidas para la temporada invernal. Bogotá D.C., Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario.
- IPGRI, International Plant Genetic Resource Institute. (1991). Descriptors for Pineapple. Londres: CAB International.
- Irika, M. (2015). Effect of organic and inorganic nitrogen sources on growth, yield and oil content of sunflower grown in highly weathered soils of Morogoro. (Tesis de maestría). Universidad de Nairobi. Kenia.
- Jerí, R. (2013). Niveles de estiércol de vacuno enriquecido con fertilización sintética y dos distanciamientos entre surcos en el rendimiento del girasol aceitero (*Helianthus annuus* L.). Canaán 2750 msnm, Ayacucho. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Perú.
- Josphinos, M. (2016). Organic manure effects on selected soil properties, water use efficiency and grain yield of sunflower. (Tesis de maestría). Universidad de Venda, Sudáfrica
- Khakwani, A.Z., Noor, S., Sadiq. M., Awan I.U., Munir, M., Baloch, M,S.,... Bakhsh I. (2014). Impact of plant densities and NPK fertilization on growth and optimum economic return of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Sarhad Journal of Agriculture*, 30(2), 157-164.
- Khan, M. A., Sharma, V. & Shukla, R. K. (2016). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to organic manure and biofertilizer under different levels of mycorrhiza and sulphur in comparison with inorganic fertilizer. *Journal of Crop and Weed*, 12(1), 81-86.
- Lacatusu, R., Lacatusu, A.R., Capațana, R., Lungu, M., Lazar, R. & Moraru, I. (2017). The effect of an organic waste compost on the agro-chemical characteristics of the soil, and the mineral composition of the sunflower leaves. *PESD*, 11 (1), 99-108.
- López, G. (2013). Aplicación de Lombricomposta líquida y dosis de fertilización en la producción de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* L.). (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- López-Rocha, E., Mireles-Arriga A., Hernández-Ruiz, J., Ruiz-Nieto, J. y Rucoba-García A (2018). Áreas potenciales para el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.) en condiciones de temporal en Guanajuato, México. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 305-314.
- Macías, V. (2011). Efecto de métodos de conservación y tiempo de almacenamiento de ensilajes en dos tipos de praderas sobre sus indicadores de calidad nutricional. (Tesis de maestría). Universidad Austral de Chile.

Mafakher, E., Meskarbashee, M., Hassibi, P., Mashayekhi, M. R. (2010). Study of chemical composition and quality characteristics of corn, sunflower and corn-sunflower mixture silages. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5(2), 175-179.

Mathews, C.K., Van Holde, K.E. y Ahern, K.G. (Ed). (2002). *Bioquímica*. Madrid, España: Editorial Pearson Educación

Marín, S., Bertsch, F. y Castro, L. (2017). Efecto del manejo orgánico y convencional sobre propiedades bioquímicas de un andisol y el cultivo de papa en invernadero. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 27-46.

Mena Lorenzo, J. L., Díaz Pita, A. L., & Valdés Hernández, A. (2019). Efectos de dos biofertilizantes en el desarrollo del girasol. *Revista de Ciências Agrárias*, 41 (4), 23-48.

Mena, J.L., Díaz, A.L. & Aguilar, R. (2018). Efecto de la densidad de población en el desarrollo y distribución de la biomasa de girasol (*Helianthus annuus* L), variedad Caburé. *Revista de Ciencias Agrarias*, 41(1), 23-35.

Mercado, C y Varela, S. (2003). Respuesta del girasol (*Helianthus annus* L.) a dos fuentes nitrogenadas en la granja del SENA - Santa Marta (tesis de pregrado) Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). Anuario de estadística 2019- 2020. Madrid.

MADR (2016). Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaqueo, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos. Bogotá- Colombia.

Ministerio de Política Agraria y Alimentación de Ucrania. (2013). El sector agrícola en Ucrania 2012-2013. Kiev.

Morrison, R.T y Boyd. R.N. (Ed). (1990). *Química Orgánica*. Madrid, España: Pearson Education.

Moura, M. A., Pires, D. A., Costa, R. F., Tolentino, C., Rigueira, J. P. & Sales, C. J. (2017). Nutritional value of sorghum silages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39 (2), 137-142.

Moure, A., Sineiro, J., Domínguez, H. & Parajó, J.C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Research International*. 39, 945-963.

