EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DE LOMBRICOMPOST EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE CRUDO Y TORTA DE GIRASOL *Helianthus annuus.* L. HIBRIDO ESBELLA EN MONTERÍA-CÓRDOBA

WILSON GREGORIO BALDOVINO TORDECILLA
BIOLOGO

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA
MONTERÍA
2021

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA DE LOMBRICOMPOST EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE CRUDO Y TORTA DE GIRASOL *Helianthus annuus.* L. HIBRIDO ESBELLA EN MONTERÍA-CÓRDOBA

WILSON GREGORIO BALDOVINO TORDECILLA

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Biotecnología

DIRECTOR

LUIS OVIEDO ZUMAQUE. MSc.

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA
MONTERÍA

2021

Notas de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Montería Córdoba Colombia 2021

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a:

Dios por permitirme culminar este proyecto profesional.

Universidad de Córdoba por financiar esta investigación y a su cuerpo docente quien hizo grandes aportes a mi formación académica.

Al director de esta investigación Luis Oviedo Zumaqué por entregar su apoyo incondicional para la realización de esta investigación

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.

Y a todas aquellas personas que no menciono, pero saben que hacen parte de este logro, gracias por ayudarme para que esta investigación se llevara a cabo con éxito.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN 10

INTRODUCCIÓN 12

1. OBJETIVOS. 14

1.1. Objetivo general. 14

1.2. Objetivos específicos. 14

2. HIPOTESIS. 15

3. MARCO TEORICO. 16

3.1. Los biofertilizantes. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

3.2. El girasol. 16

3.3. Descripción de la planta. 17

3.3.1. La raíz. 17

3.3.2. El tallo. 17

3.3.3. Las hojas. 17

3.3.4. Capitulo floral. 18

3.3.5. Aquenio o semilla. 18

3.4. Valor nutritivo de las semillas de girasol 19

3.5. El aceite de girasol. 19

3.6. Extracción de aceite de girasol. 20

3.6.1. Descascarado. 20

3.6.2. Extracción de aceite por prensado en frío. 20

3.6.3. Refinación y filtrado 21

3.7. Parámetros para la caracterización del aceite. 21

3.7.1. Índice de saponificación. 21

3.7.2. Índice de yodo. 22

3.7.3. Índice de peróxido. 22

3.7.4. Índice de acidez. 23

3.7.5. Densidad. 23

3.8. Análisis proximal. 23

3.8.1. Humedad. 23

3.8.2. Proteína cruda. 24

3.8.2.1. Etapa 1: Digestión 24

3.8.2.2. Etapa 2: Destilación. 25
3.8.2.3. Etapa : Titulación. 25
3.8.3. Fibra cruda. 26
3.8.4. Ceniza. 26
3.8.4.1. Procedimiento. 27
3.8.5. Grasas. 27
3.9. Cromatografía de gases acoplado a un detector de masas GC/MS. 27
3.10. Antecedentes. 28
4. METODOLOGIA. 29
4.1. Localización del área de estudio. 29
4.2. Pretratamiento del material biológico. 30
4.2.1. Extracción del aceite por prensado. 30
4.3. Determinación del perfil lipídico del aceite crudo. 31
4.4. Análisis fisicoquímico del aceite crudo. 32
4.4.1. Humedad. 32
4.4.2. Densidad. 32
4.4.3. Índice de peróxidos. 33
4.4.4. Índice de acidez. 33
4.4.5. Índice de saponificación. 34
4.5. Procedimiento análisis proximal torta de girasol. 35
4.5.1. Ceniza cruda. 35
4.5.2. Humedad. 35
4.5.3. Extracto etéreo. 36
4.5.4. Proteínas. 36
4.5.5. Fibra cruda. 37
4.6. Análisis estadístico. 38
5. RESULTADOS Y DISCUSION. 39
5.1. Evaluación del rendimiento de aceite crudo de girasol obtenido por prensando semilla de girasol *Helianthus annuus* L. variedad Esbella. 39
5.2. Determinación perfil lipídico aceite crudo de *Helianthus annuus* L variedad Esbella, mediante cromatografía de gases. 40
5.3. Caracterización fisicoquímica del aceite crudo de girasol *Helianthus annuus* L. variedad Esbella. 42
5.4. Evaluación del análisis proximal de la torta residual obtenida a partir del prensado de semillas de girasol de *Helianthus annuus* L variedad Esbella 44

6. CONCLUSIONES. 47

7. RECOMENDACIONES. 47

8. BIBLIOGRAFIA. 48

9. ANEXOS 58

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación del capítulo floral. 18

Figura 2. Corte transversal de un capítulo floral. 19

Figura 3. Localización Universidad de Córdoba. 29

Figura 4. Maquina extractora de aceite. 30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del lombrihumus. 16

Tabla 2. Composición de ácidos grasos de distintos aceites de girasol (% de ácidos grasos totales) 20

Tabla 3. Rendimientos aceite y torta de girasol variedad Esbella. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4. Análisis del perfil lipídico aceite crudo de girasol variedad Esbella 41

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del aceite crudo de girasol variedad Esbella. 43

Tabla 6. Análisis proximal torta residual de girasol variedad Esbella. 44

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación, fue evaluar el efecto del lombricompost sobre el rendimiento y propiedades fisicoquímicas del aceite crudo obtenido por prensado y la determinación de las propiedades bromatológicas de la torta de semillas de *Helianthus annuus* L. del hibrido Esbella cultivada en el Sinú Medio – Córdoba. Se utilizó un diseño en bloques al azar, aplicándose cuatro tratamientos: control T1, fertilización química T2, fertilización orgánica T3 y fertilización combinada T4. La extracción del aceite se realizó a través de una maquina tipo expeller en donde se prensó el aceite y se obtuvo la torta respectiva. Cada extracción de aceite y análisis de la torta se realizaron por triplicado. El perfil lipídico se analizó a través de la técnica de cromatografía de gases acoplado a masas. A su vez se realizó el análisis fisicoquímico por triplicado en cada uno de los tratamientos, aplicando la norma de la AOAC (2009). En los resultados obtenidos el tratamiento T2 mostró mejor rendimiento de aceite con 41,63% y rendimiento para torta de 56,67%; presentando diferencia estadística con respecto a los demás tratamientos. En cuanto a la determinación del perfil lipídico, el mayor contenido fue de ácidos grasos insaturados, ácido oleico 29% y linoléico 15%. En cuanto a ácidos grasos saturados el palmítico presentó 3.1%. En relación con los parámetros fisicoquímicos se encontraron que hubo diferencias estadísticas significativas en cada de las variables analizadas, encontrando valores que indican buena calidad del aceite. En los componentes próximos de la torta de girasol se hallaron variables con diferencias estadísticas significativas a excepción del contenido de cenizas y proteínas, pero con respecto a estas variables se presentaron buenos promedios con relación a cenizas el tratamiento de fertilización química T2 obtuvo el mejor promedio de 7,42% e igual para el contenido de proteínas en el mismo tratamiento arrojo el mejor porcentaje promedio de 53,25%. Para el análisis de los datos se empleó un modelo estadístico completamente al azar utilizando el software IBMSPSS-21.

Palabras claves: Girasol, parámetros fisicoquímicos, torta de girasol, perfil lipídico, IBMSPSS

SUMMARY

In order to evaluate the physicochemical properties of the crude oil obtained by pressing and its proximal analysis. Helianthus annuus L variety Esbella sunflower seeds were taken, which came from a crop where four control treatments T1, chemical fertilization T2, organic fertilization T3 and combined fertilization T4 were applied. The oil extraction was carried out through an expeller type machine where the oil was pressed and the respective cake was obtained. Each oil extraction and cake analysis was done in triplicate. The lipid profile was analyzed using the mass coupled gas chromatography technique. In turn, the physicochemical analysis was carried out in triplicate in each of the treatments, applying the AOAC (2009) standard. In the results obtained, the T2 treatment showed a better oil yield with 41.63% and a 56.67% yield for cake. Which frame statistical difference with respect to the other treatments. Regarding the determination of the lipid profile, the highest contents of unsaturated fatty acids were obtained by 29% oleic acid, 15% linoleic and followed by 3.1% palmitic saturated fatty acid. In relation to the physicochemical parameters, it was found that there were significant statistical differences in each of the variables analyzed, finding acceptable values that indicate good quality of the oil. In the close components of the sunflower cake, variables with statistically significant differences were found except for the ash and protein content, but with respect to these variables, good averages were presented in relation to ashes, the chemical fertilization treatment T2 obtained the best average of 7.42% and the same for the protein content in the same treatment yielded the best average percentage of 53.25%. For data analysis, a completely random statistical model was used using the IBMSPSS-21 software.

Keywords: Sunflower, physicochemical parameters, sunflower cake, lipid profile, IBMSPSS

INTRODUCCIÓN

El girasol *Helianthus annuus* es un cultivo oleaginoso nativo de América del Norte. Se cultiva en todo el mundo, y la mayoría de sus productos se han comercializado como alimento culinario o para el ganado (Yegorov, Turpurova, Sharabaeva y Bondar, 2019). La adaptación de los girasoles a diferentes condiciones climáticas y de suelo ha mejorado su cultivo como planta oleaginosa en todo el mundo (Forleo, Palmieri, Suardi, Coaloa, & Pari, 2018). El crecimiento del girasol requiere suelo fértil, lluvias moderadas, semillas viables, etc. Entre los tres principales cultivos de semillas oleaginosas, es decir, soja, colza y girasol en el mundo de hoy, el girasol ha sido reconocido como una fuente importante de aceite comestible de alta calidad utilizado con fines culinarios (Pal, Patra, Sahoo, Bakhara y Panda, 2015).

El aceite de girasol está compuesto de 88% a 90% de ácidos grasos insaturados (oleico y linoleico) combinados y aproximadamente 10% de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) (Zheljazkov et al, 2008), de las cuales el 62% es ácido graso poliinsaturado (alto en ω6 y nulo en ω3) y el ácido graso predominante en las semillas de girasol es la omega 6 (linoleico), el 26% es ácido graso monoinsaturado (ω9), además el aceite de girasol contiene vitamina E (500ppm) (Guardia Espinoza, y otros, 2015). Los componentes nutricionales de los girasoles son numerosos. Ejemplos son la harina de girasol, pastel, etc. La harina o pastel de girasol que representa un subproducto único obtenido de las semillas procesadas de girasol extraídas representa un 36% de composición en masa, un contenido de proteínas que oscila entre el 45% y el 50% (Malik & Saini, 2018; Malik, Sharma y Saini, 2017). La harina de girasol se compone de aminoácidos esenciales, vitamina B y minerales, y una alta propiedad antioxidante, que es fascinante como alimento nutricional para los seres humanos y comidas compuestas para el ganado (Wanjari y Waghmare, 2015).

En los últimos años, la investigación sobre el aprovechamiento de los subproductos del girasol ha aumentado, y la falta de documentación detallada sobre sus beneficios nutricionales y para la salud ha contribuido a su subutilización (Karefyllakis, van der Goot y Nikiforidis, 2019). El aceite obtenido de las semillas de girasol procesadas se ha utilizado en muchos hogares para cocinar y como materia prima en la industria alimentaria en la producción de margarina, mantequilla, pan y bocadillos (Kottapalli et al., 2020).

De acuerdo a los atributos agroecológicos que posee el departamento de Córdoba, existe la posibilidad introducir y desarrollar nuevos cultivos que permitan ampliar las opciones de los productores para mejorar sus ingresos, al mismo tiempo que generen fuentes de empleo y divisas para el país. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas del aceite crudo obtenido por prensado y el análisis proximal de la torta de semilla de girasol hibrido Esbella. cultivado bajo diferentes tipos de fertilización; se contribuirá con ello de una fundamentación científica para realizar cultivos en la zona que contribuyan con su desarrollo económico.

1. OBJETIVOS.

1.1. Objetivo general.

Evaluar el efecto del lombricompost sobre el rendimiento y propiedades fisicoquímicas del aceite crudo obtenido por prensado y en las propiedades bromatológicas de la torta de semillas de *Helianthus annuus* L. hibrido Esbella cultivada en el Sinú Medio - Córdoba.

1.2. Objetivos específicos.

- ✓ Evaluar el rendimiento de aceite crudo obtenido por prensado de semilla de *Helianthus annuus* L. hibrido Esbella.
- ✓ Caracterizar a través de pruebas fisicoquímicas el aceite crudo obtenido por prensado de semilla de *Helianthus annuus* L. hibrido Esbella.
- ✓ Determinar el perfil lipídico del aceite crudo obtenido por prensado de semilla de *Helianthus annuus* L. hibrido Esbella, mediante cromatografía de gases.
- ✓ Evaluar el contenido proximal de la torta residual obtenida a partir del prensado de semilla de *Helianthus annuus* L. hibrido Esbella.

2. HIPOTESIS.

Hipótesis alterna (H1)

Se presentarán efectos significativos con respecto al tipo de fertilización aplicada y en su incidencia sobre los parámetros evaluados.

Hipótesis alterna (H0)

No se presentará efecto significativo de la fertilización aplicada ni incidencia sobre los parámetros evaluados.

3. MARCO TEORICO.

3.1. Lombricompost

El Lombrihumus producto que resulta de la transformación de la materia orgánica por medio de lombrices Chavarría et al., (2001), afirma que el humus de lombriz es el producto final de su digestión y constituye un excelente regenerador orgánico del suelo, mejorando las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Según informes técnicos el lombrihumus contiene: 5 veces más nitrógeno; 7 veces más fósforo; 5 veces más potasio y 2 veces más calcio que el material orgánico que ingirieron (Lee et al., 2012), lo que incide en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla 1. Composición química del lombrihumus.

