

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Producción de sandía desarrollada con abonos orgánicos y acolchado
plástico en la Comarca Lagunera**

POR:

JOSÉ ALAN GERARDO ROMO IZQUIERDO

TESIS:

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Torreón, Coahuila, México

Junio de 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

**Producción de sandía desarrollada con abonos orgánicos y acolchado
plástico en la Comarca Lagunera.**

POR:

JOSÉ ALAN GERARDO ROMO IZQUIERDO

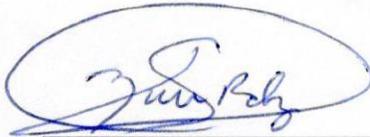
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Norma Rodríguez Dimas.

Asesor Principal



Dr. Jesús Vázquez Arroyo

Coasesor



M.C. Rafael Ávila Cisneros

Coasesor



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza.

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

Torreón, Coahuila, México

Junio del 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

Producción de sandía desarrollada con abonos orgánicos y acolchado plástico en la Comarca Lagunera.

POR:

JOSÉ ALAN GERARDO ROMO IZQUIERDO

TESIS:

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:



Dra. Norma Rodríguez Dimas
Presidente



Dr. Jesús Vásquez Arroyo
Vocal



M.C. Rafael Avila Cisneros
Vocal



M.C. Eduardo Blanco Contreras
Vocal suplente



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México

Junio del 2022

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater: por haberme permitido ser parte de su casa de estudio y por permitirme que aprovechara sus instalaciones cuando solía hacer mis trabajos y tareas de mis materias y en que pudiera concluir otra etapa de mi vida, así como llevar a cabo mi carrera de Ingeniero Agroecólogo.

A mis padres: por apoyarme en todo momento, pero más en que yo estudiara esta carrera y en motivarme para que nunca dejara de lado mis estudios y gracias a los dos por eso he podido concluir mi profesión.

A mi hermana: por darme dado todo su apoyo y por darme consejos en momentos difíciles.

A mis maestros: por haberme brindado todo su conocimiento, sus enseñanzas y por haberme orientado cuando tenía dudas con algún trabajo, así como también a que pudiera concluir con los procesos que tenía que llevar a cabo durante todo el lapso de mi carrera, así mismo, quiero darle las gracias al M.C. Emilio Duarte Ayala por haberme impartido muchas de sus materias, así mismo también agradezco que me halla orientado mucho cuando no comprendía como realizar bien varias tareas o trabajos que yo veía complejos. También quiero darle las gracias a la M.C. Luz María Patricia Guzmán Cedillo por impartirme algunos de temas de varias materias de la carrera, los cuales hicieron que mi visión desde el punto de vista agroecológico se ampliara más.

A mis compañeros de grupo: Luis, Monse, Yessenia, Juan, Bolívar, Yetlanezi, Yoselin, Katia, Zaide y Zaida; por haberme ayudado cuando no comprendía algunos temas de las materias, por trabajar grupalmente y por convivir en reuniones, en tiempos libres y en viajes de estudio.

A mis asesores: por ayudarme a que este proyecto pudiera terminarse, gracias a:

Dra. Norma Rodríguez Dimas, por haberme propuesto en que llevara a cabo este trabajo, quiero darle las gracias por su paciencia, flexibilidad y tiempo para atenderme con respecto a este proyecto. Muchísimas gracias por ayudarme a concluir mi carrera.

Dr. Jesús Vásquez Arroyo, por haberme orientado durante estos 4 años como estudiante, gracias por ayudarme a que llevara a cabo mi planeación con mi carrera, por brindarme su tiempo con mis tutorías en darme consejos sobre cómo mejorar mi desempeño a medida que cada semestre iba avanzando y también por apoyarme con que este trabajo pudiera concluirse mismo con el cual ya termino mi carrera.

M.C. Rafael Ávila Cisneros, por apoyarme en concluir este proyecto de investigación e igual por haberme apoyado varias veces cuando tenía dudas con algunos temas de las materias que me impartió durante la carrera.

M.C. Eduardo Blanco Contreras, por haberme motivado con sus platicas relacionadas a la Agroecología que daba cuando me impartió muchas de las materias de la carrera, así mismo de la misma forma también le agradezco por haberme apoyado a que pudiera concluir este proyecto de investigación.

DEDICATORIAS

A mis padres José Alan Gerardo Romo Rivera y Claudia Mayela Izquierdo García quienes me brindaron su amor, cariño y en motivarme en que pudiera llegar a concluir una etapa más de mi vida; al mismo tiempo de mostrarme su apoyo en tiempos difíciles.

A mi hermana de la cual ando contento de que ya terminara la preparatoria justo en el mismo año en que ya concluyo mi carrera, deseándole mucha suerte ahora que en este mismo año entre a la carrera.

A mis abuelos quienes me enseñaron a nunca dejarme por vencido y en darme consejos para seguir adelante.

A mis tías y tíos por animarme a que continúe mis estudios, así mismo también agradezco toda su flexibilidad, paciencia y apoyo para que yo pueda terminar mi carrera.

A mis amigos los cuales también me brindaron consejos y estuvieron conmigo cuando pasaba por momentos difíciles.

RESUMEN.

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una fruta la cual es cultivada en todo el mundo, cabe mencionar que el año 2018 solo, se utilizó un área de producción de 3,2 millones de ha, y 103 millones de toneladas de este cultivo fueron producidos en todo el mundo. La sandía contiene un 93% de agua con pequeñas cantidades de proteínas, grasas, minerales, y vitaminas, y con componentes nutricionales principales que incluyen carbohidratos, vitamina A, licopeno, y β -caroteno. Este trabajo se desarrolló en ciclo P-V 2021, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL, ubicada en el periférico Raúl López Sánchez Km# 1,5 y en la Carretera a Santa Fe s/n, en Torreón, Coah. El material genético de sandía utilizado para el experimento fue el híbrido Sumer flavor # 800. El trasplante se realizó el 17 de abril del 2021 en el campo experimental de la UAAAN-UL, estableciéndose de forma manual a una distancia de 1.20 m entre plantas. Se utilizó un diseño experimental de dos bloques al azar, y diez submuestras con tres tratamientos los cuales fueron vermicompost, compost y fertilización química. El análisis estadístico se llevó a cabo con el paquete estadístico a través del programa computacional Statistical Analysis System (SAS). Las variables evaluadas fueron: el rendimiento, el número de frutos, el peso de frutos, el diámetro polar, el diámetro ecuatorial, el espesor de cascara, el espesor de pulpa y los sólidos solubles. Se encontró un rendimiento promedio de 64.16 Mg ha⁻¹ sin diferencias significativa, lo que indica que los abonos orgánicos rindieron igual que la fertilización química. Aunque no hubo diferencia significativa el vermicompost mostro el mayor rendimiento con 80.3 Mg ha⁻¹. Se presentó un peso promedio de 9 kilogramos por fruto, lo que indica el manejo de los abonos orgánicos resulta igual a la fertilización química. Solo se encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización en el diámetro polar, el espesor de cascara y los sólidos solubles. El diámetro polar presentó una media de 36.8 cm y el diámetro ecuatorial presentó una media de 17 cm sin diferencia significativa. En cuanto a los sólidos solubles se obtuvo una media de 9.6°Brix, siendo el vermicompost y la fertilización química los que mostraron mayor contenido de solidos solubles.