Patra, P., Pati, B.K., Ghosh, G.K., Mura, S.S. & Saha, A. (2013). Effect of biofertilizers and Sulphur on Growth, Yield, and Oil Content of Hybrid Sunflower (*Helianthus annuus*. L) In a Typical Lateritic Soil. *Mysore Journal of Agricultural Sciences*, 2 (1), 145-50.

Peiretti, P. G. & Meineri, G. (2010). Evolution of chemical composition, nutritive value and fatty acids content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) during the Growth Cycle. *Journal of Animal Veterinary advances*, 9 (1), 112-117.

Pizarro de Márquez, M. (Ed). 2009. Girasol. Valparaíso, Chile: Editorial Hortitécnia.

Rasool, F.U., B Hassan & Jahangir, I.A. (2013). Growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by nitrogen, sulfur and farmyard manure under temperate conditions. *SAARC journal of agriculture*, 11(1), 81-89.

Rodríguez, A., Gómez, R., Barrón, R., Benito, Martínez, & Escamilla, G. (Ed). (2017). Evaluación de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en régimen de temporal en el Valle del Mezquital, Hidalgo., México: Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.

Rodríguez, N. (2020). Evaluación de fertilización orgánica y química en tomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma De Nuevo León. México.

Rojas-bourrillon, A., López-Herrera, M., & Zumbado-Ramírez, C. (2017). Características nutricionales y fermentativas de ensilados de pasto Camerún Nutritional and fermentative characteristics of Cameroon grass silage with Pelipita banana. *Agronomía Mesoamericana*, 28(3), 629–642.

Sainz-Ramírez, A., Velarde-Guillén, J., Estrada-Flores, J. & Arriaga-Jordán, C. (2021). Productive, economic, and environmental effects of sunflower (*Helianthus annuus* L.) silage for dairy cows in small-scale systems in central México. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2), 256-260.

Salazar, J. (2014). Caracterización físico-química de la semilla de sapote *Capparis scabrifolia* HBK de la zona de Motupe-Lambayeque (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Salisbury, B.F. y Ross, C.W. (Ed). (2000). Fisiología de las Plantas. México: Editorial Iberoamericana.

Santos, J.B., Guedes-Filho, D.H., Gheyi, H.R., Lima, G.S., & Cavalcante, L.F. (2016). Irrigation with saline water and nitrogen in production components and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Revista Caatinga*, 29 (1), 935–944.

Sharma, K. L., Neelaveni, K., Katyal, J. C., Srinivasa Raju, A., Srinivas, K., Kusuma Grace, J. & Madhavi, M. (2008). Effect of combined use of organic and inorganic sources of nutrients on sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield, soil fertility, and overall soil quality in rainfed alfisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39(11-12), 1791-1831.

- Shoghi-Kalkhoran S., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S. A., Mokhtassi- Bidgoli, A. & Akbari, P. (2013). Integrated fertilization systems enhance quality and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15 (1), 1343-1352.
- Soxhlet, F. (1879). Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes. *Dinglers Polytechnisches Journal*, 232, 461- 465.
- Suge, J., Omunyin, M. y Omami, N. (2011). Effect of organic and inorganic sources of fertilizer on growth, yield and fruit quality of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Archives of Applied. Science Research* 3 (6), 470 -479.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (Ed). (2010). *Fisiología Vegetal*, Castellón de la Plana, España: Universitat Jaume.
- Vega, C.R.C., Sadrás, V.O., Andrade, F.H. & Uhart, S.A. (2000). Reproductive allometry in Soybean, Maize and Sunflower. *Annals of Botany*, 85 (1), 461-468.
- Villa, A. F., Meléndez, A.P., Carulla, J.E., Pabón, M.L. y Cárdenas, E.A. (2010.) Estudio microbiológico y calidad nutricional del ensilaje de maíz en dos ecorregiones de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(1), 65-77.
- Villaseñor, Chabla y Luna. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Revista Científica Cumbres*, 1(2), 28-34
- Wade, I. (Ed.). (2006). *Química orgánica*. Monterrey, México: Prentice-hall hispanoamericana
- Weinberg, Z., Khanal, P., Yildiz, C., Chen, Y., & Arieli, A. (2011). Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. *Grassland Science*, 57 (2), 1-5.
- Yousif, L.A. & Ahmed, S.M.B. (2013). Effect of seedbed preparation and nitrogen fertilizers on performance of hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds under rain-fed condition. *Research journal of Agricultural and Environmental Management*, 2(1), 27-32

ANEXOS

Anexo 1. Variables climáticas registradas por la estación meteorológica la victoria de Fedearroz en Mocarí, Montería en la época de cultivo del girasol.