CONTENIDO	COMPOSICIÓN	CONTENIDO	COMPOSICIÓN
Humedad	30-60%	pH	6.8-7.2%
Nitrógeno	1.0-2.6%	Fósforo	2.0-8.0%
Potasio	1.0-2.5%	Calcio	2.0-8.0%
Magnesio	1.0-2.5	Materia orgánica	30.0-7.0%
Carbono Orgánico	14-30%	Ácido fúlvico	2.8-5.8%
Ácido Húmico Fúlvico	1.5-3%	Sodio	0.02%
Cobre	0.05%	Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%	Relación C: N	10.0-11.0%

Fuente: lombriz@lycos.com

3.2. El girasol.

Origen y antecedentes históricos del cultivo de girasol El girasol *Helianthus annuus* L. es una especie originaria de América del Norte introducida en Europa como planta ornamental en el siglo XVI, la cual comenzó a tener importancia como oleaginosa a comienzos del siglo XVIII. Su cultivo se extendió rápidamente en Rusia, donde recibió una amplia aceptación (Franco, 2002).

Ubicación sistemática y características botánicas

Poverene, Carrera, y Ureta (2014) indican la siguiente clasificación botánica:

Nombre científico: *Helianthus annus* L.

Reino: *Plantae*
División: *Magnoliophyta*
Clase: Liliopsida
Subclase: *Asteridae*
Orden: *Asterales*
Familia: *Asteraxeae*
Género: *Helianthus*
Especie: *Annuus* L.

3.3. Descripción de la planta.

El nombre científico de *Helianthus*, proviene del griego helios, sol y anthos, flor. Su nombre común es girasol y se debe a la capacidad que posee la planta de orientarse en la dirección del sol. Al atardecer el tallo retorna lentamente a su posición erguida (Seiler, Gulya y Crop, 2016).

3.3.1. La raíz.

Jiménez, Alvarado y Balaguera (2015) señalan que la raíz del girasol es profunda, formada por un eje principal pivotante con abundantes raíces secundarias.

3.3.2. El tallo.

Murcia, Del Longo, Argüello, Pérez, y Peretti (2006) manifiestan que tallo es grueso, erecto y macizo, cubierto por vellosidades, con un diámetro de su aproximado de 2 a 6 cm; al alcanzar la etapa de madurez fisiológica este se inclina debido al peso del capítulo floral. González (2015) menciona que el cultivo de girasol puede alcanzar una altura de 2 a 3 metros de altura hasta el capítulo floral según la variedad, ya que existen variedades que miden de 40 a 90 cm.

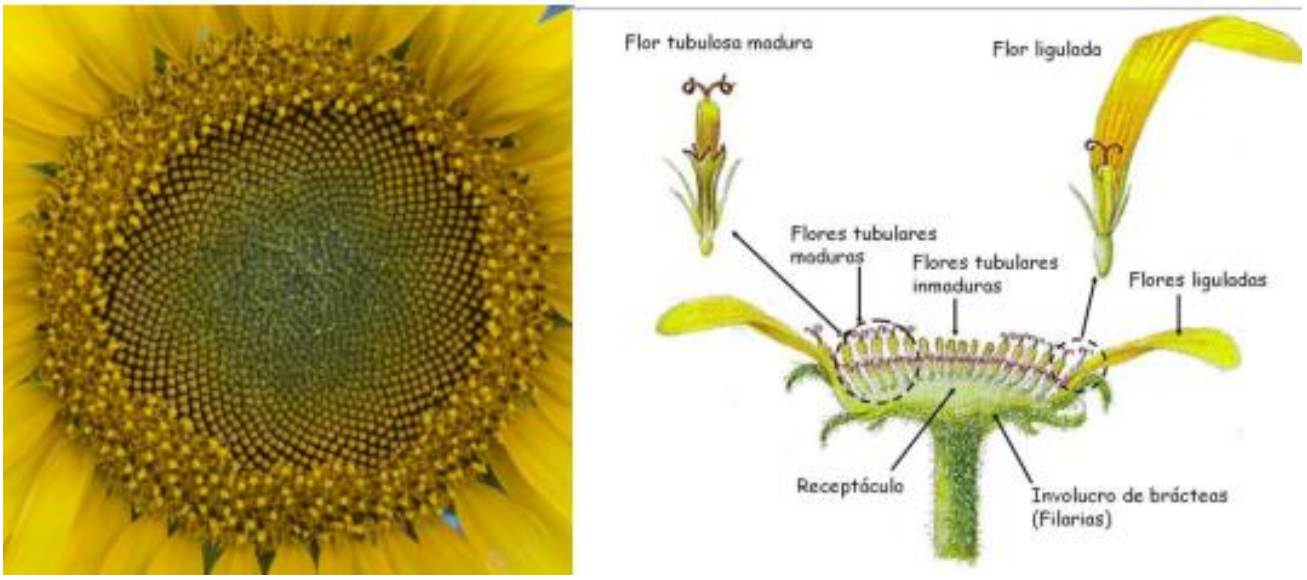
3.3.3. Las hojas.

Poverene et al. (2014) indican que sus hojas son amplias, ovales, pecioladas con tres nerviaciones principales, las hojas superiores son alternas y las inferiores son opuestas, con una longitud de 30 cm de ancho y 40 cm de largo, y presentan vellosidades en ambas caras.

3.3.4. Capitulo floral.

Para Škorić, Jocić, y Vannozzi (2014) la inflorescencia o capitulo floral es compuesta y mide de 10 a 30 cm de diámetro de acuerdo a la variedad y está formado por cientos de flores tubulares diminutas las cuales tienen los órganos reproductores, son sésiles, hermafroditas, y de cada flor se obtendrá una semilla; en la parte externa del capítulo se encuentran las flores liguladas dispuestas en una o dos filas las cuales parecen pétalos, y pueden variar de color según la variedad, estas flores no tienen función reproductiva, ya que sirven para atraer a los insectos polinizadores que ayudaran a las flores tubulares en su proceso de fecundación; una vez fecundadas las flores el ovario se transforma en fruto y el óvulo en semilla.

Figura 1. Representación del capítulo floral.



Flor fecundada donde se observa la formación de la pepa (lugar donde se formarán los tejidos que contienen el aceite con las flores tubuladas) y las liguladas (fuente: Universidad Politécnica de Valencia, 2013)

3.3.5. *Aquenio o semilla.*

Sáez, Sabatino, y Aizen (2014) manifiesta que la semilla es de forma ovoide aplanada de unos 8 a 15 milímetros de longitud y de 3,5 a 9 milímetros de ancho, su pericarpio o cubierta externa es duro y fibroso de color negro brillante o estriado de acuerdo con la variedad; al madurar el capítulo

puede llegar a tener un total de 250 a 1500 semillas, dependiendo de su tamaño. El peso total de la semilla lo conforma la almendra en un 80% y la cáscara en un 20%.

Figura 2. Corte transversal de un capítulo floral**.**

Corte transversal del capítulo, donde se observa la ubicación de los aquenios (izquierda) y aquenios con las flores liguladas (derecha) (fuente: Universidad Politécnica de Valencia, 2013)

3.4. Valor nutritivo de las semillas de girasol

Repetto (2018) señala que las semillas de girasol son ricas en grasa, proteína, vitaminas B1, B2, B3, B9, J, C, E, y minerales como el calcio, magnesio, hierro, fósforo, potasio, sodio y zinc, lo que la convierte en un snack muy completo y recomendable para el consumo directo, beneficiando a la salud, ya que su grasa es de la más saludable y aporta un alto contenido calórico de buena calidad.

3.5. El aceite de girasol.

El aceite de girasol tradicional contiene > 85% de ácidos grasos insaturados, representando el ácido linoleico (ω-6) más de dos tercios del total de los ácidos grasos Izquierdo y col. (2009). El aceite obtenido a partir de los híbridos tradicionales contiene 65-70% de ácido linoleico (ω-6). En contraste, existen híbridos alto oleico (> 80% de ácido oleico y sólo 5-9% de ácido linoleico) y medio oleico (55-75% de ácido oleico y 15- 35% de ácido linoleico). A continuación, se muestran los perfiles de ácidos grasos contenidos en estos tres tipos de aceite.

Tabla 2. Composición de ácidos grasos de distintos aceites de girasol (% de ácidos grasos totales)

Ácidos grasos	Tradicional	Alto-oleico	Medio-oleico
Saturados Totales	11 – 13	9 – 10	< 10
Ácido Oleico	20 – 30	80 – 90	55 – 75
Ácido Linoleico	60 – 70	5 – 9	15 – 35
Ácido Linolénico	< 1	< 1	< 1

Además de los compuestos mayoritarios, el aceite de girasol contiene componentes menores, que incluyen tocoferoles, esteroles y ésteres de esterol, fosfolípidos, ceras, carotenoides, clorofila y metales traza. No obstante, algunos de dichos compuestos (fosfolípidos, tocoferoles y fitoesteroles, entre otros) son eliminados total o parcialmente durante el proceso de refinación de este (Gupta, 2002).

3.6. Extracción de aceite de girasol.

3.6.1. Descascarado.

Lamas (2014) argumenta que, "Para la extracción de aceite la operación de separar la cáscara de la pepa se hace por impacto en un sistema de rodillos que operan a una temperatura de 80 a 85ºC diseñados para ese fin" (p.3). "La cáscara debe desprenderse lo más grande posible, sin formar astillas, y la pepa o almendra debe mantenerse intacta, esto se logra por medio de zarandas y con aire a contracorriente"

3.6.2. Extracción de aceite por prensado en frío.

El prensado mecánico a pesar de ser un método eficaz para la extracción de aceites vegetales es uno de los más antiguos. Esta técnica se puede decir que consiste en el proceso de separación por fragmentos, en la que se presenta la acción de fuerzas externas, de una fase liquida, es decir, el aceite, de una mezcla heterogénea sólido-líquido (molienda de aceite) (Ariçanu & Rus, 2017).

Una de las ventajas de esta técnica de extracción es que no es necesario el uso de sustancias químicas en el proceso, por lo cual se obtiene un producto totalmente natural, de buena calidad y

apto para el consumo, además de esto, los equipos son económicos para adquirirlos al igual que no tienen un alto consumo de energía durante el prensado en comparación con otros métodos de extracción como con el uso de solventes.

El aceite extraído, denominado aceite crudo de prensa, se encuentra en condiciones de ser refinado para eliminar las impurezas. Por otra parte, la torta o "expeller", que aún contiene un alto porcentaje de aceite, es sometida a una segunda extracción utilizando como solvente hexano (Harispe, 2000).

3.6.3. Refinación y filtrado

Según Pérez y Hernán (2017) el aceite crudo contiene un conjunto de sustancias que deben ser eliminadas, mediante el refinado para obtener un aceite comestible con las características deseadas por los consumidores, como sabor y olor suave, aspecto límpido, color claro, estabilidad frente a la oxidación e idoneidad para freír, además de eliminar ácidos grasos libres, fosfatidos y materias colorantes. La filtración se realiza con filtros de placas que separan las impurezas en suspensión, las placa está recubierta por un paño filtrante, donde el aceite crudo pasa por los paños filtrantes que aíslan las impurezas del aceite, el aceite ya filtrado es recolectado en un recipiente y se bombea a un tanque de almacenamiento (Marín, 2017)

Para optimizar la extracción se requiere un tratamiento previo de limpieza de la semilla. Se debe retirar toda la materia extraña de la sustancia que se va a procesar y, en ocasiones, también se retira la cáscara o película, lo cual influye en el contenido de compuestos minoritarios en el aceite. La cáscara debe desprenderse lo más grande posible, sin formar astillas, y la pepa o almendra debe mantenerse intacta. Previamente antes de la extracción, las semillas se someten a un tratamiento con humedad y temperatura (secado y acondicionado) para que el aceite tenga una menor viscosidad y fluya hacia el exterior con más facilidad (Pérez *et al*., 2019).

3.7. Parámetros para la caracterización del aceite.

3.7.1. Índice de saponificación.

El índice de saponificación, que tiene relación con el peso molecular o tamaño de las cadenas de ácidos grasos que están presentes en un aceite o grasa, teniendo en cuenta que este parámetro

es inversamente proporcional a la longitud promedio de la cadena de ácidos grasos, es decir, cuanto menor es el valor de saponificación, mayor es la longitud promedio de la cadena Bauer et al. (2020)

Este parámetro se cuantifica con el número de miligramos de hidróxido de potasio necesario para llevar a cabo la cuantificación de un gramo de sustancia grasa. Los aceites o grasas que tienen en su composición ácidos grasos de cadena larga por lo general tienden a valores bajos de índice de saponificación, debido a que tienen un número menos de grupos carboxílicos por unidad de masa de grasa o aceite lo que quiere decir que su peso molecular seria alto Wu et al. (2020).

3.7.2. Índice de yodo.

El índice de yodo es igual al número de miligramos de yodo necesarios para saturar los ácidos grasos presentes en 100 mg de aceite o grasa, este parámetro se utiliza para la determinación de la cantidad de instauración en los ácidos grasos presentes en una muestra Olubi et al. (2019). Además, que permite la clasificación del aceite según su porcentaje de yodo, como lo son, aceites no secantes en un rango 140, esto indica que se puede caracterizar la muestra como pura o mezclada.

3.7.3. Índice de peróxido.