Palabras clave: Sandía, Vermicompost, Compost, Abonos orgánicos, Agricultura ecológica.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	iii
RESUMEN.	iv
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE APENDICES	x
INTRODUCCION.	1
1.1. OBJETIVO.	3
1.2. HIPOTESIS.	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	4
2.1. Cultivos en la Comarca Lagunera.	4
2.2. La sandia.	4
2.2.1. Descripción y generalidades.	4
2.2.2. Ubicación taxonómica.	5
2.2.3. Centro de origen.	6
2.2.4. Descripción morfológica.	7
2.2.5. Fenología.	9
2.2.6. Requerimientos climáticos.	12
2.2.7. Requerimientos hídricos.	14
2.2.8. Requerimientos edáficos.	16
2.2.9. Plagas y enfermedades.	17
2.2.10. Nutrición de la sandía.	20
2.2.11. Siembra.	20
2.2.12. Tipos de siembra.	21
2.2.13. Trasplante.	21
2.2.14. Distancia entre planta y surco.	22
2.2.15. Cosecha.	22
2.2.16. Calidad.	23
2.2.17. Producción mundial.	26
2.2.18. Producción nacional.	27
2.2.19. Producción regional.	28
2.3. Agricultura orgánica.	28

2.4. Prácticas agroecológicas.	29
2.5. Abonos orgánicos.	29
2.6. Vermicompost.	30
2.6.1. Concepto.	30
2.6.2. Características.	31
2.6.3. Procedimiento.	32
2.6.4. Especies de lombrices.	33
2.6.5. Lombriz roja californiana (<i>Eisenia fétida</i>).	34
2.6.6. Humus de lombriz.	34
2.6.7. Efecto del humus de lombriz en el suelo.	35
2.6.8. Beneficios del vermicompost en el desarrollo de las plantas.	35
2.6.9. Desventajas del vermicompost.	36
2.7. Compost.	36
2.7.1. Concepto.	36
2.7.2. Características.	37
2.7.3. Concepto de compostaje.	37
2.7.4. Procedimiento del compostaje.	37
2.7.5. Fases del compostaje.	38
2.7.6. Parámetros del compostaje.	39
2.7.7. La pila.	40
2.7.8. Volteamientos.	41
2.7.9. Factores importantes en el proceso del compostaje.	41
2.7.10. Efectos del compost.	42
2.7.11. Beneficios del compost.	43
2.7.12. Desventajas del compost.	43
2.10. Acolchados.	44
2.10.1. Concepto.	44
2.10.2. Características.	44
2.10.3. Tipos de acolchados.	44
2.10.4. Importancia de los acolchados.	46
2.10.5. Ventajas y desventajas de los acolchados.	46
2.10.6. Efectos de los acolchados en el suelo.	47

2.10.7. Efectos de los acolchados en las plantas.	49
2.11. Antecedentes de la Investigación.	50
III. MATERIALES Y METODOS.	51
3.1. Localización del experimento	51
3.2. Localización y características geográficas de la Comarca Lagunera.	52
3.3. Material genético.	52
3.4. Preparación del terreno.	53
3.5. Rastreo.	53
3.6. Nivelación.	53
3.7. Formación de camas.	53
3.8. Acomodo de acolchado.	54
3.9. Fecha de trasplante.	54
3.10. Diseño experimental.	54
3.11. Fertilización.	54
3.12. Riegos.	56
3.13. Control de plagas y enfermedades.	56
3.14. Cosecha.	57
3.15. Variables evaluadas.	57
3.16. Análisis estadístico.	58
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	58
4.1. Rendimiento.	58
4.2. Número de frutos.	59
4.3. Peso del fruto.	60
4.4. Diámetro polar.	61
4.5. Diámetro ecuatorial.	62
4.6. Espesor de la pulpa.	63
4.7. Espesor de la cascara.	64
4.8. Solidos solubles.	64
V. CONCLUSIONES.	66
VI. LITERATURA CITADA.	67
VII. APENDICES.	82

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Plagas que se presentan en el cultivo de la sandía (<i>Citrullus lanatus</i>).	17
Cuadro 2. Enfermedades vistas en el cultivo de la sandía (<i>Citrullus lanatus</i>).	19
Cuadro 3. Producción mundial de sandía del año 2019.	26
Cuadro 4. Producción nacional de sandía del año 2020.	27
Cuadro 5. Ventajas y desventajas de los acolchados.	46
Cuadro 6. Fertilizantes utilizados para el tratamiento químico para el cultivo de la sandía en riego por cintilla y acolchado plástico marzo-julio (2014) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	55
Cuadro 7. Medias de las variables del peso del fruto, número de frutos y rendimiento en el cultivo de la sandía en campo, durante el periodo de Abril-Julio (2021) en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL.	61
Cuadro 8. Medias de las variables de los sólidos solubles, espesor de la cascara, espesor de la pulpa, diámetro ecuatorial y diámetro polar en el cultivo de la sandía en campo, durante el periodo de Abril-Julio (2021) en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL.	65

INDICE DE APENDICES

Apéndice. A. Análisis de varianza para la variable del rendimiento en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.	82
Apéndice. B. Análisis de varianza para la variable del número de frutos en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.	83
Apéndice. C. Análisis de varianza para la variable del peso del fruto en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.	83
Apéndice. D. Análisis de varianza para la variable del diámetro polar en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.	84
Apéndice. E. Análisis de varianza para la variable del diámetro ecuatorial en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.	84
Apéndice. F. Análisis de varianza para la variable del espesor de la pulpa en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.	85
Apéndice. G. Análisis de varianza para la variable del espesor de la cascara en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.	85
Apéndice. H. Análisis de varianza para la variable de los Grados Brix en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.	86

INTRODUCCION.

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una fruta la cual es cultivada en todo el mundo, cabe mencionar que el año 2018 solo, se utilizó un área de producción de 3,2 millones de ha, y 103 millones de toneladas de sandías fueron producidos en todo el mundo (Assefa *et al.*, 2020).

Cabe mencionar que en nuestro país en el año 2020 se alcanzó una producción total de 1,357,000 toneladas, llegando a exportar 733,000 toneladas y teniendo un consumo per cápita interno de 4.6 kilogramos (SADER, 2021).