Semanas Después de Siembra	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)	Radiación solar (Caloría/ Cm ² /día)
	Máxima	Promedio	Mínima			
13/12/2019	28,64	28,12	27,65	80,58	0	280,25
23/12/2019	28,90	28,47	28,04	83,02	15,6	229,96
02/01/2020	28,86	28,44	28,04	84,00	25	226,44
12/01/2020	28,99	28,43	27,90	77,59	0	271,56
22/01/2020	29,64	29,08	28,54	76,58	44,4	263,74
01/02/2020	28,65	28,16	27,65	79,43	0	283,94
11/02/2020	29,34	28,80	28,26	78,50	0	249,23
22/02/2020	29,74	29,23	28,73	77,18	0	268,50
03/03/2020	28,85	28,37	27,89	77,23	0	270,17
13/03/2020	28,97	28,49	28,04	76,69	0	265,55

Anexo 2. Análisis estadístico del rendimiento en biomasa por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

Resumen de producción en biomasa por tratamientos para cada respectivo híbrido.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Peso Húmedo del Tallo	Peso Húmedo de Hoja	Peso Húmedo de Flor	Total Peso Húmedo de Organos	Peso Seco del Tallo	Peso Seco de Hoja	Peso Seco de Flor	Total Peso Seco de Organos
Híbrido	2	7895	9169	20854	64245	6313	247,45	55,61	59191
Bloque	3	12631	21675	4095	94546	10118	470,92 *	136,95	91392
Error a	6	3011	7988	4293	36946	2829	87,10	130,02	34162
Tratamientos	3	6387	7796***	17946 ***	90685**	5720	122,85*	335,21***	74788**
Híbrido*Tratamientos	6	2842	3912	2167	21257	2572	74,78	75,73	29443
Error b	27	2356	3344	1697	16960	2257	38,43	43,81	13145
CV (%)	7,61								

*significativo; ** Altamente significativo; *** Alta altamente significativo a nivel de probabilidad de $P \leq 0,05$

Variable peso húmedo de plantas

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	128490	64245	1,74	0,25
Bloque	3	283639	94546	2,56	0,15
Error a	6	221673	36946		
Tratamientos	3	272054	90685	5,35	5,06E-03 **
Híbrido*Tratamientos	6	127541	21257	1,25	0,31
Error b	27	457923	16960		
CV (%)	15,32				

** Altamente significativo ($P \leq 0,05$)

Tratamientos	Total peso húmedo de órganos (g)
Testigo	719,89 ^b
F. Química	882,64 ^a
F. Lombricompost	897,71 ^a
F. Combinada	899,00 ^a

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Variable porcentaje de peso seco de plantas.

Fuente De Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	118381	59191	0,14	0,87
Bloque	3	274176	91392	3,48	0,09
Error a	6	204973	34162		
Tratamientos	3	224364	74788	7,10	1,14 E-03 **
Híbrido*Tratamientos	6	176658	29443	1,62	0,18
Error b	27	354923	13145		
CV (%)	3,33				

**Altamente significativo ($P \leq 0,05$)

Tratamientos	Porcentaje de peso seco
Testigo	24,91
F. Química	26,38
F. Lombricompost	27,06
F. Combinada	26,09

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Variable porcentaje de humedad

Fuente De Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	215381	107691	0,14	0,03*
Bloque	3	354176	118059	3,48	0,09
Error a	6	434973	72496		
Tratamientos	3	344364	114788	7,10	1,24 E-03 **
Híbrido*Tratamientos	6	226658	37776	1,62	0,18
Error b	27	484923	17960		
CV (%)	3,33				

**Altamente significativo ($P \leq 0,05$)

Tratamientos	Híbridos		
	Esbella	Shaquira	Verónica
Testigo	74,04 ^{ab}	72,79 ^{bc}	78,44 ^a
F. Química	75,14 ^a	72,50 ^c	73,21 ^{ab}
F. Lombricompost	73,70 ^a	71,22 ^{ab}	73,91 ^a
F. Combinada	73,82 ^{ab}	72,85 ^{ab}	75,07 ^a

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación de Tukey.