El índice de peróxido se basa en medir el contenido de oxígeno activo, presente en la muestra grasa o aceite. Se expresa en mili-equivalentes de oxígeno por kilogramo de grasa. La presencia de peróxidos o compuestos oxidantes en una muestra es lo que causa una oxidación del aceite, por esta razón se produce el deterioro, malos olores o en otras palabras el enranciamiento de la muestra. Este parámetro es calculado a partir del yodo liberado del yoduro de potasio, operando en las condiciones especificadas. Las sustancias que oxidan al yoduro de potasio, las consideramos peróxidos u otros productos similares provenientes de la oxidación de las grasas, por lo cual el índice obtenido es catalogado, como una expresión cuantitativa de los peróxidos de la grasa, con una aproximación muy aceptable.

El índice de peróxido está establecido como uno de los parámetros de calidad para los aceites con un valor <10 meq H2O2.k-1, Este parámetro indica el grado de peroxidación lipídica o rancidez que ha sufrido el aceite Pantoja, Hurtado & Martínez. (2017).

3.7.4. Índice de acidez.

El índice de acidez es una medida del grado de descomposición de aceite o la grasa, por acción de las lipasas, la degradación se acelera por acción de luz y calor. Es una determinación usada con frecuencia como una indicación general de la condición y comestibilidad de los aceites y grasas. Se define como el número de miligramos de hidróxido de sodio que son necesarios para poder neutralizar la acidez libre en la muestra grasa.

Cabe resaltar que el resultado de este parámetro es expresado como porcentaje de ácido oleico ($C_{18}H_{34}O_2$) que está presente en una determinada muestra (Guerero & Díaz, 2018). El índice de acidez de un aceite indica su contenido de ácidos grasos libres, por lo que cuanto menor es el contenido de ácidos grasos libres, mejor es la calidad del aceite.

3.7.5. Densidad.

Densidad se define como la masa de una sustancia por unidad de volumen, es medida con un densímetro y cuando la muestra de aceite esta pura y fresca, este parámetro no varía mucho, pero si se le da un trato diferente al aceite, si se pone rancio o de mucha edad se afecta notoriamente esta constante. La densidad permite identificar si el aceite presenta contaminantes disueltos y esta es la medida del volumen que ocupa determinado peso del aceite que se expresa en g/Lm (gramos/mililitros) (Guerrero & Díaz, 2018).

3.8. Análisis proximal.

Dentro de las distintas maneras que existen para realizar análisis de alimentos se encuentra la Bromatología, también llamada análisis proximal o método de Weende que se define como la ciencia que trata los alimentos, en otras palabras, es la que se encarga de analizar la calidad, seguridad y composición de los alimentos (Cabezas & Hernández, 2019).

3.8.1. Humedad.

Para optimizar de manera significativa un proceso de fabricación de un alimento, es necesario poder determinar el contenido de humedad de una forma rápida. El método más común para determinar la humedad es analíticamente a través de la pérdida de agua mediante el método de

secado en mufla o estufa, en el que el cambio de peso de la muestra analizada después de la evaporación del agua absorbida en el horno es el resultado del contenido de humedad de esta (Austin et al., 2013).

Materiales para la determinación de humedad

- ✓ Materia prima a analizar.
- ✓ Estufa con circulación de aire caliente.
- ✓ Balanza con precisión de cuatro cifras decimales.
- ✓ Capsulas de porcelana previamente limpias y secas.

Principio: A través del aire caliente en circulación se da la expulsión de la humedad libre. La temperatura a medida que avanza el secado se regula para un mínimo de perdida de sustancias volátiles. Se dice que este método es de manera indirecta para la determinación de la humedad (Ramírez, 2008).

3.8.2. Proteína cruda.

Las proteínas son polímeros ramificados de aminoácidos, que se unen mediante un enlace peptídico. Solo se encuentran veinte aminoácidos en las proteínas tanto de plantas como de animales, pero estos se pueden combinar en una gran variedad de formas. El elemento más importante en las proteínas es el nitrógeno, por lo cual se debe conocer el porcentaje de este para la determinación de proteínas, para esto, el método aplicado es conocido como Kjeldhal (Banderas, 2012). El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiéndolo en ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico o sulfúrico. El método consta de varias etapas o procesos:

3.8.2.1. Etapa 1: Digestión

La finalidad de la primera etapa de digestión es romper todos los enlaces de nitrógeno presentes en la muestra y después que esté unido entre si orgánicamente convertirlo en iones amonio (NH4 +). El carbono orgánico y el hidrógeno forman dióxido de carbono y agua. En este proceso la materia orgánica se carboniza dando lugar a la formación de una espuma negra. Durante la digestión, la espuma se descompone y finalmente se convierte en un líquido claro que indica que la reacción

química ha terminado. Para ello, la muestra se mezcla con ácido sulfúrico a temperaturas entre 350 y 380 °C. Cuánto más alta sea la temperatura, más rápido será el proceso de digestión.

La digestión también se puede acelerar con la adición de sales y catalizadores. Se añade sulfato de potasio para aumentar el punto de ebullición del ácido sulfúrico y se añaden catalizadores para aumentar la velocidad y la eficiencia del procedimiento de digestión. También se pueden añadir agentes oxidantes para mejorar aún más la velocidad. El tiempo de digestión depende de la estructura química de la muestra, la temperatura, las cantidades de sal sulfato y de catalizador (PanReac AppliChem, 2015).

3.8.2.2. Etapa 2: Destilación.

Durante el proceso de destilación los iones amonio (NH4 +) se convierten en amoniaco (NH3) mediante la adición de un álcali (NaOH). El amoniaco (NH3) es arrastrado al vaso receptor por medio de una corriente de vapor de agua (PanReac AppliChem, 2015). El vaso receptor para el destilado se llena con una solución absorbente para capturar el gas amoniaco disuelto. La solución absorbente más común es el ácido bórico [B(OH)3] en solución acuosa al 2- 4%. El amoniaco es capturado cuantitativamente por la solución de ácido bórico formando iones amonio solvatados (PanReac AppliChem, 2015).

3.8.2.3. Etapa : Titulación.

La concentración de los iones amonio capturado puede determinarse por medio de dos tipos de valoración: Cuando se utiliza el ácido bórico como solución absorbente, posteriormente se lleva a cabo una valoración ácido-base utilizando una solución estandarizada de ácido sulfúrico o clorhídrico y una mezcla de indicadores. El rango de concentración de la solución utilizada varía entre 0,01N a 0,5N dependiendo de la cantidad de iones amonio presentes. El punto final de la valoración también se puede determinar potenciométricamente con un electrodo de pH. Esta valoración se llama valoración directa (PanReac AppliChem, 2015)

Cuando se utiliza una solución valorada de ácido sulfúrico como solución absorbente, el ácido sulfúrico residual (es decir, el exceso que no reacciona con NH3 se valora con una solución

estandarizada de hidróxido sódico y la cantidad de amoniaco se calcula por diferencia. Esta valoración se llama valoración indirecta o por retroceso (PanReac AppliChem, 2015).

3.8.3. Fibra cruda.

La fibra se le conoce a toda sustancia que es de origen vegetal que no es consumible debido a que sobre ellas no actúan enzimas digestivas. Aunque en ciertos reportes no es considerada un nutriente, tiene una gran influencia en la salud por esta razón es necesaria su presencia en los alimentos. La función principal de la fibra en el organismo es disminuir significativamente el tránsito intestinal, eliminar el estreñimiento, la desventaja de la ingestión de fibra es que se pueden absorber minerales como hierro, cinc, entre otros, provocando así un desbalance en el cuerpo (Banderas, 2012).

Principio: El método se basa en la solubilización de los compuestos no celulósicos del alimento en soluciones de H2SO4 al 1,25% p/v y NaOH al 1,25% p/v bajo condiciones de temperatura específicas. La solución resultante es filtrada mediante al vacío regulado y la fibra cruda es eliminada por combustión a partir del residuo de la filtración (Banderas, 2012).

3.8.4. Ceniza.

Se le llama ceniza total a toda la materia inorgánica que hace parte de la composición de los alimentos que incluyen a las sales minerales, están presentes como residuos después de la calcinación de los compuestos orgánicos de los alimentos. La temperatura tiene una función muy importante, ya que debe ser significativamente alta para que sea eliminada en su totalidad toda la materia orgánica, teniendo en cuenta que si la temperatura se excede los compuestos inorgánicos pueden sufrir variaciones o volatilizaciones. Todo alimento en su forma estructural contiene la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos incluyendo minerales, pero no es posible disponer como se presentan en los mismos debido a que al ser incinerados y eliminar toda la materia orgánica su origen natural puede cambiar (Banderas, 2012).

Principio: Es un método gravimétrico que consiste en la incineración de la materia orgánica por vía seca en una mufla a una temperatura a 550°C. Se debe incinerar la muestra hasta que las cenizas sean ligeramente grises o el peso se mantenga constante.

3.8.4.1. Procedimiento.

Tarar el crisol en la mufla a 550°C, después pesar el crisol tarado una vez que esté a temperatura ambiente (PC). Pesar con exactitud una cantidad de 3-5 gramos de muestra bien homogenizada (PO). Calcinar la muestra en la mufla a 550°C aproximadamente hasta que las cenizas sean ligeramente grises o peso constante, enfriar el crisol en el desecador y finalmente pesar tan pronto como la cápsula haya alcanzado la temperatura ambiente (Banderas, 2012).

3.8.5. Grasas.

Las grasas o lípidos tienen una característica muy importante que es la de ser solubles en disolventes orgánicos, pero a su vez son insolubles en agua. Estos son derivados de fuentes vegetales y animales, lo que se diferencia de estos es la cantidad o porcentaje de ácidos grasos ya sean saturados o insaturados que estén presentes en su estructura, pero en los triglicéridos están presentes los ácidos grasos, que desde el ámbito nutricional son los más fundamentales y vitales para la salud.

Cabe resaltar que las grasas que son de origen vegetal se caracterizan por ser liquidas y contienen ácidos grasos insaturados pero las grasas de origen animal tienen mayor contenido de ácidos grasos saturados (Banderas, 2012). El fundamento del extracto etéreo consiste en la extracción de las grasas neutras del material seco con una fracción de éter de petróleo en un extractor Soxhlet, que es una extracción intermitente con un exceso de disolvente.

Principio: El contenido del extracto etéreo consiste en la extracción de las grasas neutras del material seco con una fracción de éter de petróleo en un extractor Soxhlet, que es una extracción intermitente con un exceso de disolvente.

3.9. Cromatografía de gases acoplado a un detector de masas GC/MS.

La cromatografía de gases es una técnica analítica que nos permite separar mezclas de compuestos volátiles y térmicamente estables en sus componentes individuales, donde la muestra se va a desplazar mediante una fase móvil a través de una fase estacionaria con la que es inmiscible fijada a una columna o a una superficie sólida, la separación se lleva a cabo en fase gaseosa, que son la fase móvil y es un gas inerte (helio o nitrógeno) y la fase estacionaria es un sólido (cromatografía gas - solido) o un líquido sostenido por un sólido inerte (cromatografía gas - liquido)

3.10. Antecedentes.

El girasol *Helianthus annuus* L. es el cuarto cultivo de semilla oleaginosa más importante cultivado por la alta concentración (900 $g \cdot kg^{-1}$) de ácidos grasos insaturados en su aceite. La cabeza o la parte floral que confiere el atributo estético varía en tamaño y cambia de color de crema a amarillo entre los diferentes cultivares Soja (2004). Últimamente, ha crecido en importancia como un cultivo oleaginoso en segundo lugar después de la soja como fuente de aceite vegetal comestible.

Es por este motivo que se han realizado múltiples investigaciones sobre el contenido de su aceite y contenidos próximos de la torta residual. La semilla de girasol contiene entre 35 a 50% de aceite, sin embargo, el contenido de aceite depende de la variedad (pequeño, mediano y grande), condiciones genéticas y ambientales, además, el agua es esencial en cada etapa del crecimiento y desarrollo de la semilla, porque la escasez del agua durante estas etapas puede afectar en el crecimiento y puede influir en la composición del aceite de girasol (Ebrahimian, Seyyedi, Bybordi, & Damalas, 2019).

El aceite de girasol está compuesto de 88% a 90% de ácidos grasos insaturados (oleico y linoleico) combinados y aproximadamente 10% de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) (Zheljazkov et al, 2008), de las cuales el 62% es ácido graso poliinsaturado (alto en ω6 y nulo en ω3) y el ácido graso predominante en las semillas de girasol es la omega 6 (linoleico), el 26% es ácido graso monoinsaturado (ω9), además el aceite de girasol contiene vitamina E (500ppm) (Guardia Espinoza, y otros, 2015). Por otro lado, en investigaciones realizadas por Zheljazkov eta al, (2011) clasificaron las semillas de girasol en tres perfiles según el contenido de sus ácidos grasos (i) girasol tradicional del 14 a 49% de ácido oleico, (ii) girasol medio con 42 a 72% de ácido oleico y por último (iii) el girasol con alto contenido de ácido oleico de 75 a 91%.