Este cultivo pertenece a la familia de las Cucurbitáceas el cual ha tenido gran impacto debido a su demanda que tiene en el mercado, principalmente más que nada por su contenido nutricional, aparte de su muy apreciado color rojo y de su agradable y dulce sabor, estos factores hacen que le den una muy excelente y eficiente calidad (Sánchez *et al.*, 2011).

La sandía contiene un 93% de agua con pequeñas cantidades de proteínas, grasas, minerales, y vitaminas, y con componentes nutricionales principales que incluyen carbohidratos, vitamina A, licopeno, y β -caroteno (Tamburini *et al.*, 2017).

Cabe mencionar que la pulpa es la parte que más se consume en muchas partes del mundo ya que es aquí en donde se concentran la mayor parte de los nutrientes que contiene la fruta, los cuales fueron mencionados en el párrafo anterior, así como también el contenido de aminoácidos que tiene como la citrulina y la arginina (Assefa *et al.*, 2020; Munglue *et al.*, 2013).

Hay que considerar que la citrulina es una variable por la cual se puede determinar la calidad de la fruta (González y Guerra, 2019) aunque existen muchas otras como lo son los sólidos solubles los cuales determinan el sabor del fruto, los cuales mientras más concentrados estén mejor sabor puede tener el fruto, así como

también están el tamaño y el peso del fruto, el diámetro polar, el diámetro ecuatorial, el espesor de la pulpa, el color de la pulpa y el espesor de cascara (Rodríguez, 2010).

Actualmente en la producción de las hortalizas, incluyendo la sandía, se ha manejado de una forma intensiva aplicando el uso de fertilizantes químicos lo cual ha hecho que tenga un incremento en cuanto al rendimiento (mayor producción de frutos), a pesar de que ha habido un mayor rendimiento en cuanto al fruto ha afectado en cuanto a la calidad ya sea por sus nutrientes o en cuanto a sus características físicas (color, sabor u olor) (Wang *et al.*, 2017).

Por lo tanto, se ha tratado de buscar estrategias para poder sustituir los fertilizantes químicos con el fin para mejorar la calidad de la sandía, así como también beneficiar su rendimiento, por lo que el usar la agricultura orgánica como alternativa para tal planteamiento puede ser una solución aplicando fertilizantes orgánicos mejorando la producción, así como también proporcionando mayor calidad a las hortalizas (Wang *et al.*, 2017).

Entre muchos de los fertilizantes orgánicos que hay, está la vermicompost la cual es un producto final que surge a través de la biodegradación de residuos orgánicos que surge cuando con ayuda de las lombrices y microorganismos al descomponer tal materia orgánica se obtiene un humus de lombriz que sirve como abono orgánico. Otro fertilizante orgánico que también es muy usado es el compost el cual es el producto final de la degradación de materia orgánica a base de microorganismos denominándose compostaje. Por lo que el usar la vermicompost y compost puede ser una alternativa para poder mejorar la calidad de la sandía, en cuanto a las características del fruto, así como también el rendimiento (Huang *et al.*, 2016; Palacios, 2018).

1.1. OBJETIVO.

Evaluar la calidad y producción del cultivo la sandía aplicando vermicompost y compost como fertilizante con acolchado plástico.

1.2. HIPOTESIS.

Con la aplicación de abonos orgánicos es posible obtener altos rendimientos, satisfacer la demanda nutritiva de sandía y favorece la calidad del fruto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Cultivos en la Comarca Lagunera.

Algunos de los cultivos que se destacan por ser producidos en la Comarca Lagunera son (El Siglo de Torreón, 2020):

- ❖ Algodón.
- ❖ Sorgo.
- ❖ Maíz forrajero.
- ❖ Papa.
- ❖ Tomate rojo.
- ❖ Pepino.
- ❖ Frijol.
- ❖ Chile.
- ❖ Melón.
- ❖ Cebolla.
- ❖ Calabaza.
- ❖ Sandía.

2.2. La sandía.

2.2.1. Descripción y generalidades.

La sandía es una fruta la cual pertenece a la familia de las Cucurbitáceas (Salamanca y Niño, 2019), este cultivo monoico de porte herbáceo, rastrero o trepador (Rodríguez, 2010), produce frutos grandes, de sabor dulce y jugosos de una pulpa color roja y la cual está protegida por una superficie de color verde (Cohen *et al*, 2018) y que en su interior (en la pulpa) se encuentran las semillas, y los nutrientes los cuales se distribuyen en la cascara, las semillas y la misma pulpa los

cuales son grasas, carbohidratos, fibra, proteínas, minerales y agua, así como también el contenido de aminoácidos que tiene como la citrulina y la arginina (Valle *et al*, 2020; Tamburini *et al*, 2017; Assefa *et al.*, 2020).

Hay que mencionar que la pulpa es la parte que más se consume en la mayoría del mundo, siendo esta la parte en donde se encuentra gran parte de los nutrientes de la fruta. Las frutas de sandía se producen en diferentes tamaños, formas, patrones de cáscara y colores de pulpa dependiendo de la variedad y el tipo de cultivar (Assefa *et al*, 2020).

La sandia contiene un 93% de agua, por lo tanto, es baja en calorías donde a lo mucho suele contener 20 calorías por cada 100 gramos, contiene niveles de sales minerales y vitaminas muy leves, donde el potasio y el magnesio son los más relevantes, pero en muy pocas cantidades a comparación de otras frutas (Sandoval, 2016).

Hay que destacar que la sandía es muy apreciada por ser de una alta frescura (Macedo, 2019), por lo que es muy demandada en las temporadas de calor, pero, como ya se mencionó anteriormente, debido a su sabor dulce hace que sea antojable para el paladar en cualquier época del año (Pacheco, 2014) además de ser muy reconocida por tiene la habilidad de calmar la sed (Antonio, 2014).

2.2.2. Ubicación taxonómica.

La sandía se clasifica taxonómicamente se clasifica de la siguiente manera (Tercero, 2007):

- ❖ Reino: Vegetal
- ❖ División: Tracheophyta

- ❖ Clase: Angiosperma
- ❖ Subclase: Dicotiledónea
- ❖ Orden: Cucurbitales
- ❖ Familia: Cucurbitácea
- ❖ Subfamilia: Cucurbitoideae
- ❖ Tribu: Benineasinae
- ❖ Género: *Citrullus*
- ❖ Especie: *lanatus*
- ❖ Nombre científico: *Citrullus lanatus*

Como ya se mencionó, el nombre científico de la sandía es *Citrullus lanatus*, aunque se le conoce de otros nombres comunes como por ejemplo patilla, paitilla, aguamelon o melón de agua (de ahí por eso que en inglés se conoce como “watermellon”) (Peñarrieta, 2015).