Anexo 3. Análisis estadístico de los parámetros bromatológicos por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

Variable cenizas.

Fuente de variación	Grados De Libertad	Suma De Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	4,97	2,48	13,47	0,02 *
Bloque	3	2,13	1,07	5,79	0,07
Error a	4	0,74	0,18		
Tratamientos	3	6,12	2,04	5,81	0,01 **
Híbrido*Tratamientos	6	28,22	4,70	13,42	9e-06 ***
Error b	18	6,31	0,35		
CV (%)	3,548683				

*Significativo; ** Altamente significativo; *** Alta altamente significativo a nivel de probabilidad de $P \leq 0,05$

Tratamientos	Híbridos		
	Esbella	Shaquira	Verónica
Testigo	13,24 ^a	11,02 ^c	10,99 ^b
F, Química	11,21 ^{bc}	11,38 ^{bc}	13,15 ^a
F, lombricompost	10,24 ^c	12,47 ^{ab}	13,07 ^a
F, Combinada	12,00 ^{ab}	13,31 ^a	13,09 ^a

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Variable contenido de humedad.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	50,76	25,38	1008,96	4,00E-06 ***
Bloque	3	8,85	4,43	175,92	1,26 E-04***
Error a	4	0,10	0,03		
Tratamientos	3	125,56	41,85	656,48	< 2,2E-16 ***
Híbrido*Tratamientos	6	806,34	134,39	2107,94	< 2,2E-16***
Error b	18	1,15	0,06		
CV (%)	1,45				

*** Alta altamente significativo ($P \leq 0,05$)

Tratamientos	Híbridos		
	Esbella	Shaquira	Verónica
Testigo	14,97 ^b	14,94 ^b	13,45 ^c
F. Química	7,05 ^d	18,15 ^a	17,26 ^b
F. Lombricompost	28,87 ^a	18,24 ^{ab}	9,05 ^d
F. Combinada	14,17 ^c	18,25 ^a	18,32 ^a

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación múltiple de Tukey

Variable contenido de proteína.

Fuente De Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	7,67	3,84	101,16	3,76 E-04 ***
Bloque	2	0,62	0,31	8,16	0,04 *
Error a	4	0,15	0,04		
Tratamientos	3	77,55	25,85	298,63	< 2,2E-16 ***
Híbrido*Tratamientos	6	191,15	31,86	368,01	< 2E-16 ***
Error b	18	1,56	0,09		
CV (%)	1,45				

*Significativo; ** Altamente significativo; *** Alta altamente significativo a nivel de probabilidad de $P \leq 0,05$

Tratamientos	Híbridos		
	Esbella	Shaquira	Verónica
Testigo	17,05 ^a	11,79 ^c	12,44 ^c
F. Química	11,89 ^c	8,93 ^d	15,50 ^b
F. Lombricompost	11,63 ^c	17,89 ^a	17,50 ^a
F. Combinada	12,86 ^b	12,90 ^b	10,58 ^d

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación múltiple de Tukey

Variable extracto etéreo.

Fuente De Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	18817	9408,60	467,51	1,80E-05 ***
Bloque	2	68	33,80	1,68	0,29
Error a	4	80	20,10		
Tratamientos	3	14226	4742,10	319,78	< 2E-16 ***
Híbrido*Tratamientos	6	28432	4738,70	319,54	< 2E-16 ***
Error b	18	267	14,80		
CV (%)	6,53				

*** Alta altamente significativo ($P \leq 0,05$)

Híbridos			
Tratamientos	Esbella	Shaquira	Verónica
Testigo	6,59 ^d	7,38 ^b	3,35 ^c
F. Química	7,67 ^c	9,73 ^a	4,21 ^c
F. Lombricompost	13,25 ^a	7,71 ^b	6,11 ^b
F. Combinada	8,27 ^b	5,51 ^c	7,47 ^a

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación múltiple de Tukey.