En cuanto a la extracción y evaluación del aceite y las características fisicoquímicas Judith 2020 extrajo aceite de girasol por el método de extracción mecánica, obteniendo rendimientos del 44% en 100 gr de muestra. Con índice de humedad de 0.1158%, densidad relativa 0.9184%, peróxidos 41.437 meq/kg y acidez de 3.366 KOH/g. En estudios actuales Abumere (2021) estudio las diferentes tasas de estiércol de pollo y NPK 15-15-15 Rendimiento mejorado del girasol *Helianthus annuus* L. en suelo ferruginoso. Concluyendo que se obtuvo un mayor rendimiento de girasol, calidad del aceite y absorción de nutrientes de las plantas suministradas con 10 $t \cdot ha^{-1}$ estiércol de

pollo sobre el control. Por lo tanto, con el fin de mantener la salud del suelo y el rendimiento óptimo del girasol, aplicación de 10 $t \cdot ha^{-1}$ el estiércol de pollo se recomienda para suelos ferruginosos tropicales.

4. METODOLOGIA.

4.1. Localización del área de estudio.

La realización del estudio se llevó a cabo en el Campus de la Universidad de Córdoba ubicada al norte de la Ciudad de Montería Córdoba, ubicado en la latitud Norte 8° 47’ 32.71’’ y 75° 51’ 45.27’’ Latitud Oeste con una altura de 18 m.s.n.m. temperatura aproximada de 32°C y humedad relativa de 80%.

La colecta del material biológico de estudio se tomó del cultivo de girasol establecido en el área destinada para siembra. La fase de laboratorio se desarrolló en los laboratorios de Biotecnología (Grubiodeq) sede Central, Laboratorio de Nutrición Animal sede Berástegui y Laboratorio de toxicología sede Central.

Figura 3. Localización Universidad de Córdoba.

Tomado de Google eart

4.2. Pretratamiento del material biológico.

Una vez tomados los capítulos florales del área de siembra, fueron trasportados al laboratorio Grubiodeq, en donde se tomó el capítulo floral para la separación de sus semillas y posterior descascarado de las mismas de forma manual. Para los ensayos se pesaron 80 gr de semillas para ser descascarados, procediendo registrar su peso una vez descascarado. Las semillas descascaradas se guardaron en bolsas plásticas, para su posterior proceso de extracción de aceite y análisis proximal del residuo obtenido de la extracción (torta).

4.2.1. *Extracción del aceite por prensado.*

La extracción del aceite se realizó por el método de prensado a través de una maquina tipo prensa de tornillo sin fin, modelo CZR109 con ronda giratoria de potencia 450 W.

Figura 4. Maquina extractora de aceite.

Para la extracción de aceite, se encendió el dispositivo de calentamiento durante 15 minutos previamente, transcurrido el tiempo de calentamiento se adicionaron 50gr de semilla previamente descascaradas. Procediendo a la extracción del aceite y debida colecta de la torta residual de la semilla. El aceite crudo extraído, se filtró utilizando papel filtro cualitativo marca Boeco, esto con el propósito de eliminar impurezas generadas durante la extracción, posteriormente se guardó el aceite en frascos color ámbar y la torta residual empacada en bolsas plásticas ziploc. Ambas muestras fueron tenidas en refrigeración para su posterior estudio en perfil lipídico del aceite y análisis proximal de la torta. Cada muestra se realizó por triplicado.
Determinación del rendimiento de aceite crudo.

El rendimiento de aceite se calculó basándose en la siguiente ecuación 1:

$$\text{Rendimiento } (\%\ p/p) = \frac{mA}{mS} * 100\% \qquad \textbf{Ecuación 1}$$

Dónde:

mA = masa de aceite extraído (g).

mS = masa total de semilla utilizada para cada extracción (g).

4.3. Determinación del perfil lipídico del aceite crudo.

La cuantificación de los ácidos grasos se realizó mediante técnica de cromatografía de gases acoplado a masas, siguiendo el presente procedimiento.

Se pesaron 0,5 g del aceite en un vial de vidrio de 12 mL, seguido a esto se le agregaron 3 mL de una solución de KOH/MeOH al 0,5 M, el vial se tapó y se colocó por 35 minutos en baño de maría a 60 °C. Seguido a esto se dejó reposar por 10 min aproximadamente para luego extraer con 3 mL de Hexano y se agitó vigorosamente por 5 - 8 minutos. Para separar bien las capas se agregó agua destilada en el caso de que sea requerido. Se tomó una alícuota de la capa orgánica y se inyectó en el Cromatógrafo de gases (Wang *et al.*, 2015).

Se empleó un Cromatógrafo de gases Trace 1310 equipado con una columna Capilar AB5 - MS AbelBonded (30 m de longitud nominal x 0,25 mm de diámetro interno y con 0,25 µm de espesor de la película) y acoplado con un detector de espectrometría de masas ISQ - Thermo Scientific. La técnica de inyección es de flujo completo (Splittles) y el volumen de inyección de 1 uL.

La temperatura del horno se programó de la siguiente manera: 100 °C por 1 minuto, incrementando hasta 250 °C por 5 minutos a razón de 4 °C/min, posteriormente se incrementará a 280 °C a razón de 4 °C/min y se mantiene durante 2 minutos. Se usó Helio como gas de arrastre o como fase móvil con un flujo de 1,0 mL/min. El equipo se empleó en modo de impacto electrónico (70 ev), utilizando el modo de monitoreo de iones (SIM) y la temperatura de la fuente de iones de 230 °C. Se empleó el método cuantitativo del patrón o curva externa de calibrado (metanol) y los datos fueron procesados usando Xcalibur® 2.2.

4.4. Análisis fisicoquímico del aceite crudo.

4.4.1. *Humedad.*

La humedad se determinó siguiendo la norma AOCS Ca 2d - 25; 2009, en donde se emplearon capsulas de porcelana, las cuales se colocaron a secar en el horno a 105 0C durante 30 minutos hasta que se regístrese un peso constante de las mismas en una balanza analítica. Posteriormente se pesaron 3 gramos de aceite (W) sobre la capsula y se introdujeron en el horno durante 4 horas a una temperatura de 105 ºC. Pasado el tiempo estas se colocaron a enfriar en el desecador durante 15 minutos, pasando así a registrar su peso (W2). Los datos fueron reemplazados en la ecuación siguiente.

$$\% \text{ H} = \frac{\text{W}-(\text{W2}-\text{W1})}{\text{W}} \; x \; 100 \; \%$$ **Ecuación 2**

Dónde:

% H = porcentaje de humedad.
W = peso de la muestra de aceite (g).
W1 = peso de la capsula vacía (g).
W2 = peso de la caja de Petri con la muestra seca (g).

4.4.2. *Densidad.*

La densidad de los aceites se halló según la AOCS Cc 10c - 95; 2009. En donde se empleó el uso de un picnómetro de 10 mL, previamente calibrado, la densidad del aceite se calculó aplicando la ecuación 3.

$$\rho = \frac{(\text{Wa} + \text{Wp}) - \text{Wp}}{\text{Vp}}$$ **Ecuación 3.**

Dónde:

ρ = Densidad
Wa + Wp = peso de la muestra de aceite más peso del picnómetro (g).
Wp = peso del picnómetro vacío (g).
Vp = volumen del picnómetro (mL).

4.4.3. *Índice de peróxidos.*

Se tomaron 2 gramos de muestra de aceite y 10 mL de solución de ácido acético - cloroformo relación (3:2) en un frasco color ámbar agitándose hasta disolver la muestra, añadiéndose 0.5 mL de solución saturada de yoduro de potasio (KI). Dejándose en reposo durante un minuto, agregando posteriormente 30 mL de agua destilada. La solución fue titulada con tiosulfato de sodio 0,1 N ($N_2S_2O_3$), utilizando como indicador solución de almidón al 1%.la titulización termina hasta que desaparezca el color amarillo. El procediendo anterior se basó en la norma (AOCS Cd 8 - 53; 2003)

Para hallar los cálculos se aplicó la ecuación 4.

$$I.P = \frac{V \times N \times 1000}{W}$$ **Ecuación 4**

Dónde:

IA = Índice de peróxidos.

W = peso de la muestra de aceite (g).

V = volumen de $Na_2S_2O_3$ gastado (mL).

N = normalidad del $Na_2S_2O_3$.

4.4.4. *Índice de acidez.*

(AOCS Cd 3d - 63; 2009) se tomaron 2 gramos de aceite, depositándose en un Erlenmeyer añadiéndose 50 mL de alcohol etílico, neutralizándose con KOH 0,01N, se utilizó como indicador 2 mL de fenolftaleína. Sé preparo una muestra control como testigo para el análisis. Seguidamente se realizó la titulación con hidróxido de potasio (KOH) 0,01 N hasta que se presentara un viraje color rosa. Los valores obtenidos se reemplazaron en la ecuación 5.

$$I.A = \frac{(Vm - Vb) \times N \times 56{,}1}{W}$$ **Ecuación 5**

Dónde:

Vm = volumen de KOH gastado en la muestra (mL).

Vb = volumen de KOH gastado en el blanco (mL).

N = normalidad del KOH.

W = peso de la muestra de aceite (g).

IA = Índice de acidez, expresa los miligramos de KOH requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres (ácido oleico) de la muestra (mg KOH/g).

4.4.5. *Índice de saponificación.*

(AOCS Cd 3-25; 2009) se pesaron 2 gramos de aceite, depositándolos en un Erlenmeyer agregando 20 mL de solución etanólica de hidróxido de potasio al 0.5 N. En la realización de este parámetro se aplicó una muestra control.

Para la determinación del índice de saponificación (AOCS Cd 3-25; 2009), se pesaron en un Erlenmeyer 2 g de muestra de aceite y se le agregan 20 mL de solución etanólica de hidróxido de potasio 0,5 N. Se prepara un blanco y se realiza el análisis simultáneo con la muestra.

Las muestras se sometieron a calentamiento en reflujo durante un periodo de 60 minutos a 60 ^{0}C. una vez dada la saponificación, se procedió a realizar la valoración con HCL al 0.5 N, empleando como indicador fenolftaleína. Los valores fueron reemplazados en la ecuación 6 para calcular el índice de saponificación.

$$\mathrm{SAP} = \frac{(\mathrm{Vb}-\mathrm{Vm})\ \mathrm{x}\ \mathrm{N}\ \mathrm{x}\ 56{,}1}{\mathrm{W}}$$ **Ecuación 6**

Dónde:

SAP = Índice de saponificación;
Vb = volumen de HCL gastado en la muestra (mL).
Vm = volumen de HCL gastado en el blanco (mL).
N = normalidad del HCL;
W = peso de la muestra de aceite (g).

4.5. Procedimiento análisis proximal torta de girasol.

4.5.1. *Ceniza cruda.*

Se tomaron crisoles colocándose a secar en el horno a 105 ^{0}C durante 15 minutos, para tomar su peso seco, una vez obtenido el peso seco del crisol se pesaron 2 gramos de muestra (torta de girasol) llevándose a la Mufla y sometiéndose a 550 ^{0}C durante 24 horas. Ya pasado el tiempo de calcinación en la mufla, se dispusieron los crisoles en el desecador durante 15 minutos para enfriarse, una vez fríos se registró el peso del crisol con la muestra ya calcinada. El contenido de cenizas se calcula mediante la ecuación 7.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{W2 - W0}{W1} \; x \; 100 \; \% \qquad \textbf{Ecuación 7}$$

Dónde:

W1 = Peso muestra no calcinada (g).
W2 = Peso cenizas + crisol (g).
W0 = Peso de crisol vacío (g).

4.5.2. *Humedad.*

Se atemperaron capsulas de porcelanas en el horno a 105 ^{0}C durante 15 minutos, las capsulas fueron enfriadas en el desecador durante 15 minutos, pasando así a registrar su peso en la balanza analítica, adicionando 2 gramos de torta, para así llevar al horno desecador con flujo de aire a 60 ^{0}C durante 24 horas. Las muestras fueron enfriadas en el desecador una vez cumplido el tiempo de secado por 24 horas, posteriormente se registró el peso de la muestra seca. El contenido de humedad bajo la siguiente ecuación.

$$\% \text{ H} = \frac{W1 - (W2 - W0)}{W1} \; x \; 100 \; \% \qquad \textbf{Ecuación 8.}$$

Dónde:

W1 = Peso muestra húmeda (g).
W2 = Peso cápsula + muestra seca (g).
W0 = Peso capsula vacía (g).

4.5.3. *Extracto etéreo.*

La muestra fue secada por un periodo de 24 horas a 60 ^{0}C en el horno desecador con flujo de aire, una vez seca se tomaron 2 gramos, envolviéndolos en papel filtro, anotando el peso del papel empleado. Procediéndose seguidamente a Montar el sistema Soxhlet, previamente se atemperaron los balones del sistema a 105 ^{0}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, durante un periodo de 2 horas. A medida que se cumplió este tiempo los balones fueron secados en el horno a 105 ^{0}C por 15 minutos y puestos a enfriar en el desecador, para posteriormente registrar su peso con el residuo de grasas obtenidas. El contenido de grasas se calculó en la ecuación 9.

$$\% \text{ Grasas} = \frac{\text{m6} - \text{m5}}{\text{m4}} \; x \; 100 \; \% \qquad \textbf{Ecuación 9}$$

Dónde:

m4 = Peso muestra seca (g).
m5 = Peso vacío (g).
m6 = Peso recipiente + Grasas (g).

4.5.4. *Proteínas.*

Se tomaron 0,5 gramos de muestra, secadas previamente a 60 ^{0}C durante 24 horas, posteriormente fueron introducidas a un tubo de digestión Kjeldahl, adicionando 25 mL de ácido sulfúrico y después se adiciono una tableta de Kjeldahl como catalizador. Así mismo se colocaron los tubos en el digestor a 330 ^{0}C, hasta que se tornara una coloración verde esmeralda indicando la terminación del proceso.