Recalcando lo del apartado de generalidades, la sandía pertenece a la familia Cucurbitaceae, la cual consiste en dos subfamilias definidas, así como también 8 tribus, 118 géneros y donde entran 825 especies dentro de esta familia (Panta, 2015).

2.2.3. Centro de origen.

El centro de origen de la sandía (*Citrullus lanatus*) surge en la región del sur de África en el trópico y en Oriente Medio (Alarcón y Mendoza, 2014). Algunos hallazgos afirman que desde el año 3000 a.C. se encontraron en Egipto evidencias que prueban al trasladarse del sur de África (el desierto de Kalahari) llegó hasta el norte del mismo continente (al desierto del Sahara) donde ahí llegó a Egipto para que luego después se distribuyera su comercialización hacia el Mediterráneo así como también después los musulmanes la distribuyeran para que luego llegara a extenderse hacia Europa y que de ahí los pobladores europeos la hayan introducido a América (González y Guerra, 2019).

2.2.4. Descripción morfológica.

2.2.4.1. Sistema radicular.

La sandía (*Citrullus lanatus*) está compuesta por una raíz principal la cual queda dividida en raíces secundarias, las cuales son de forma cónica y presentan vellos los cuales son fuertes al tacto y filamentosos (Pérez, 2011), sus raíces son muy ramificadas que pueden llegar a extenderse entre los 40 a 50 cm y pueden desarrollarse en cuanto a longitud y diámetro dependiendo del tipo de suelo en el que se encuentren o se estén produciendo, así como también entre otros factores abióticos (Aguilar, 2014).

2.2.4.2. Tallo.

Los tallos de la planta de la sandía al inicio crecen erguidos, pero a medida cuando se van desarrollando adquieren hábito rastrero, dichos tallos son pubescentes y llegan a adquirir de 2 a 5 metros de longitud. Presentando de 5 a 8 hojas una vez que este se ha desarrollado completamente, es ahí cuando a través de las axilas de las hojas se desarrollan tallos secundarios para posteriormente se desarrollen las ramificaciones terciarias y así sucesivamente hasta que la planta alcance de 4 a 5 metros cuadrados (Carrillo, 2020; Alarcón y Mendoza, 2014).

2.2.4.3. Hojas.

Las hojas de la sandía (*Citrullus lanatus*) son pinnado-partidas estando divididas de 3 a 5 lóbulos que se dividen en segmentos redondos donde se aprecian entalladuras profundas las cuales están lejos del nervio principal. El haz de la hoja tiene aspecto liso y el envés tiene aspecto áspero estando cubierto de pilosidades.

Las hojas se dividen en 5 a 7 lóbulos irregulares donde alcanzan a medir de 10 a 20 cm estando cubiertas pubescencias finas (Francisco, 2007; Girón, 2015).

2.2.4.4. Flores.

Las flores de la sandía (*Citrullus lanatus*) son color amarillo, están aisladas unas de otras y de forma pedunculada y axilar, son muy llamativas para los insectos debido a su color, aroma, forma y néctar; por lo que la polinización de este cultivo es entomófila. La planta de la sandía presenta dos tipos de flores las cuales son las estaminadas (masculinas) y las pistiladas (femeninas); la flor está formada por una cola actinomorfa, la cual está formada de 5 pétalos que están unidos a su base, y un cáliz compuesto de sépalos libres verdes (Zambrano, 2012).

2.2.4.5. Frutos.

Los frutos de la sandía (*Citrullus lanatus*) vienen siendo bayas globulosas (redondas) u oblongas (ovaladas) donde pueden llegar a alcanzar los 60 cm de longitud teniendo un peso de 9 a 13 kilogramos. La cascara es quebradiza y lisa, de color verde, variando en el tono, siendo de un solo color, pero también teniendo franjas en forma de rombos muy circulados. Mientras que la pulpa es suave, carnosa, de un sabor dulce y ácido o amargo, y de color rojo, aunque también hay sandías donde el color de su pulpa puede variar ya sea blanca, amarilla o rosa (Zavala, 2000).

2.2.4.6. Polinización.

La polinización de la sandía (*Citrullus lanatus*) es cruzada siendo esta favorecida debido a las flores amarilla que se encuentran en esta planta, así como también el contenido de néctar y el aroma. Como ya se mencionó anteriormente la polinización es entomófila donde el trabajo de las abejas es un punto muy importante. Cabe mencionar que también las flores son autofértiles, pero hermafroditas, por lo que se

requiere agentes extremos para que haya cruza en donde participan los insectos siendo las abejas los principales polinizadores, y que en los polinizadores (en general) es donde se verá reflejada la fisiología de la planta (Abarca, 2017).

2.2.4.7. Semillas.

Las semillas de la sandía (*Citrullus lanatus*) normalmente tiene similitud en su forma, donde son más delgadas de su parte hilar, siendo lisas y de colores variados como negro, café oscuro o claro, o blancas (aunque cuando son blancas tienden a no ser tan duras a comparación de las semillas que son de colores oscuros), para que se logre desarrollar la madurez de las semillas debe haberse concluido el proceso de maduración de la pulpa. Hay que considerar que las semillas de la sandía contienen nutrientes los cuales pueden ser muy beneficiosos para la salud, así como también su misma pulpa (Guayara, 2016).

2.2.5. Fenología.

La fenología de la sandía (*Citrullus lanatus*) se divide en 3 fases (Osorio *et al*, 2012):

- Fase vegetativa
- Fase reproductiva
- Fase de maduración

Hay que mencionar que en cada fase se presentan etapas de desarrollo.

2.2.5.1. Fases vegetativas.

Etapas 0 (Germinación de la semilla).

La etapa de Germinación de la semilla surge a los 4 o 6 días donde influye la instancia de factibilidad, la vitalidad y fuerza de la semilla, así como también otros

factores tienen mucho que ver con la germinación como lo son por ejemplo la profundidad por la cual se realiza la siembra, la humedad que se encuentra en el suelo, la temperatura e intercambio de gases (Osorio *et al*, 2012).

Etapa 1 (Plántula).

Cuando recientemente surge la emergencia de las plántulas estas tienden a consumir reservas de nutrientes de la semilla, donde este proceso puede durar de 6 a 8 días, debido a que a que aún son germinados (o sea cuando aún se está desarrollándose la plántula) la clorofila de las hojas aún no se forma. Por ende, pese a que tienen reservas de nutrientes las plántulas son de color amarillo por lo que es en esta etapa es cuando son más vulnerables a hongos patógenos del suelo, por lo que es recomendable que se utilicen suelos que no sean pobres en nutrientes, y que estén libres de hongos patógenos y lo más importante que nunca falte el manejo de agua (Osorio *et al*, 2012).

Etapa 2 (Elongación del tallo y hojas verdaderas).