Variable contenido de fibra bruta.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	1,43	0,71	416,18	2,3E-05 ***
Bloque	2	2,6 E-04	1,28 E-03	0,75	0,53
Error a	4	6,9 E-03	1,72 E-03		
Tratamientos	3	3,17	1,06	1622,22	< 2E-16 ***
Híbrido*Tratamientos	6	7,03	1,17	1796,74	< 2E-16 ***
Error b	18	0,01	6,5 E-04		
CV (%)	0,79				

*** Alta altamente significativo ($P \leq 0,05$)

Híbridos			
Tratamientos	Esbella	Shaquira	Verónica
Testigo	55,66 ^a	53,92 ^b	21,78 ^c
F. Química	14,79 ^c	17,86 ^c	25,39 ^b
F. Lombricompost	9,00 ^d	62,43 ^a	15,65 ^d
F. Combinada	22,96 ^b	17,71 ^c	28,11 ^a

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación múltiple de Tukey

Anexo 4. Análisis estadístico de la digestibilidad in vitro de materia seca por tratamientos dentro de cada nivel de híbrido.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Pr(>Fc)
Híbrido	2	4,29	2,14	11,81	3,4E-05 ***
Bloque	3	2,74	1,37	0,44	0,65
Error a	4	0,86	0,22		
Tratamientos	3	3,17	1,06	1622,22	< 3E-16 ***
Híbrido*Tratamientos	6	8,56	1,43	2756,64	< 3E-16 ***
Error b	18	0,26	0,01		
CV (%)	6,53				

*** Alta altamente significativo ($P \leq 0,05$)

Tratamientos	Híbridos		
	Esbella	Shaquira	Verónica
Testigo	29,01 ^c	27,54 ^c	46,95 ^b
F. Química	40,98 ^b	51,84 ^{ab}	40,82 ^c
F. Lombricompost	60,02 ^a	20,64 ^c	52,94 ^{ab}
F. Combinada	31,78 ^b	57,51 ^a	34,48 ^b

Promedios con letras distintas presentan diferencias a nivel de Significancia $P \leq 0,05$, según la prueba de comparación múltiple de Tukey

Anexo 5. Prueba de Validación para parámetros del rendimiento en biomasa y calidad nutricional del ensilaje (P- Valor).

Prueba	Peso Húmedo del Tallo	Peso Húmedo de Hoja	Peso Húmedo de Flor	Total Peso Húmedo de Organos	Peso Seco del Tallo	Peso Seco de Hoja	Peso Seco de Flor	Total Peso Seco de Organos
shap-will	0,39	0,94	0,12	0,74	0,22	0,29	0,34	0,22
Bartlet	0,16	0,48	0,14	0,25	0,01**	0,15	0,53	0,16
CV1 (%)	25,38	26,30	22,25	22,61	8,71	33,76	29,50	6,47
CV2 (%)	22,45	17,02	13,98	15,32	5,97	19,59	19,59	3,32

** Altamente significativo ($P \leq 0,05$)

Prueba	Parámetros de calidad				
	Humedad	Extracto etéreo	Fibra	Proteína	Ceniza
shap-will	0,76	0,28	0,36	0,97	0,86
Bartlet	0,06	0,11	0,05*	0,27	0,81
CV1 (%)	0,99	7,61	1,29	1,45	3,55
CV2 (%)	1,57	6,53	0,79	2,19	4,89

*Significativo ($P \leq 0,05$)

Anexo 6. Análisis de suelo de la zona de estudio.