Los tubos se dejaron en reposos durante 30 minutos, para iniciar el proceso de destilado del amoniaco, al mismo tiempo se tuvo 100 mL solución de ácido bórico al 2% en el frasco de colección del destilador adicionándole 4 gotas de indicador mixto. Simultáneamente se conectó el tubo de digestión al equipo de destilación para iniciar su proceso, en donde se empleó 120 mL de hidróxido de sodio 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 amoniaco obtenido mediante titulación con ácido sulfúrico 0.2 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.

El contenido de nitrógeno y proteínas se calcularon mediante la ecuación 10 y 11, respectivamente:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{\left(\frac{\text{Vm} - \text{Vb}}{1000}\right) \text{ x N x } 14}{\text{W}} \; x \; 100 \; \%$$ **Ecuación 10.**

Dónde:

Vb = volumen de H_2SO_4 gastado en la muestra (mL).
Vm = volumen de H_2SO_4 gastado en el blanco (mL).
N = normalidad del H_2SO_4;
W = peso de la muestra (g).

$$\% \text{ Proteinas} = \% \text{ Nitrogeno } x \; 6{,}25$$ **Ecuación 11.**

4.5.5. *Fibra cruda.*

Se pesó 1 g de muestra de torta de girasol, previamente secada y desengrasada. Se realizó una digestión ácida con ácido sulfúrico al 1,25 %, dejando hervir junto con la muestra durante 30 minutos. Se adicionaron dos gotas de octanol como agente antiespumante en caso de producirse espuma. Se tomó un disco de papel filtro cuantitativo grado 50 previamente secado en un horno a 105 °C y se registró su peso (W1). 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 hidróxido de

sodio 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 (W2) y se calcinó a 550 °C en Mufla durante 4 horas. Se registró el peso del crisol con las cenizas (W3). El contenido de fibra se calculó mediante la ecuación 12:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{(\text{W2} - \text{W1}) - \text{W3}}{\text{W}} \; x \; 100 \; \%$$

Ecuación 12.

Dónde:

W = Peso de la muestra (g).
W1 = Peso del papel filtro (g).
W2 = Peso del crisol + papel filtro con la muestra seca (g).
W3 = Peso del crisol + cenizas (g).

4.6. Análisis estadístico.

Se utilizó un diseño completamente al azar y todos los parámetros evaluados fueron sometidos a pruebas de normalidad; luego se sometieron a un ANOVA y para comparar se realizó la prueba de Tukey. En todos los casos se tomó $p \leq 0.05$ para destacar las diferencias significativas entre los tratamientos los parámetros analizados fueron expresados como valores promedio ± desviación estándar. El análisis se realizó con el software estadístico IBMSPSS versión 21.

Diseño experimental

Tratamiento	Tipo de fertilización
T1	Testigo o control, sin fertilización
T2	Fertilización química
T3	Lombricompost (100 %)
T4	Fertilización química (50 %) + Lombri-compost (50 %)

5. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1. Evaluación del rendimiento de aceite crudo de girasol obtenido por prensando semilla de girasol *Helianthus annuus* L. híbrido Esbella.

La Tabla 3, presenta los resultados obtenidos para el rendimiento en la extracción del aceite crudo de girasol, se muestran diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento T2 fertilización química (41,63±2,68); con respecto a los tratamientos T1 control (sin fertilización) (29,68±2,79); T3 fertilización orgánica con Lombrihumus (33,70±2,07) y T4 fertilización combinada 50% Lombrihumus, 50% fertilización química (36,23±3,81). Presentándose el mejor rendimiento en T2.

Tabla 3. Rendimiento en aceite del hibrido de girasol Esbella.

TRATAMIENTO	ACEITE CRUDO (%)
T1 - control	29,68±2,79a
T2 – químico	41,63±2,68b
T3 – orgánico	33,70±2,07a
T4 – combinado	36,23±3,81ab

Datos con letras distintas indican diferencia estadística significativa con P≤ 0.05

Donde: T1 control- sin fertilizante

T2 fertilización química

T3 Fertilización orgánica Lombrihumus

T4 fertilización combinada 50% fertilización química 50% fertilización orgánica

Estos resultados, se asemejan a los obtenidos por Abd *et al*. (2017), en donde evaluó la respuesta del rendimiento de las semillas y las composiciones de ácidos grasos para algunos genotipos de girasol al espaciamiento de las plantas y la fertilización nitrogenada encontrando que a medida que se aumentaron los niveles de Nitrógeno 15 a 30 y luego hasta 45 N fad.−1 se presentó un aumento significativo en la proporción del aceite en un 40% y utilizando el hibrido de girasol Sakha 53.

Estos resultados son debidos posiblemente al efecto del nitrógeno sobre el metabolismo que induce a la formación de órganos de la planta Ali (2012). Datos similares fueron obtenidos por Mehrparvar (2021) donde se estudió la fertilización con N y P sobre el rendimiento de aceite de girasol, hallando que el aumento de la tasa de aplicación de P sin el uso de N provocó una tendencia creciente en el contenido de aceite con rendimientos medios de 45%.

El efecto positivo del P sobre el rendimiento de aceite es posiblemente a la participación del fósforo en la estructura de los portadores de energía como ATP y NADP que participan en la síntesis de productos fotosintéticos y lípidos (Sawan et al. 2001).

En cuanto a los resultados del tratamiento T3, es similar a lo obtenido por Abumere (2019) quien aplicando fertilizante orgánico (estiércol de pollo)a una relación de 20 t/ha, obtiene un rendimiento de aceite de 33.8%.

5.2. Determinación perfil lipídico aceite crudo de *Helianthus annuus* L hibrido Esbella, mediante cromatografía de gases.

La Tabla 4, presenta el perfil lipídico de ácidos grasos de los aceites de los diferentes tratamientos. De los 23 ácidos grasos analizados, solamente 16 de ellos estuvieron presentes, el ácido oleico (T1-28,322%; T2- 29,166%; T3 - 29,594%; T4- 28,585%) se identificó como el principal ácido graso, seguido del ácido graso linoleico (T1-14,864%; T2- 15,188%; T3 - 15,500%; T4- 15,115%), ácido palmítico (T1-3,174%; T2- 3,355%; T3 - 3,265%; T4- 3,150%) y ácido esteárico (T1-2,249%; T2-2,372%; T3 - 2,378%; T4- 2,237%).

Los ácidos grasos saturados de cadena larga son los que originan enfermedades de tipo coronario o generan taponamientos de arterias (Webb y Sanders 1991). Tomando como referencia estos antecedentes los ácidos behénico (C22:0) y ácido Lignocérico (C24:0) son menos comprometedores que el ácido palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0). Los ácidos grasos en menor proporción fueron Ácido Behénico (C22:0), Ácido Pentadecanoico (C15:0) Ácido Míristico (C14:0). Estos resultados concuerdan a lo estudiado por Cetin (2021), en donde se analizó la

composición próxima de semillas de girasol en 7 variedades hibridas, hallando ácidos grasos en mayor porcentaje de tipo oleico en promedio de 23%, y ácido linoleico (C18:2) en 66% promedio.

Tabla 4. Perfil lipídico aceite crudo de girasol hibrido Esbella.

Ácidos Grasos	N° C: doble enlace	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)
Ácido Caprílico	C8:0	-	-	-	-
Ácido Cáprico	C10:0	-	-	-	-
Ácido Undecanoico	C11:0	-	-	-	-
Ácido Láurico	C12:0	-	-	-	-
Ácido Tridecanoico	C13:0	-	-	-	-
Ácido Míristico	C14:0	0,018	0,029	0,030	0,029
Ácido Miristoléico	C14:1:	0,016	0,018	0,019	0,018
Ácido Pentadecanoico	C15:0	0,008	0,012	0,014	0,013
Ácido Palmítico	C16:0	3,174	3,355	3,265	3,150
Ácido Palmitoléico	C16:1	0,065	0,110	0,105	0,107
Ácido Heptadecanoico	C17:0	0,140	0,153	0,232	0,229
Ácido Heptadecenoico	C17:1	0,047	0,068	0,074	0,074
Ácido Esteárico	C18:0	2,249	2,372	2,378	2,237
Ácido Oleico	C18:1	28,322	29,166	29,594	28,585
Ácido Linoléico	C18:2	14,864	15,188	15,500	15,115
Ácido γ-Linolénico	C18:3	-	-	-	-
Ácido Araquídico	C20:0	-	-	-	-
Ácido Eicosenóico	C20:1	0,096	0,267	0,318	0,295
Ácido Eicosadienoico	C20:2	-	-	-	-
Ácido Araquidónico	C20:4	0,049	0,048	0,048	0,049
Ácido Heneicosanoico	C21:0	-	0,009	0,008	0,013
Ácido Behénico	C22:0	0,281	0,601	0,674	0,638
Ácido Lignocérico	C24:0	0,307	0,399	0,448	0,445

T1 Control; T2 fertilizante químico; T3 fertilizante orgánico-Lombrihumus; T4 Combinación fertilizante químico con orgánico 50/50

De igual forma para los ácidos grasos saturados en mayor contenido se halló el ácido palmítico (C16:0) con 5% en promedio y en menores contenidos se presentaron el ácido mirístico (C14:0) cuyo valor más alto se determinó en las variedades P64LC53 y Tunca con porcentajes de 0,07%.

Se reportaron contenidos similares de ácido palmítico (C16: 0) y ácido esteárico más alto (C18: 0) (Alberio et al. 2016).

Estudios realizados por Abd EL (2017), probó los efectos de los niveles de la fertilización nitrogenada en diferentes híbridos de girasol hallando que, se presentaron aumentos en la proporción de ácido oleico en un 2.51% y ácido linoleico en un 1.94% para la variedad de girasol Giza 102 cultivada con un nivel de fertilización nitrogenada de hasta 5 N fad.$^{-1}$. Las concentraciones de ácido palmítico, en cada uno de los tratamientos no superó en más del 3%. Ali (2012) reporta contenidos de ácido palmítico de 5.27%, quien de tres tratamientos aplicó la mayor dosificación en una proporción de 225 kg/ha. Estos cambios variantes en cuanto al contenido de ácidos grasos saturados e insaturados entre variedades de girasol distintas, es debido posiblemente a las diferencias en su composición genética Boydak et al. (2010).

5.3. Caracterización fisicoquímica del aceite crudo de girasol *Helianthus annuus* L. Hibrido Esbella.

Los valores en cada uno de los tratamientos para la variable de humedad mostraron datos admisibles, en donde presentaron diferencias estadísticas significativas (P<0,05) entre los tratamientos, siendo el tratamiento T3 el que presentó menor humedad (0.01%) y T1 el de mayor humedad (0.04%), Tabla 5. Estos resultados oscilaron entre los valores comerciales del aceite de girasol, esto es reportado por Carrillo (2020) en donde obtuvo valores de humedad de 0.03% y 0.05% respectivamente AFOA, (2014). Según NIOP (2014) Asociación Americana de Aceites y Grasas y el Instituto Nacional de Productos y Semillas Oleaginosas de Estados Unidos, especifican que la humedad de todos los aceites en el refinado se aproxima a 0.1%. Lo que muestra que la humedad del aceite está dentro del rango establecido.

Para el índice de acidez hubieron diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados con (P<0,05), (Tabla 5). el tratamiento T1 reporto el valor más alto 1,15 KOH/g, siendo para los demás tratamientos valores promedios de entre 0.6 y 0,8. Indicando que para según el CODEX STAN 19 (1981) el índice de un aceite refinado es de 0.6mg de KOH/g, no obstante Lamas (2016) obtuvo un índice de acidez 2,29 expresado en mg KOH/g y así mismo en estudios anteriores por Crapiste, y

Constenla, (2014) obtuvieron un índice de acidez de 3,95 0,07 mg de KOH /g lo cual indica que el aceite se encuentra en condiciones aceptables de calidad.

Para los valores medios de densidad estos estuvieron en 0.93g/mL, en donde se denotaron diferencias estadísticas en cada uno de los tratamientos con (P<0,05), (Tabla 5), estos datos son semejantes a lo obtenido por Carrillo (2020) quien halló densidades en los rangos de 0.9184-0.9199 g/mL, así mismo estos datos son muy semejantes a los aceites comerciales, en donde según el l CODEX STAN 210, (1999) el rango de densidad que debe tener el aceite de girasol es de 0.918-0.923g/mL. Así mismo el protocolo de calidad del Ministerio de Agricultura Argentino (2015) reporta rangos de densidad absoluta de 0,9106 a 0,9132, lo cual indica que el aceite de girasol tiene densidades aceptables.

En cuanto al índice de peróxidos los tratamientos todos tuvieron diferencias (P<0,05) (Tabla 5), entre si, estando T1 (9,80 2 meq O2/Kg) con el menor valor y siendo T3 (12,46 meq O2/Kg) con el rango más alto, estos valores estuvieron cercanos al límite permisible de rancidez, debido a que los valores máximos de peróxido son de 10 miliequivalente de oxígeno activo/kg de aceite,por un lado Choe & David, (2006) mencionan que puede deberse a diferentes factores tales como el grado de insaturación de los ácidos grasos presentes en el aceite, condiciones de almacenamiento, la exposición a la luz y el contenido de metales u otros compuestos que pueden catalizar los procesos de oxidación, asimismo Stefanoudaki, Williams, & Harwood, (2010) indican que los valores altos de peróxido en la mayoría de los aceites se deben a la exposición a temperaturas cambiantes antes del refinado, de igual modo Ghasemnezhada & Honermeier, (2009) mencionan que las semillas de girasol almacenadas por un mayor tiempo y a temperaturas altas afecta en la vida útil y la calidad de los aceites. Por otra parte, el índice de saponificación se mantuvo en los rangos de 191.35 a 2013.76, presentándose sólo diferencias estadísticas significativas con (P<0,05) (Tabla 5), entre los tratamientos T1,T2 y T4 estos valores obtenidos se asemejan a lo referenciado por Zambrano (2019) quien obtuvo valores medios de índice de saponificación en 191.48. Así mismo estudios anteriores hechos por Neagu (2014) alcanzo valores promedios para este índice de 209.488 a 212.432 para aceite crudo de girasol.