Es en esta etapa cuando ocurre el alargamiento del follaje y el tallo el cual surge de los 7 a 10 días después de la siembra, aunque para la elongación del tallo y el follaje se requiere a una temperatura óptima de 24 a 32°C, aunque hay que recalcar que el cultivo también puede adaptarse a los factores abióticos de un ecosistema o una región en especial, principalmente a la luz (Osorio *et al*, 2012).

2.2.5.2. Fases reproductivas.

Etapa 3 (Formación de yemas florales masculinas y desarrollo de guías).

Es aquí en esta etapa entre los 15 y 24 días, donde la planta debe de disponer de todos los nutrientes óptimos para que pueda haber un buen desarrollo floral, específicamente de las flores femeninas, por lo que es necesario que haya una

interacción entre el área foliar y el sistema radicular para que pueda haber una buena formación de yemas florales tanto femeninas como masculinas (Osorio *et al*, 2012).

Etapa 4 (Floración femenina y proliferación de guías).

Las flores empiezan a formarse entre los 24 a 28 días después de la siembra. Como ya se mencionó en un principio, la planta de la sandía es monoica, por lo que en ella hay tanto flores masculinas como flores femeninas o viceversa. Al igual como la etapa 2 la temperatura optima es de 24°C, pero la mínima es 18°C, si la temperatura sobrepasa la temperatura optima puede ser una limitante para la fecundación del polen, por lo que es sugerible que haya colmenas de abejas en la parcela para que puedan llevar bien su polinización (Osorio *et al*, 2012).

Etapa 5 (Fructificación y engorda del fruto).

La etapa de la fructificación empieza a los 26 días después de la siembra dependiendo de cómo se lleve a cabo el cuaje, el cual puede llegar a los 45 días, por lo que es importante que todos los nutrientes que demanda la planta se manejen de la forma más óptima añadiendo también el uso adecuado del agua (Osorio *et al*, 2012).

2.2.5.3. Fase de Maduración.

Etapa 6 (Desarrollo final del fruto).

Una vez acabado el cuajado del fruto este ya no crece, pero comienza a cambiar de color la cascara, tornándose ya sea más clara u oscura dependiendo de la variedad. También en el desarrollo final del fruto es aquí en donde al estar bien desarrollada la semilla aumenta el contenido de azucares en la fruta (Osorio *et al*, 2012).

Etapas 7 (Maduración y cosecha de fruto).

Una vez que los frutos se dejan de hinchar, pueden distinguirse cambios de coloración en la cascara donde pueden variar las tonalidades, así mismo también aumenta la concentración de sólidos solubles, dando ya por lista la primera cosecha para que luego surjan otras en tiempos futuros. Un índice de maduración para la cosecha es el grado brix el cual debe estar arriba de los 8°C. Es en la cosecha en donde los frutos de la sandía no deben de tener daños ya sea por el sol, insectos o enfermedades, daños mecánicos, no deben de presentar deformaciones y que presenten requisitos de calidad que exigen los mercados como, por ejemplo, los nutrientes, color (ya sea tanto en cascara como en pulpa), el tamaño y la forma (Osorio *et al*, 2012).

2.2.6. Requerimientos climáticos.

Cuando queremos llevar a cabo una óptima producción de sandía tenemos que tomar en cuenta que influyen muchos factores climáticos para que así pueda darse un buen desarrollo del fruto y del cultivo (Velázquez, 2008) entre algunos de estos factores tenemos (Abúndez, 2016):

- Climas óptimos para la sandía
- Temperatura
- Humedad
- Luz

2.2.6.1. Climas óptimos para la sandía.

La sandía (*Citrullus lanatus*) es un cultivo que se desarrolla en climas de temporada cálida, por lo que no es recomendable que se su ciclo se lleve a cabo en climas fríos (Hernández, 2000; Aguilar, 2014; Pérez. 2011).

2.2.6.2. Temperatura.

La sandía (*Citrullus lanatus*) debido por ser un cultivo de clima cálido no debe plantarse en temporadas donde haya temperaturas de 10°C para abajo, pero tampoco deben estar a temperaturas altas de 35°C, ya que así se puede detener su crecimiento (García, 1999), pero igual las temperaturas optimas van variando de acuerdo a su etapa fenológica (Abúndez, 2016).

En la germinación el rango de temperatura debe de estar entre los 15 a 25°C, mientras que en el desarrollo del cultivo el rango adecuado debe de estar entre de 23 a 28°C, en cuanto a la floración el rango debe de estar entre 18 a 20°C y para la madurez del fruto el rango oscila entre los 23 a 28°C (Abúndez, 2016; Tercero, 2007).

2.2.6.3. Humedad.

En cuanto a la humedad la sandía requiere de una humedad relativa situada entre el 65 a 75% (Antonio, 2014), siendo este el rango optimo por el cual pueda ayudar a impedir que la planta se deshidrate y que así no sea un factor límite para la población (Rodríguez, 2010).

Hay que considerar que si la humedad se encuentra en exceso puede ser una problemática para el rendimiento del cultivo, así como también en la calidad del mismo, haciendo que así se dificulte la evaporación y dificultando la fotosíntesis si la transpiración es alta. Otro punto que hay considerar de la humedad en exceso es

que si hay mucha humedad la planta puede ser susceptible a incidencia de enfermedades (Velázquez, 2008).

2.2.6.4. Luz.

Ya mencionando la fotosíntesis en el apartado anterior, al igual que toda planta, la sandía demanda mucha luz la cual aprovecha para que esta pueda desarrollarse de modo que así esta aproveche el consumo de carbohidratos siendo estos muy eficientes para su desarrollo y crecimiento, así como también para que pueda darse la proporción de flores (Rodríguez, 2010).

2.2.7. Requerimientos hídricos.

Hay tres factores que se deben de tomar en cuenta para los requerimientos climáticos (García, 1999):

- Demanda hídrica
- Precipitación
- Riego

2.2.7.1. Demanda hídrica.

Dado a que la sandía es una hortaliza que suele tener mayor concentración de jugo es importante que se cumpla con una demanda hídrica muy alta la cual se debe cumplir en ciertos periodos y de acuerdo a dichos periodos aplicarse en cantidades adecuadas. La sandia requiere de volúmenes altos de agua ya que como se mencionó al inicio de las Generalidades el 93% de su composición es de agua, por

lo que para que pueda llevarse bien su cosecha es fundamental que la disponibilidad de humedad esté presente en la parcela, surco o terreno (Jiménez, 2010).

2.2.7.2. Riego.

Para que podamos obtener buenos rendimientos, así como también una buena calidad, el éxito de una buena cosecha está en el riego (Abarca, 2017) ya que este busca que la planta tenga un crecimiento fuerte y completo, así como para que se regule la temperatura en el suelo (Antonio, 2014) por lo que es muy necesario planificar bien los riegos en cuanto a frecuencias y volúmenes, dependiendo la etapa fenológica en la que se encuentre el cultivo (Pérez, 2011) así como también no excederse pero que la planta tampoco carezca de agua ya que puede afectar en el rendimiento (Aguilar, 2014).