UNIVERSIDAD DE CORDOBA															CÓDIGO: FLSA-041						
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS															VERSIÓN: 02						
INFORME DE RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS															EMISIÓN: 11/02/2019						
															PÁGINA 1 de 1						
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS	MUESTRA				ORIGINAL	X	CLIENTE									CONSECUTIVO					
	IDENTIFICACION				COPIA	---	UNIVERSIDAD DE CORDOBA									19 - 061					
IS SUELOS Y AGUAS	M-5 ALBERCA				UNIVERSIDAD DE CORDOBA									CARRERA 6ª. N° 77 - 305 // camiloiguaran@correo.unicordoba.edu.co							
	CODIGO DE RECEPCION				DEPARTAMENTO									CORREGIMIENTO							
27/02/2019				CÓRDOBA			MUNICIPIO			MONTERÍA			VEREDA								
															FINCA		LOTE UNICOR		---		
PARAMETROS	OTROS PARAMETROS				CATIONES FASE CAMBIABLES					CICE	ELEMENTOS MENORES					CLASE TEXTURAL	METODOS DE ANALISIS				LIMITE DETECCION
	pH	C.O	S	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺		Cu	Fe	Zn	Mn	B		PARAMETRO	EXTRACCION	CUANTIFICACION	DOCUMENTO NORMATIVO	
UNIDADES	1:1	%	mg kg ⁻¹		cmolc kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					ARENA						
RESULTADOS	6,71	2,94	9,7	55,3	16,2	7,2	0,53	0,13	Na	24,1	10,4	171,8	2,1	21,1	0,27	NA					
REALIZADO	20/02/2019	26/02/2019	22/02/2019	22/02/2019	20/02/2019				19/02/2019	26/02/2019	21/02/2019				22/02/2019	ARCILLA					
BAJO	Na	<1,1	<10	<15	<3,0	<1,5	<0,2	---	---	<5,0	<1,0	<20	<2	<10	<0,3	NA					
MEDIO	Na	1,2 - 2,3	10 - 15	15 - 25	3,0 - 5,0	1,5 - 2,5	0,2 - 0,3	---	---	5,0 - 10,0	1,0 - 2,0	20 - 50	2,0 - 3,0	10 - 15	0,3 - 0,4	NA					
IDEAL	Na	2,4 - 2,5	15 - 20	25 - 40	5,0 - 10,0	2,5 - 3,0	0,3 - 0,4	<1,0	<1,0	15 - 20	2,0 - 3,0	50 - 100	3,0 - 4,0	15 - 20	0,4 - 0,6	NA					
ALTO	Na	>2,5	>20	>40	>10	>3,0	>0,4	>1,0	>1,0	>20	>3,0	>100	>4,0	>20	>0,6	LIMO					
RELACIONES DE CATIONES				SATURACION DE CATIONES				CONVENCIONES GENERALES DE REFERENCIA													
RELACIONES	Ca ²⁺ / Mg ²⁺	Ca ²⁺ / K ⁺	Mg ²⁺ / K ⁺	(Ca ²⁺ + Mg ²⁺) / K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	No detectable	No analizada	Muestra insuficiente	No aplica				NA					
UNIDADES	---				%				ND	NA	MI	Na				NA					
RESULTADOS	2,3	30,6	13,6	44,2	67,2	29,9	2,2	0,5	UNIDADES		mg kg ⁻¹ , mg L ⁻¹ = ppm		cmolc kg ⁻¹ = meq/100 g de suelo			ds m ⁻¹ = mmhos cm ⁻¹					
DEFICIENTE	---	---	---	---	<50	<10	<3,0	---	pH en agua	3,5 - 4,5 - Extremadamente ácido		6,1 - 6,5 - Ligeramente ácido - 6,6 - 7,3 - Neutro				JAIME LUIS MERCADO LAZARO. Qco, MSc. Ciencias Agronómicas				ENRIQUE MIGUEL COMBATT CABALLERO. I.A, Ph. D. Ciencias del Suelo	
MEDIO	---	---	---	---	50 - 60	10 - 15	3,0 - 4,0	5,0 - 7,0		4,5 - 5,0 - Muy fuertemente ácido		7,4 - 7,8 - Ligeramente alcalino 7,9 - 8,4 - Moderadamente alcalino				OBSERVACIONES					
IDEAL	3 - 6	15 - 30	8 - 10	20 - 40	60 - 70	15 - 20	4,0 - 5,0	<5,0		5,1 - 5,5 - Fuertemente ácido		8,5 - 9,0 - Fuertemente alcalino - > 9,0 Extremadamente alcalino				* Consulte a un Ingeniero Agrónomo o profesional del área de suelos.					
EXCESO	---	---	---	---	>70	>20	>5,0	>15,0		5,6 - 6,0 - Moderadamente ácido		Materia orgánica = C.O*1,724		Fuente de interpretación (Adaptado de Gómez, 2005)				* El laboratorio no se hace responsables por los daños o perjuicios que puedan originarse por el uso inadecuado de los resultados en el presente informe			
															* Los resultados contenidos en el presente informe sólo son representativos de la muestra analizada. * El presente informe no puede ser reproducido total ni parcialmente sin el permiso escrito del LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS.						