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del aceite crudo de girasol hibrido Esbella.

Tratamiento	Humedad	Índice de Acidez	Densidad	Índice de Peróxidos	Índice de Saponificación
T1	0,04±0,002c	1,15±0,028c	0,94±0,0c	9,80±0,287a	191,35±0,8a
T2	0,02±0,002b	0,869±0,028b	0,93±0,0bc	12,30±0,761b	203,27±1,011c
T3	0,01±0,004a	0,57±0,043a	0,91±0,0a	12,46±0,498b	201,13±0,8c
T4	0,02±0,003ab	0,617±0,028a	0,93±0,0ab	10,32±0,288a	193,75±0,817b

Datos con letras distintas indican diferencia estadística significativa con P≤ 0.05

T1 Control sin fertilización; T2 fertilizante químico; T3 fertilizante orgánico- Lombrihumus; T4 Combinación fertilizante químico con orgánico 50/50 Evaluación del análisis proximal de la torta residual obtenida a partir del prensado de semillas de girasol de *Helianthus annuus* L hibrido Esbella

La composición próximal de la torta de girasol se observan en la Tabla 6. El contenido de humedad estuvo entre los valores de 2,72 - 3,57, denotándose diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T2 (2,72%) y T4 (3,57%). Estos resultados fueron informados por Subaşı (2020) quien analizando el análisis proximal de la torta desengrasada de girasol reporto contenidos de humedad del 3.2%. El contenido de humedad es un factor importante, ya que este permite mantener durante prolongados periodos de tiempo el almacenaje de la misma, un nivel por debajo del 12% se considera seguro para el almacenamiento, dado a que evita el crecimiento de mohos Santalla (2003), lo que indica para nuestros resultados un índice de humedad aceptable a comparación con los resultados hallados por Petraru (2021) en donde reporto índice de humedad para torta de girasol de 8.75%.

Tabla 6. Análisis proximal torta residual de girasol hibrido Esbella.

Tratamiento	Humedad	Cenizas	Extracto Etéreo	Proteínas	Fibra
T1	3,21±0,08[ab]	7,31±0,32	10,98±0,07a	49,18±1,15	2,72±0,35a
T2	2,72±0,45[a]	7,42±0,37	11,35±0,29ab	53,25±2,16	2,17±0,72a
T3	3,05±0,15[ab]	6,74±0,29	19,79±0,32c	51,89±1,89	3,11±0,52a
T4	3,57±0,35[b]	7,08±0,27	16,14±1,56bc	49,57±1,69	5,34±1,37b

Datos con letras distintas indican diferencia estadística significativa con P≤ 0.05

T1 Control- sin fertilización; T2 fertilizante químico; T3 fertilizante orgánico- Lombrihumus; T4 Combinación fertilizante químico con orgánico 50/50

Con respecto al tratamiento T2 mostró el menor valor de humedad y diferencia estadística significativa con respecto a los otros tratamientos, un estudio similar realizado por Abumere (2019), quien aplicando fertilización inorgánica a base de NPK presentó valores de humedad o materia seca bajos en la evaluación de los parámetros morfométricos de la planta de girasol. Esto podría estar relacionado con una velocidad más rápida a la que los fertilizantes minerales liberan nutrientes en comparación con los fertilizantes orgánicos.

El contenido de ceniza no mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, pero si evidenciaron diferencias numéricas entre (6,74%- 7,31%), datos son similares a los obtenidos por Cetin (2021) donde analizó el contenido cenizas en la torta residual de la variedad hibrida de girasol Transol y Tunca, reportando valores promedios entre 3.2 %– 4.8%, lo cual se encuentra dentro de los intervalos de humedad hallados en la variedad de girasol Esbella, por otra parte, Petraru (2021) en su estudio de Evaluación de las características nutricionales de las semillas de girasol, aceite y torta encuentra cenizas en promedios de 6,15% lo cual es muy cercano. En otras palabras, el contenido de cenizas podría deberse a la absorción de nutrientes por parte de la planta en la aplicación de cada uno de los tratamientos.

Estos resultados son similares a lo obtenido por Abumere (2019) quien indica en su estudio de Análisis de absorción de nutrientes de brotes por girasoles en fertilizante de suelo ferruginoso con diferentes tasas de estiércol de pollo y fertilizante NPK, encontró mayor relación de nutrientes, en el fertilizante orgánico aplicando (20t/ha de estiércol de pollo) encontrando mejor relación de potasio (0,85 cmol·kg)−1), sodio (0,40 cmol·kg−1), magnesio (0,28 mg·g−1), y hierro (0,27 mg·g-1). Mas aún en estudios anteriores realizados por Salgado et al. (2012), Heuzé et al. (2012) reportan porcentajes medios de cenizas para variedades hibridas de girasol en 8 y 7%. Esto es semejante a lo obtenido para esta investigación.

En la variable de extracto etéreo, se presentó diferencia estadística significativa P(≤ 0.05) sólo en los tratamientos T1(10,98%) y T3 (19,79%). Esto podría deberse principalmente al uso de los fertilizantes aplicados, pero más sin embargo estudios realizados sobre componentes próximos de los girasoles influenciados por diferentes tasas de estiércol de pollo y fertilizantes NPK, se halló que no hubo diferencias estadísticas significativas para la variable de lípidos crudos o extracto

etéreo en donde se reportaron porcentajes medios entre 3.8 – 4.6 %,estos hallazgos muy probablemente se deban a la genética de los híbridos de girasol, los cuales se comportan de manera diferente con respecto a las condiciones ambientales y edáficas del suelo (Abumere 2019; Jocić 2015)

En cuanto al contenido de proteínas no hubo diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos aplicados. Los valores de porcentajes medios oscilaron entre 49,18% - 53,25%. En estos resultados se puede evidenciar que hubo buenos valores de proteínas, lo cual es muy semejante en estudios realizados por Alexandrino (2017) quien, evaluando el rendimiento y extracción de proteínas, obtuvo un 61.6% de proteínas de harina de girasol, este valor estuvo cercano al tratamiento de fertilización química T2 en donde se halló 53,25% de proteínas.

Considerando que el tratamiento T2 fue el mejor con respecto a los demás, esto posiblemente se halla dado, al nitrógeno presente en la fertilización química, lo cual es corroborado por Ali (2012) quien, al estudiar el efecto del contenido de nitrógeno sobre la harina de girasol, halló que al aumentar la tasa de fertilización nitrogenada (225 kg N/ ha) aumento la relación del contenido de proteínas en 20.09% con respecto a la evaluación del año anterior donde se aplicó 150 kg N/ ha. Por otro lado, Subaşı (2020) encuentra porcentajes de proteínas en harina de girasol de 80% y 87% respectivamente.

El contenido de fibra obtuvo diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en T1(2,72%) y T2(5,34%), con rangos de 2,17% - 5.34%. Estos resultados son inferiores a lo reportado por la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal FEDNA, quien reporta contenidos promedios para fibra en un 30%.8, pero más sin embargo en años anteriores (Sodini, 1977; Berot, 1983) alcanzan valores de 4.33% y 5.75% de fibra cruda. Estos resultados se pueden estar dando posiblemente a que el contenido de fibra en la semilla de girasol es escaza o el método de extracción empleado no fue el más preciso, debido a que no se pudo emplear el equipo comercial destinado para la digestión de fibras. En estudios actuales se evaluaron contenidos próximos de girasoles influenciados por diferentes tasas de estiércol de pollo y fertilizantes NPK hallando porcentajes promedios de 18.42% (Abumere ,2019).

6. CONCLUSIONES.

La respuesta del rendimiento a la fertilización química, orgánica y combinada mostró que el mejor resultado lo obtuvo la fertilización química, teniendo mayor proporción ácidos grasos insaturados tipo linileico y oleico demostrando con ello una buena calidad de aceite.

El análisis proximal de la torta, indicó que hubo un buen contenido de proteínas y cenizas, lo que convierte a este subproducto en una fuente opcional para la producción de alimentos de tipo animal.

En la región del Sinú medio, de acuerdo a los resultados presentados en la investigación potencialmente es factible realizar cultivos de girasol, para la obtención de aceite de buena calidad, además, una torta como subproducto que contribuyan con el desarrollo agrícola de la región.

7. RECOMENDACIONES.

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

- ✓ Evaluar las condiciones climáticas o fenológicas con respecto al desarrollo del cultivo, para poder así inferir sobre las condiciones fisiológicas que puedan afectarse.

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

8. BIBLIOGRAFIA.

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. International Journal of Agronomy, 2019.

Abd EL-Satar, M. A., & Hassan, T. H. A. (2017). Response of seed yield and fatty acid compositions for some sunflower genotypes to plant spacing and nitrogen fertilization. Information processing in agriculture, 4(3), 241-252.Zamani *etal*. (2020)

Aguado-Santacruz., G.A. 2012. Uso de microorganismos como biofertilizantes. In: Gerardo A. Aguado Santacruz (ed.). Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura. INIFAP / SAGARPA. México, pp. 35-78.

Abd EL-Satar, M. A., & Hassan, T. H. A. (2017). Response of seed yield and fatty acid compositions for some sunflower genotypes to plant spacing and nitrogen fertilization. Information processing in agriculture, 4(3), 241-252.

Alberio C, Izquierdo NG, Galella T, Zuil S, Reid R, Zambelli A, Aguirrezábal LA (2016) Una nueva mutación de girasol alto oleico confiere una composición estable de ácidos grasos de grano de aceite en todos los ambientes. Eur J Agron 73:25–33.

Adeniji, A. A., Loots, D. T., & Babalola, O. O. (2019). Bacillus velezensis: Filogenia, aplicaciones útiles y vías de explotación. Microbiología Aplicada y Biotecnología, 103(9), 3669– 3682. https://doi.org/10.1007/s00253-019-09710-5

AFOA, American Fats and Oils Association (2014). Standard Trade Rules –Specifications for Linoleic Sunflower Oil Crude (Rule 14), Mid-Oleic Sunflower Oil (Nusun) Crude (Rule 14B), Linoleic Sunflower Oil Fully Refined, Bleached and Deodorized (Rule 15), and Mid-Oleic Sunflower Oil

AOAC. (2009). Oficial Methods of Análisis. Associations of Oficial Analytical Chemists. Fourteenth Edition. Virginia: Edited by Sydney Williams, Arlington.

Ali, TD, Ferrari, RA, de Oliveira, LM, Rita de Cássia, SC y Pacheco, MTB (2017). Fraccionamiento de los componentes de la harina de girasol: Evaluación física, química y nutricional de las fracciones. LWT , 84 , 426-432.

Ali, A., Ahmad, A., Khaliq, T., & Akhtar, J. (2012). Fenología Y Rendimiento De Los Híbridos De GirasoL (*Helianthus annuus* L) Afectados Por El Espaciamiento Variable De Las Plantas

Y Los Niveles De Nitrógeno En Condiciones Semiáridas De Sargodha, Punjab. Pakistan Journal of Science, 64(2), 98.

Ariçanu, A. O., & Rus, F. (2017). Current techniques and processes for vegetable oil extraction from oilseed crops. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering, 10(1), 65–70

Al Surmi, N., El Dengawy, R., & Khalifa, A. (2016). Aspectos químicos y nutricionales de algunas variedades de semillas de cártamo. Journal of Food Processing and Technology, 7(5), 1– 5.

Austin, J., Rodriguez, S., Sung, P. F., & Harris, M. (2013). Utilizing microwaves for the determination of moisture content independent of density. Powder Technology, 236, 17–23. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.06.039

Autino H (2009). Capítulo 2. Preparación de semillas oleaginosas. En Temas Selectos en aceites y grasas. Eds. JM Block y D Barrera Arellano, Editorial Blücher, San Pablo (Brasil) pp. 31-95.

Banderas, M. J. (2012). Análisis proximal de los principales componentes nutricionales de arroz pulido, harina de trigo de flor, maíz amarillo y papa chola. Pontificia universidad católica del ecuador, 66, 37–39

Babalola, O. O., & Glick, B. R. (2012). Agricultura africana indígena y microbios asociados a plantas: práctica actual y perspectivas futuras de transgénicos. Investigación Científica y Ensayos, 7(28), 2431– 2439.

Bauer, L. C., Santos, L. S., Sampaio, K. A., Ferrão, S. P. B., Fontan, R. da C. I., Minim, L. A., Veloso, C. M., & Bonomo, R. C. F. (2020). Physicochemical and thermal characterization of babassu oils (Orbignya phalerata Mart.) obtained by different extraction methods. Food Research International, 137(June), 109474. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109474

Berot, S.; Briffaud, J. Parameters for Obtaining Concentrates from Rapeseed and Sunflower Meal. Plant Foods Hum. Nutr. 1983, 33, 237–242.