Cuando se quiere aplicar riego siempre es bueno tomar en cuenta la textura del suelo ya que es un factor importante, desde la siembra a la etapa de fructificación, por lo que es recomendable que riegue una vez por semana (Pérez, 2011) siendo de 7 a 10 riegos durante todo el ciclo y cuando se llegue a la etapa de maduración que el riego se vaya disminuyendo para que se concentren los sólidos solubles, así como también los azúcares en la pulpa de la fruta (Zavala, 2000).

2.2.7.3. Precipitación.

El agua al ser un recurso necesario para este cultivo, no solo la demanda hídrica se cumple con los riegos ya que también la precipitación ayuda mucho a que se cumpla la exigencia de agua que requiere este, por lo que en todo el ciclo agrícola debe de haber por lo menos 500 mm de agua mínimos a 750 mm de agua máximos los cuales pueden cumplirse ya sea por riego o por la lluvia dependiendo de la región

en la que se esté llevando a cabo la producción y como estén los datos de precipitación de tal zona (Pérez, 2011).

2.2.8. Requerimientos edáficos.

2.2.8.1. Textura.

El cultivo de la sandía puede adaptarse bien a cualquier tipo de suelos y de texturas ya sean franco-limoso, franco-arenoso o franco-arcilloso pero que de preferencia se manejen también humus o abono (Velázquez, 2008).

2.2.8.2. Infiltración básica.

El cultivo de la sandía para su desarrollo debe de estar en suelo que tenga consistencia media, que tenga buen drenaje, que sea rico en nutrientes, y que igual tenga una muy buena capacidad de campo que le permita retener agua para el desarrollo tanto radicular como foliar y floral (Antonio, 2014).

2.2.8.3. pH.

La sandía es una de las cucurbitáceas que tiene muy buena tolerancia a la acidez por lo que el rango en donde se desarrolla oscila entre 5.0 a 6.8 (García, 1999; Abúndez, 2016; Hernández, 2000).

2.2.8.4. Salinidad.

Se ha comprobado también que la sandía es una de las hortalizas que son tolerables a la salinidad cuyos valores están en un rango de 3860 a 2560 ppm (García, 1999; Hernández, 2000).

2.2.9. Plagas y enfermedades.

Algunas de las plagas que se conocen de la sandía son (Abarca, 2017; Hernández, 2000; Pérez, 2011):

Cuadro 1. Plagas que se presentan en el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*).

Nombre común	Nombre científico	Daños
Mosca de la almaciguera	<i>Delia o Hylemia</i>	Afectan el estado fenológico, donde el ataque influye en el daño que haya tenido anteriormente y en las condiciones climáticas.
Gusanos cortadores	<i>Agrotis spp</i>	Suelen atacar a la sandía después del transplante atacando las hojas más cercanas al suelo y la parte del tallo.
Caracoles y babosas	<i>Helix sp., Limax sp.,</i>	Destruyen plantas, cotiledones y hojas ocasionando la muerte y descortezando los tejidos vegetales.
Mosca minadora	<i>Lyriomyza spp</i>	Cuando nacen las larvas se alimentan de las nervaduras de las hojas impidiendo que así las plantas desarrollen la capacidad de hacer fotosíntesis.

Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i> y <i>Thrips tabaci</i>	El daño se presenta en el follaje cuando se aparecen manchas decoloradas alcanzado a todo el limbo de la hoja, mientras que en la fruta hay pérdida de color provocando un <i>russet</i> al crecer.
Pulgones	<i>Aphis gossypii</i>	Con sus picaduras producen salida de savia paralizando el crecimiento vegetativo provocando deformación de hojas y debilitándolas ocasionado que el desarrollo del fruto se detenga
Mosquita blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> West	Cuando succionan savia inyectan toxinas haciendo que la planta se debilite deteniendo el crecimiento, deshidratando la planta y reduciendo el rendimiento
Arañita	<i>Tetranychus spp</i>	Suelen extraer los jugos y la clorofila alterando el desarrollo usual fotosintatos, hay que considerar que dicho daño se confunde con una enfermedad.
Diabrotica o doradilla	<i>Diabrotica spp</i>	Cuando son larvas atacan a la germinación, pueden causar deformación en las hojas primarias y pueden matar a las plántulas, mientras que los insectos adultos generan huecos en la parte foliar y también atacan las flores.
Chicharritas	<i>Empoasca fabae</i>	Cuando están en su ciclo de vida de adulto o ninfa se alimentan de la savia de la parte de debajo de las yemas, hojas y peciolos donde introducen toxinas que impiden que la planta se desarrolle óptimamente y que sus hojas se deformen.
Chinche Lygus	<i>Lygus lineolaris</i>	Atacan hojas jóvenes, yemas y frutos que se estén desarrollando donde suelen decolorar a todos estos.

Chinche verde y apestosa	<i>Nezara viridula</i>	Cuando los insectos adultos empiezan a volar sobre las malas hierbas que están con cultivos establecidos extraen la savia de tejidos y frutos en desarrollo introduciendo sustancias tóxicas que pueden provocar pudrición y marchitez
--------------------------	------------------------	--

Hay que considerar que solo se hizo mención de algunas de estas plagas y en cuanto a las enfermedades en la Comarca Lagunera tenemos (Zavala, 2000):

Cuadro 2. Enfermedades vistas en el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*).

Nombre común	Nombre científico	Daños	Síntomas
Cenicilla Polvorienta	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	Perjudica a las hojas, tallos y peciolo, donde surge un hongo que luego termina secando la planta interviniendo en sus funciones.	Los frutos maduran sin tener un buen desarrollo terminando pequeños e irregulares. La fruta presenta una apariencia de mugre para luego marchitarse.
Cenicilla Velloso	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Se desarrolla con la humedad afectando a los tallos y hojas, donde estas luego se ponen cloróticas entre las nervaduras.	La planta aparece con un color grisáceo, luego al oscurecerse se seca perdiendo follaje para poder desarrollar sus funciones.
Actracanosis	<i>Colletotrichum lagenarium</i>	La enfermedad se produce mejor en temporadas húmedas y	Aparecen manchas ovaladas y redondas de 1 o 2 cm diámetro de color

		de lluvia, provocando que se generen la aparición de otros hongos.	pardo donde luego se tornan negras en tallos hojas y frutos.
--	--	--	--

2.2.10. Nutrición de la sandía.

La sandía al igual como cualquier otro cultivo requiere de nutrientes para que pueda tener un buen desarrollo en general por lo que los principales nutrientes importantes son el N, P y K, luego son los elementos secundarios y luego los micronutrientes. Pero hay que considerar que los nutrientes más importantes siendo factores claves para producción agrícola son los tres principales que se mencionaron anteriormente por los cuales la sandía tiene la siguiente demanda para una producción media de 40 ton/ha (García, 1999):

- N: 42 kg/ha
- P: 40 kg/ha
- K: 80 kg/ha

Muchas investigaciones han afirmado que la sandía es muy exigente con el nutriente del potasio, ya que este nutriente lo absorbe con frecuencia siendo este dirigido para el desarrollo de los frutos para su máximo desarrollo en su etapa productiva (Medeiros *et al*, 2017).