Boydak, E., D. Karaaslan, and H. Turkoglu. 2010. The effect of different nitrogen and irrigation levels on fatty acid composition of peanut oils. Turkish Journal of Field Crops 15:29-33.

CODEX STAN 19, (1981) Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales

Cabezas, M., & Hernández, S. (2019). Análisis bromatológico de los componentes de los alimentos funcionales y su relación con la publicidad, universidad del desarrollo, 2018. In Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9, pp. 1689–1699). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.00

Carrillo Huamani, J., & Cañazaca Tito, N. (2020). Extracción y evaluación de las características fisicoquímicas de aceite de semillas de girasol (Helianthus annuus) y comparación con marcas comerciales.

Çetin, N., Karaman, K., Beyzi, E., Sağlam, C., & Demirel, B. (2021). Comparative Evaluation of Some Quality Characteristics of Sunflower Oilseeds (Helianthus annuus L.) Through Machine Learning Classifiers. Food Analytical Methods, 1-16.

Choe, E., & David, B. M. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. Comprehensive Reviews Food Science Food Safety, 169–86. doi:.org/10.1111/j.1541-4337.2006. 00009.

Chavarría, E. Valerio, R. 1993. Guía preliminar de parámetros silviculturales para apoyar los proyectos de reforestación en Costa Rica. MIRENEM. Dirección general forestal. C. R. 202 p.

Ebrahimian, E., Seyyedi, S. M., Bybordi, A., & Damalas, C. (2019). Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability. Agricultural Water , 1/9.

FEDNA. 2005. Fundación Española para el De sarrollo de la Nutrición Animal. Normas FEDNA para la formulación de piensos com puestos. 1. Valor nutritivo de los concentrados de proteína vegetal.

Franco D (2002). Informe de Cadenas Alimentarias: Aceite de Girasol. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Página web: www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/olea/a_girasol_3/Aceite_girasol.htm

Fernández Long, G. (2015). La refinación física en el procesamiento de aceites. pdf, 2/48.

Forleo, M.B., Palmieri, N., Suardi, A., Coaloa, D., & Pari, L. (2018). La ecoeficiencia del cultivo de colza y girasol en Italia. Unirse a la evaluación ambiental y económica. Revista de Producción Más Limpia, 172, 3138– 3153. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.094

Ghasemnezhada, A., & Honermeier, B. (2009). Influence of storage conditions on quality and viability of high and low oleic sunflower seeds. International Journal of Plant Production, 2/11.

González, H. (2015). Aplicaciones de tecnología enzimática a procesos extractivos de aceite y proteína de soja y girasol (Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universidad de Santiago de Compostela). Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=66097

Guerero, S., & Díaz, M. (2018). Influencia del índice de acidez en el poder calorífico del biodiesel, obtenido a partir de aceites reciclados de cocina". Repositorio Institucional - UNS. http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3071

Gupta M K (2002) Sunflower oil. En: Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses. Eds.Gunstone F D., Blackwell Publishing.

Guardia Espinoza, E., Herrera Hurtado, G. L., Garrido Jacob, S., Cárdenas Peralta, D., Martinez Romero, C., Hernandez Figueroa, P., . . . Flores Ángeles, M. (2015). Efecto protector de Helianthus annuus (Girasol) sobre el infarto de micardio en conejos Nueva Zelanda. Rev Peru Med Exp Salud Publica, 1/7.

Harispe R (2000). Degomado acuoso de aceites de girasol. Efecto de las condiciones operativas. Tesis de grado. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata (FI, UNLP)

Heuzé, V.; Tran, G.; Hassoun, P.; Lebas, F.; Lessire, M. Sunflower Meal, 2012. http://www .feedipedia.org/node/732

Igiehon, N. O., & Babalola, O. O. (2017). Biofertilizantes y agricultura sostenible: Explorando los hongos micorrícicos arbusculares. Microbiología Aplicada y Biotecnología, 101(12), 4871–4881. https://doi.org/10.1007/s00253-017-8344-z

Izquierdo N G, Aguirrezábal L A N, Andrade F H, Geroudet C, Valentinuz O, Pereyra Iraola M (2009). Intercepted solar radiation affects oil fatty acid composition in crop species.Original Research Article Field Crops Research, 114(1): 66-74

Jiménez, C., Álvarado, O., y Balaguera, E. (2015). Fluorescencia como indicador de estrés en Helianthus annuus L. Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 9(1), 149. https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3753

Jocić, S., Miladinović, D., & Kaya, Y. (2015). Breeding and Genetics of Sunflower. u: Martinez Force.

Karefyllakis, D., van der Goot, A. J., & Nikiforidis, C. V. (2019). Emulsionantes multicomponentes de semillas de girasol. Opinión actual en Ciencia de los Alimentos, 29, 35– 41. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.07.005

Kottapalli, B., Nguyen, S. P., Dawson, K., Casulli, K., Knockenhauer, C., & Schaffner, D. W. (2020). Evaluación del riesgo de salmonelosis a partir de semillas de girasol tostadas secas. Revista de Protección de alimentos, 83(1), 17– 27. https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-171

Laguna, O., Barakat, A., Alhamada, H., Durand, E., Baréa, B., Fine, F., ... Lecomte, J. (2018). Producción de proteínas y compuestos fenólicos enriquecidos con fracciones a partir de harinas de colza y girasol mediante procesos de fraccionamiento seco. Cultivos y productos industriales, 118, 160– 172. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.045

Lamas, L. (2014). Desgomado enzimático de aceites. 179. http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2493 Lamas, D. L., Constenla, D. T., & Raab, D. (2016). Effect of degumming process on physicochemical properties of sunflower oil. Biocatalysis and agricultural biotechnology, 6, 138-143.

Lee, B.R., S. Muneer, J. C. Avice, W. J. Jung, and T. H. Kim. 2012. Mycorrhizal colonization and P-supplement effects on N uptake and N assimilation in perennial ryegrass under well-watered and drought-stressed conditions. Mycorrhiza 22: 525-534.

Malik, M. A., Sharma, H. K., & Saini, C. S. (2017). Tratamiento ecográfico de alta intensidad de aislado proteico extraído de harina de girasol desfenolizada: Efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales. Ultrasonidos Sonoquímica, 39, 511– 519. https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.05.026

Malik, M. A., & Saini, C. S. (2018). Propiedades reológicas y estructurales de los aislados proteicos extraídos de la harina de girasol desfenolizada: Efecto de la ecografía de alta intensidad. Hidrocoloides alimentarios, 81, 229– 241. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.052

Marín, L. (2017). Extracción de aceite de girasol.docx | Aceite de oliva | Freír. Recuperado el 8 septiembre 2021 webside: https://es.scribd.com/document/381764272/Extraccion-de-aceite-de-girasoldocx

Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., Ghosh, A., & Tribedi, P. (2017). Biofertilizantes: Un enfoque potencial para el desarrollo de la agricultura sostenible. Ciencias Ambientales e Investigación de la Contaminación, 24(4), 3315– 3335. https://doi.org/10.1007/s11356-016-8104-0

Mehrparvar, M., Rokhzadi, A., & Mohammadi, K. (2021). Reduced N Application Rate in Sunflower Production Through Supplying P and K Need and Dense-Planting: a Modeling and Optimization Approach by RSM. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21(2), 1353-1367.

Ministerio de Agricultura Argentino Protocolo de Calidad del Aceite de girasol versión 18 Año 2015. Tomado de Leonardo (alimentosargentinos.gob.ar) 2-12-2021

Mukherjee, A. K., Tripathi, S., Mukherjee, S., Mallick, R., & Banerjee, A. (2019). Efecto del manejo integrado de nutrientes en girasol (Helianthus annuus L.) en suelos aluviales. Ciencia actual, 117(8), 1364.

Murcia, M., Del Longo, O., Argüello, J., Pérez, A., y Peretti, A. (2006). Evaluación del crecimiento de plántulas de cultivares de girasol con diferentes proporciones de ácidos oleico/linoleico en respuesta a la baja temperatura. Revista Brasileira de Sementes, 28(2), 95-101. https://doi.org/10.1590/S0101-3122200600020001

Neagu, AA, Niţă, I. y Botez, E. (2014). Correlaciones entre algunas propiedades físico-químicas del aceite de girasol. Anales de química de la Universidad Ovidius , 25 (2), 71-74.

Olubi, O., Felix-Minnaar, J. V., & Jideani, V. A. (2019). Physicochemical and fatty acid profile of egusi oil from supercritical carbon dioxide extraction. Heliyon, 5(1), e01083. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01083

PanReac AppliChem. (2015). Determinación de Nitrógeno por el método Kjeldahl Determinación de Nitrógeno. ITW Reagents.

Pal, U., Patra, R., Sahoo, N., Bakhara, C., & Panda, M. (2015). Efecto del refinado sobre la calidad y composición del aceite de girasol. Revista de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, 52(7), 4613– 4618. https://doi.org/10.1007/s13197-014-1461-0

Pantoja, A. L., Hurtado, A. M., & Martinez, H. A. (2017). Characterization of passion fruit (Passiflora edulis Sims.) seed oil from agroindustrial. Agroindustria y Ciencia de Los Alimentos/Agroindustry and Food Science , 2323–0118, 178–185

Pérez, G., y Hernán, Á. (2017). Estudio de factibilidad para el procesamiento de aceite de girasol (Helianthus annuus) en el cantón Urcuquí y su comercialización a nivel nacional. Recuperado de webside: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6847

Petraru, A., Ursachi, F., & Amariei, S. (2021). Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. Plants, 10(11), 2487.

Poverene, M., Carrera, A., Ureta, S., y Cantamutto, M. (2014). Especies silvestres del género helianthus y híbridos de girasol cultivado y silvestre en Argentina. Helia, 27(40), 133–142. https://doi.org/10.2298/hel0440133p

Ramírez, G. (2008). Expresión analítica de los componentes de los alimentos. Universidad de Antioquía, 2-30.

Repetto, M. (2018). Semillas de girasol, valor agregado para la nutrición. Recuperado el 5 de octubre de 2021 http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/81507-semillas-girasol-valoragregado-la nutrición.

Sáez, A., Sabatino, M., y Aizen, M. (2014). La diversidad floral del borde afecta la riqueza y abundancia de visitantes florales nativos en cultivos de girasol. Ecología austral, 24(1), 94-102.

Salgado, P. R.; Drago, S. R.; Molina-Ortiz, S. E.; Petruccelli, S.; Andrich, O.; González, R. J.; Mauri, A. N. Production and Characterization of Sunflower (Helianthus annuusL.) Protein-enriched Products Obtained at Pilot Plant Scale. LWT—Food Sci. Technol. 2012, 45, 65–72.

Santalla, E.M., & Mascheroni, R. H. (2003). Nota: Propiedades físicas de las semillas de girasol con alto contenido oleico. Ciencia y tecnología de los alimentos internacional, 9(6), 435-442.

Škorić, D., Jocić, S., Hladni, N., y Vannozzi, P. (2014). Análisis del potencial heterótico para las características agronómicas de girasol (Helianthus annuus L.). Helia, 30(46), 55–74. https://doi.org/10.2298/hel0746055

Sodini, G.; Canella, M. Acidic Butanol Removal of Color-forming Phenols from Sunflower Meal. J. Agric. Food Chem. 1977, 25, 822–825.

Soja, I. (2004). F ALTERACIÓN DE LA COMPOSICIÓN ÁCIDA EN CULTIVOS OLEAGINOSOS. Avances en agronomía,273.

Subaşı, BG, Casanova, F., Capanoglu, E., Ajalloueian, F., Sloth, JJ y Mohammadifar, MA (2020). Extractos proteicos de torta de girasol desengrasada: Propiedades estructurales, físico-químicas y funcionales tras la eliminación de fenoles. Food Bioscience , 38 , 100749.

Stefanoudaki, E., Williams, M., & Harwood, J. (2010). Changes in virgin olive oil characteristics during different storage conditions. European Journal of Lipid Science and Technology, 2/9

Sawan ZM, Hafez SA, Basyony AE (2001) Effect of phosphorus fertilization and foliar application of chelated zinc and calcium on seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. J Agric Sci 136(2): 191–198. https://doi.org/10.1017/S0021859601008644

Universidad Politécnica de Valencia (2013). Parte IV: Tema 20 (6d) Familia Compuestas = Asteráceas (Compositae=Asteraceae) http://www.euita.upv.es (acceso 12/09/21)

Wang, J., Wu, W., Wang, X., Wang, M., y Wu, F. (2015). An effective GC method for the determination of the fatty acid composition in silkworm pupae oil using a two-step methylation process. Journal of the Serbian Chemical Society, 80(1), 9 – 20

Webb DR, Sanders RA (1991) Caprenin 1. Digestión, absorción y reordenamiento en ratas canuladas por conductos torácicos. J Am Coll Toxicol 10(3):325–340. https://doi.org/10.3109/10915819109079813

Wanjari, N., & Waghmare, J. (2015). Potencial fenólico y antioxidante de la harina de girasol. Avances en Ciencias Aplicadas e Investigación, 6, 221– 229**.**

Wu, Y., Yuan, W. Q., Han, X., Hu, J. Z., Yin, L. Q., & Lv, Z. L. (2020). Integrated analysis of fatty acid, sterol and tocopherol components of seed oils obtained from four varieties of industrial and environmental protection crops. Industrial Crops and Products.https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112655

Yegorov, B., Turpurova, T., Sharabaeva, E., & Bondar, Y. (2019). Perspectivas de uso de subproductos de la producción de aceite de girasol en la industria de piensos compuestos.