2.2.11. Siembra.

Las fechas de siembra para el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus* L.) empiezan a finales de enero a partir del día 20 hasta inicios de abril, toda va dependiendo con los factores climáticos que influyan en cada región, por lo que en la Comarca Lagunera la fecha óptima para sembrar es el 15 de marzo hasta el 15 de abril, aunque no se debe de sembrar ni tan temprano debido a que puede salir afectada

la plantas por las heladas ni tan tarde porque si no el fruto saldrá muy defectuoso. Se dice que se siembra en marzo por que es cuando si podrá favorecer el rendimiento de la sandía (García, 2007; Núñez, 2013).

2.2.12. Tipos de siembra.

La siembra puede ser dos tipos los cuales son (Zavala, 2000):

- La siembra mecanizada: este tipo de siembra se realiza con una semilladora, pero su aplicación es complicada porque, las maquinas semilladoras no son aptas para cualquier semilla haciéndose depender una maquina en especial.
- La siembra manual: este tipo de siembra se realiza con un palo con punta a lo largo de las hileras colocando de 3 a 4 semillas por golpe, donde luego se realiza un aclareo.

Hay que considerar que la siembra tanto manual como mecanizada puede realizarse ya sea en suelo seco o húmedo, con un único riego después de 8 días de haberse cumplido la germinación (Zavala, 2000).

2.2.13. Trasplante.

La técnica de trasplante es muy eficiente cuando se trabaja el cultivo de sandía ya que la mayoría de las veces la siembra directa puede ocasionar pérdidas de hasta 50% de probabilidad, así que, el usar el trasplante sirve para impedir perdidas de planta en una parcela aparte de que también sirve para reducir costos teniendo de 3 a 5 % de probabilidad de que haya perdida foliar (Hidalgo, 1998).

Aunque hay considerar que la técnica de trasplante puede ir variando dependiendo en que zona se esté manejando el cultivo ya sea una cálida o una templada ya que los factores abióticos también influyen en la producción de la sandía (Hidalgo, 1998).

2.2.14. Distancia entre planta y surco.

Cuando se va a establecer un cultivo de sandía la preparación del terreno debe de ser bien programada y llevada a cabo por lo que los surcos deben de quedar en bordo midiendo de 3.5 a 4 metros de ancho con una pendiente de 0.3% usando una bordadora para tal fin. Y en cuanto a distancia de planta y surco se recomienda que haya una separación de hileras de plantas de 4 a 5m y de planta entre planta de 1m (Zavala, 2000).

2.2.15. Cosecha.

Cuando se va a realizar lo cosecha de los frutos de la sandía (*Citrullus lanatus*) debe de indicarse el punto de madurez optimo ya que no siempre muchos le suelen atinar y puede ser difícil para las personas que tengan poca experiencia con la producción de este cultivo (Mendoza, 2013).

La cosecha de la sandía tiene múltiples formas de realizarse, pero si queremos determinar cuándo puede ser un momento más preciso para poder realizar la cosecha sería después de los 45 días de la floración ya que es aquí cuando ya empieza a madurar el fruto una vez que paso por su proceso de cuajado y fructificación (Hilerio, 2007).

Por lo que algunos índices de maduración que nos pueden servir para poder llevar a cabo la cosecha sin ningún problema son (Mendoza, 2013; Hilerio, 2007):

- Cambio de color de piel: en este índice el cambio de color blanco a amarilloso que está en la parte que hace contacto con el suelo sirve para saber si la sandía está en su punto óptimo de corte.
- Golpe con el dedo: en este índice se realiza con toque con el dedo como si fuera golpe donde sí se escucha un golpe tipo metálico es porque el fruto aún no está maduro y si se escucha muy hueco es porque ya está maduro.
- Grado disecación del zarcillo: en este índice se indica la madurez del fruto cuando los zarcillos cercanos al fruto se marchitan.

Otras recomendaciones que se pueden dar con respecto a la cosecha es que se realice por la tarde, sin pisar los tallos y usar unas tijeras, aunque también se puede usar un cuchillo para cortar el pedúnculo; otra cosa que también necesario admitir es que la sandía suele cosecharse madura, pero hasta un cierto punto de madurez ya que si se pasa de madura puede ser un problema para la calidad comercial considerando ya todos los puntos mencionados anteriormente (Castillo, 1998).

2.2.16. Calidad.

La calidad es uno de los factores por los que se determina la eficacia, la excelencia y la optimización que puede tener un producto el cual ha sido bien cosechado (Rodríguez, 2010). Cuando se trata de frutas hay muchos criterios por los cuales puede determinarse su calidad como lo son (Rodríguez, 2010):

- Uniformidad.
- Rendimiento.
- Madurez.
- Libre de daños por plagas, enfermedades, o factores abióticos.
- Color.

- Sabor (solidos solubles).
- Espesor de la pulpa.
- Espesor de la cascara.
- Consistencia.
- Contenido de nutrientes.
- Tamaño.
- Peso.
- Diámetro polar y ecuatorial.
- Solidos solubles.

En el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*) muchos de los factores ya mencionados tienen mucho que ver con la calidad del fruto, aunque también destacan otros como lo son el evitar que salga defectuosa con respecto a malos olores o sabores raros, y principalmente que de un buen aspecto físico ya sea tanto por su tamaño como por su color los cuales estos dos pueden considerarse como un aspecto principal por los cuales pueden servir como variables para estimar la calidad de la sandía (Horna, 2016).

Otro punto muy importante para estimar la calidad de la sandía sería su contenido nutricional siendo 93% de agua con pequeñas cantidades de proteínas, grasas, minerales, y vitaminas, y con componentes nutricionales principales que incluyen carbohidratos, vitamina A, licopeno, β -caroteno, solidos solubles, y aminoácidos como la arginina y la citrulina (Tamburini *et al.*, 2017).