Revista de Tecnología de Ciencia de los Alimentos Ucrania, 13, 106– 113. https://doi.org/10.15673/fst.v13i1.1337

Zheljazkov, V., Vick, B., Ebelhar, M., Buehring, N., Baldwin, B., Astatkie, T., & Miller, J. (2008). Yield, Oil Content, and Composition of Sunfl ower Grown at Multiple Locations in Mississippi. American Society of Agronomy, 1/8.

Zheljazkov, V., Vick, B., Baldwin, B., Buehringa, N., Coker, C., Astatkie, T., & Johnson, B. (2011). Oil productivity and composition of sunflower as a function of hybrid and planting date. Industrial Crops and Products, 3/9.

Zambrano Zambrano, J. C. (2019). “Estudio Comparativo De La Calidad De Snacks Elaborados A Partir De Semillas De Zambo (Cucurbita Ficifolia B) y Semillas de Girasol (Helianthus Annuus L)” (Bachelor's thesis, Riobamba).

9. ANEXOS

Descriptivos

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Semillasincascara	**1,00**	**3**	**70,00000**	**1,000000**	**,577350**	**67,51586**	**72,48414**	**69,000**	**71,000**
	2,00	**3**	**69,00000**	**1,000000**	**,577350**	**66,51586**	**71,48414**	**68,000**	**70,000**
	3,00	**3**	**69,66667**	**,577350**	**,333333**	**68,23245**	**71,10088**	**69,000**	**70,000**
	4,00	**3**	**69,33333**	**1,527525**	**,881917**	**65,53875**	**73,12792**	**68,000**	**71,000**
	Total	**12**	**69,50000**	**1,000000**	**,288675**	**68,86463**	**70,13537**	**68,000**	**71,000**
Cascaras	**1,00**	**3**	**30,00000**	**1,000000**	**,577350**	**27,51586**	**32,48414**	**29,000**	**31,000**
	2,00	**3**	**31,00000**	**1,000000**	**,577350**	**28,51586**	**33,48414**	**30,000**	**32,000**
	3,00	**3**	**30,33333**	**,577350**	**,333333**	**28,89912**	**31,76755**	**30,000**	**31,000**
	4,00	**3**	**30,66667**	**1,527525**	**,881917**	**26,87208**	**34,46125**	**29,000**	**32,000**
	Total	**12**	**30,50000**	**1,000000**	**,288675**	**29,86463**	**31,13537**	**29,000**	**32,000**
Aceitecrudo	**1,00**	**3**	**41,63260**	**2,676707**	**1,545398**	**34,98329**	**48,28191**	**38,730**	**44,004**
	2,00	**3**	**36,22760**	**3,807400**	**2,198203**	**26,76949**	**45,68571**	**32,206**	**39,776**
	3,00	**3**	**29,67620**	**2,785426**	**1,608167**	**22,75682**	**36,59558**	**27,349**	**32,762**
	4,00	**3**	**33,70100**	**2,068536**	**1,194270**	**28,56247**	**38,83953**	**31,383**	**35,358**
	Total	**12**	**35,30935**	**5,159585**	**1,489444**	**32,03111**	**38,58759**	**27,349**	**44,004**
Tortaresidual	**1,00**	**3**	**53,33333**	**5,773503**	**3,333333**	**38,99116**	**67,67551**	**50,000**	**60,000**
	2,00	**3**	**53,33333**	**5,773503**	**3,333333**	**38,99116**	**67,67551**	**50,000**	**60,000**
	3,00	**3**	**60,00000**	**0,000000**	**0,000000**	**60,00000**	**60,00000**	**60,000**	**60,000**
	4,00	**3**	**56,66667**	**5,773503**	**3,333333**	**42,32449**	**71,00884**	**50,000**	**60,000**

	Total	**12**	**55,83333**	**5,149287**	**1,486471**	**52,56163**	**59,10503**	**50,000**	**60,000**

Descriptivos - PARAMETROS FQ ACEITE									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Humedad	1,00	3	,044	,002	,0011333	,039557	,049310	,0433	,0467
	2,00	3	,024	,002	,0011333	,019557	,029310	,0233	,0267
	3,00	3	,016	,004	,0022333	,005924	,025143	,0133	,0200
	4,00	3	,020	,003	,0019053	,011802	,028198	,0167	,0233
	Total	12	,026	,012	,0034050	,018606	,033594	,0133	,0467
Indicedeacidez	1,00	3	1,150	,028	,0161658	1,080144	1,219256	1,1217	1,1777
	2,00	3	,869	,028	,0161658	,799744	,938856	,8413	,8973
	3,00	3	,570	,043	,0246937	,463785	,676282	,5327	,6167
	4,00	3	,617	,028	,0161658	,547344	,686456	,5889	,6449
	Total	12	,801	,243	,0701106	,647171	,955796	,5327	1,1777
Densidad	1,00	3	,940	,000	,0001155	,939103	,940097	,9394	,9398
	2,00	3	,931	,000	,0000882	,930454	,931213	,9307	,9310
	3,00	3	,911	,000	,0000882	,910787	,911546	,9110	,9113
	4,00	3	,930	,000	,0001155	,929903	,930897	,9302	,9306
	Total	12	,928	,011	,0031326	,921105	,934895	,9110	,9398
Indicedeperoxidos	1,00	3	9,807	,287	,1658167	9,093582	10,520485	9,4754	9,9731
	2,00	3	12,306	,761	,4396168	10,414115	14,197152	11,4748	12,9702
	3,00	3	12,469	,498	,2874050	11,231996	13,705204	11,9707	12,9663
	4,00	3	10,322	,288	,1660501	9,607144	11,036056	9,9895	10,4879

	Total	12	11,226	1,301	,3754674	10,399319	12,052115	9,4754	12,9702
Indicedesaponificacion	1,00	3	191,355	,800	,4619750	189,367415	193,342851	190,4312	191,8219
	2,00	3	203,276	1,011	,5835645	200,765458	205,787209	202,4233	204,3927
	3,00	3	201,136	,800	,4616925	199,149664	203,122669	200,2128	201,6029
	4,00	3	193,756	,817	,4717250	191,726798	195,786135	193,2799	194,6999
	Total	12	197,381	5,230	1,5096948	194,058209	200,703841	190,4312	204,3927

Descriptivos Análisis									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Humedad	1,00	3	3,209367	,0824037	,0475758	3,004665	3,414069	3,1253	3,2900
	2,00	3	2,724667	,4493190	,2594145	1,608496	3,840837	2,2388	3,1252
	3,00	3	3,050033	,1457947	,0841746	2,687859	3,412208	2,9350	3,2140
	4,00	3	3,567367	,3478658	,2008404	2,703220	4,431513	3,2101	3,9050
	Total	12	3,137858	,4051917	,1169688	2,880412	3,395305	2,2388	3,9050
Cenizas	1,00	3	7,311033	,3191191	,1842435	6,518298	8,103769	6,9870	7,6250
	2,00	3	7,418100	,3681525	,2125529	6,503559	8,332641	7,0120	7,7300
	3,00	3	6,742733	,2934963	,1694502	6,013648	7,471819	6,4231	7,0001
	4,00	3	7,076367	,2681261	,1548027	6,410305	7,742429	6,7891	7,3200
	Total	12	7,137058	,3809190	,1099618	6,895034	7,379083	6,4231	7,7300
Extractoetereo	1,00	3	10,976000	,0729932	,0421426	10,794675	11,157325	10,8920	11,0240
	2,00	3	11,349200	,2888891	,1667960	10,631535	12,066865	11,0201	11,5610
	3,00	3	19,790100	,3190596	,1842091	18,997512	20,582688	19,4871	20,1231
	4,00	3	16,137267	1,5613014	,9014178	12,258779	20,015754	14,5687	17,6912
	Total	12	14,563142	3,8641053	1,1154711	12,108006	17,018277	10,8920	20,1231
Proteínas	1,00	3	53,250033	2,1619802	1,2482198	47,879377	58,620690	50,9912	55,3000
	2,00	3	51,885667	1,8893296	1,0908050	47,192312	56,579022	49,8320	53,5500
	3,00	3	49,572767	1,6915531	,9766186	45,370716	53,774818	47,8921	51,2750
	4,00	3	49,180467	1,1512380	,6646676	46,320633	52,040300	47,8963	50,1201

	Total	12	50,972233	2,3048537	,6653539	49,507799	52,436667	47,8921	55,3000
Fibra	1,00	3	2,721167	,3514934	,2029348	1,848009	3,594325	2,3300	3,0105
	2,00	3	2,170300	,7209875	,4162623	,379268	3,961332	1,3501	2,7040
	3,00	3	3,112133	,5181633	,2991617	1,824944	4,399322	2,5856	3,6215
	4,00	3	5,344733	1,3694197	,7906349	1,942906	8,746561	4,2556	6,8821
	Total	12	3,337083	1,4472652	,4177895	2,417535	4,256632	1,3501	6,8821

RENDIMIENTO EN ACIETE

1. **SEMILLA SIN CÁSCARA ESBELA**

1.1 Identificación de datos atípicos

Gráfico: “boxplot peso inicial”
No hay puntos extremos, no hay datos atípicos

1.2 ANOVA

```
> summary(AnovaModel.1)
                Df   Sum Sq    Mean Sq    F      value Pr(>F)
Tratamiento  3     1.667     0.5556     0.476     0.708
Residuals    8     9.333     1.1667
```

Como el Pvalor= 0.708 > 0.05 entonces no se rechaza la hipótesis nula, se rechaza la hipótesis alterna, por lo tanto se descarta que hay una media diferente

```
> with(Dataset, numSummary(Porcentaje, groups=Tratamiento, statistics=c("mean", "sd")))
        mean       sd data:n
cuatro 69.33333 1.5275252     3
dos    69.00000 1.0000000     3
tres   69.66667 0.5773503     3
uno    70.00000 1.0000000     3
```

1.3 Validación de supuestos

1.3.1 Independencia: plot(AnovaModel.1$residuals)
gráfico “independencia SSCE” no hay un patrón marcado en la nube de puntos por lo tanto se puede asumir independencia

1.3.2 Varianza constante: : plot(AnovaModel.1)
gráfico “varianzas SSCE” como los puntos casi no se alejan de la recta no se viola el supuesto de varianzas constante, se puede asumir varianza constante

1.3.3 Normalidad de residuales: gráfico “QQplot SSCE” como los puntos casi no se alejan de la recta no se viola el supuesto de Normalidad de residuales

2. TORTA RESIDUAL ESBELTA
2.1 Identificación de datos atípicos

Gráfico: “boxplot peso inicial”
No hay puntos extremos, no hay datos atípicos

2.2 ANOVA

```
> summary(AnovaModel.1)
            Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamientos  3  91.67   30.56   1.222  0.363
Residuals     8 200.00   25.00

> with(Dataset3, numSummary(Porcentaje, groups=Tratamientos, statistics=c("mean", "sd")))
           mean       sd data:n
cuatro 56.66667 5.773503      3
dos    53.33333 5.773503      3
tres   60.00000 0.000000      3
uno    53.33333 5.773503      3
```

Como el Pvalor= 0.363 > 0.05 entonces no se rechaza la hipótesis nula, se rechaza la hipótesis alterna, por lo tanto se descarta que hay una media diferente

3 ACEITE CRUDO ESBELTA
ANOVA

```
> summary(AnovaModel.1)
            Df Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
Tratamientos  3  225.4   75.15    8.92 0.00624 **
Residuals     8   67.4    8.42
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> with(Dataset5, numSummary(Porcentaje, groups=Tratamientos, statistics=c("mean", "sd")))
         mean       sd data:n
cuatro 33.7010 2.068536      3
dos    36.2276 3.807400      3
tres   29.6762 2.785426      3
uno    41.6326 2.676707      3

> local({
+   .Pairs <- glht(AnovaModel.1, linfct = mcp(Tratamientos = "Tukey"))
+   print(summary(.Pairs)) # pairwise tests
+   print(confint(.Pairs, level=0.95)) # confidence intervals
+   print(cld(.Pairs, level=0.05)) # compact letter display
+   old.oma <- par(oma=c(0, 5, 0, 0))
+   plot(confint(.Pairs))
```

```
+   par(old.oma)
+ })

          Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts


Fit: aov(formula = Porcentaje ~ Tratamientos, data = Dataset5)

Linear Hypotheses:
                 Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
dos - cuatro == 0    2.527      2.370   1.066   0.7181
tres - cuatro == 0  -4.025      2.370  -1.698   0.3839
uno - cuatro == 0    7.932      2.370   3.347   0.0409 *
tres - dos == 0     -6.551      2.370  -2.764   0.0929 .
uno - dos == 0       5.405      2.370   2.281   0.1822
uno - tres == 0     11.956      2.370   5.045   0.0044 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)


          Simultaneous Confidence Intervals

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts


Fit: aov(formula = Porcentaje ~ Tratamientos, data = Dataset5)

Quantile = 3.2001
95% family-wise confidence level


Linear Hypotheses:
                 Estimate lwr      upr
dos - cuatro == 0    2.5266  -5.0573  10.1105
tres - cuatro == 0  -4.0248 -11.6087   3.5591
uno - cuatro == 0    7.9316   0.3477  15.5155
tres - dos == 0     -6.5514 -14.1353   1.0325
uno - dos == 0       5.4050  -2.1789  12.9889
uno - tres == 0     11.9564   4.3725  19.5403

cuatro    dos   tres    uno
   "a"   "ab"    "a"    "b"
```