Citrulina

La citrulina es un aminoácido no esencial eficiente el cual su principal función es eliminar radicales de hidroxilo, así como también coproduce óxido nítrico, cabe destacar que el nombre de este compuesto se debe a que proviene la sandía y que este influyo por el nombre científico de esta el cual es *Citrullus lanatus* (Duran *et al.*,

2017) este aminoácido al ser introducido en el organismo pasa a ser arginina compuesto por el cual al ser ingeridos pueden obtenerse múltiples beneficios relacionados con la citrulina (Riofrío y Cruz, 2012) como para que sintetice la arginina, produzca la encima sintasa, que sirva como intercesor en el ciclo de urea en el hígado, que cumpla con su buen rol como agente antioxidante, el cual sirve para anular radicales hidroxilos, siendo eficiente para mejorar el rendimiento deportivo, y que ayude a brindar un buen consumo nutricional benéfico para los ancianos, entre otros. Hay destacar que debido a que este aminoácido deriva de la sandía cuando esta se puede ser una variable que pueda ser útil para la calidad del mismo fruto (Duran *et al*, 2017).

En un inicio se creía que la citrulina se encontraba en el jugo de la fruta, pero diversas investigaciones han comprobado que en si en si se encuentra en el jugo, pero su contenido se concentra más en la cascara de la fruta (Duran *et al*, 2017).

Sólidos solubles

Los sólidos solubles son compuestos que suelen hallarse en el jugo o pulpa de las frutas, los cuales tienen mucha importancia en el contenido bioquímico de estas ya que gracias a estos influye mucho el sabor que pueden tener las frutas por lo que el determinar el contenido de sólidos solubles es de sutil importancia aparte porque con los sólidos solubles podemos estimar que tan dulce puede ser la misma pulpa o jugo de dichas frutas, como de la sandía por ejemplo, aparte de que no solo influye mucho en que tan dulce pueda ser una fruta o no si no que con los sólidos solubles también podemos determinar qué tan madura ha llegado la fruta óptimamente. Debido a que a la sandía es una fruta por la cual es muy apreciada por su buen sabor, por eso los sólidos solubles pueden ser también ser otra variable de calidad que pueda darle eficiencia al fruto (Ardón, 2015).

2.2.17. Producción mundial.

De acuerdo con la FAO en el año del 2019 a nivel mundial se ocupó una superficie de 3,084,217 hectáreas, así mismo se obtuvo una producción de 654.6 tons/ha. A continuación, en el cuadro 3 se muestran los datos de los países productores de sandía.

Cuadro 3. Producción mundial de sandía del año 2019.

País	Toneladas	Hectáreas	Mg ha-1
China	60,685,237	1,462,561	41.5
Turquía	3,870,515	87,990	44
India	2,495,000	100,000	25
Brasil	2,278,186	98,489	23.1
Argelia	2,206,866	62,673	35.2
Irán	1,930,692	69,013	28
Rusia	1,785,277	121,103	14.7
EUA	1,680,514	41,197	40.8
Egipto	1,583,918	48,658	32.6
México	1,345,705	39,347	34.2
Kazajstán	1,340,993	55,782	24
Uzbekistán	1,232,460	29,608	41.6
Vietnam	1,227,846	51,527	23.8
España	1,200,090	21,460	55.9
Senegal	1,190,481	82,028	14.5
Afganistán	846,990	48,298	17.5
Tayikistán	701,262	21,883	32
Arabia Saudita	687,718	30,981	22.2
Marruecos	674,833	17,430	38.7
Italia	650,420	13,730	47.4
Otros	10,799,930	580,459	17.9

Total	100,414,933	3,084,217	32.6
-------	-------------	-----------	------

Fuente: FAO, 2021.

2.2.18. Producción nacional.

Cabe mencionar que la producción total nacional de dicho año alcanzo un total de 1,357,000 toneladas, llegando a exportar 733,000 toneladas y teniendo un consumo per cápita interno de 4.6 kilogramos (SADER, 2021).

De acuerdo con los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el Cuadro 4 se muestra la producción por tonelada y rendimiento del año 2020, destacando solo los estados con mayor producción.

Cuadro 4. Producción nacional de sandía del año 2020.

Estado	Producción (ton)	Rendimiento (Mg ha-1)
Sonora	494,452	48.628
Chihuahua	154,066	49.507
Jalisco	109,915	48.006
Veracruz	99,073	21.877
Guerrero	71,088	22.935
Oaxaca	50,041	22.633
Campeche	46,143	32.066
Chiapas	41,695	21.796
Nayarit	41,648	15.866
Tamaulipas	36,184	30.96
Colima	31,438	44.912
Coahuila	27,352	38.797

Sinaloa	25,572	31.36
Tabasco	16,248	14.717
San Luis Potosí	14,605	36.15

Fuente: GOB, 2020.

2.2.19. Producción regional.

La sandía (*Citrullus lanatus*) tiene mucha importancia en el mercado, así como también en las zonas áridas y semiáridas del mundo, por lo que en el año del 2013 en la Comarca Lagunera se obtuvo un rendimiento de 924.1 hectáreas (Cervantes Vásquez et al., 2018).

De acuerdo con los datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en la Comarca Lagunera se obtuvo una producción total de 19,416 toneladas equivaliendo un rendimiento de 43.928 toneladas por hectárea, siendo Matamoros el que obtuvo la mayor producción de 10,376 toneladas con rendimiento de 48.486 toneladas por hectárea, mientras que Viesca obtuvo una producción menor de 4,688 toneladas con un rendimiento de 44.230 toneladas por hectárea, en cuenta a Torreón la producción que obtuvo fue de 389 toneladas con un rendimiento de 38.900 toneladas por hectárea (GOB, 2020).

2.3. Agricultura orgánica.

La agricultura orgánica es aquel tipo de agricultura el cual consiste en llevar a cabo una producción viable y sostenible teniendo un buen aprovechamiento de los recursos naturales y minimizando y reduciendo el uso de los agroquímicos (Insecticidas, fertilizantes sintéticos, nematicidas, funguicidas, herbicidas, etc) pudiendo así obtener alimentos orgánicos que puedan brindar seguridad

alimentaria, que sean de calidad ya sean en cuanto a sabor, nutrientes o aspecto físico y que a la vez podamos preservar el medio ambiente de modo de que pueda seguir siendo viable el agroecosistema (Antonio, 2011).

2.4. Prácticas agroecológicas.

Son prácticas agrícolas que se consideran como estrategias para ejercer una producción sostenible de alimentos contribuyendo a la sustentabilidad de los agroecosistemas tomando en cuenta aspectos socioculturales, económicos y medio ambientales teniendo un óptimo manejo de recursos naturales y que a su vez estos lleguen a conservarse (Pineda, 2019).

Para poder llevar a cabo una producción sostenible con la cual podamos preservar el ambiente es necesario que optimicemos el uso de dichas prácticas para que así hallemos mejores maneras sustituir el usos de insumos químicos pudiendo resolver problemáticas sin necesidad de usar estos, como por ejemplo algunas de estas prácticas serían las que se relacionan con la fertilización, la cual consiste en determinar qué tan sostenible puede ser un suelo para que pueda abastecer la disponibilidad de nutrientes a la planta, por lo que el usar abonos orgánicos podría ser un buen ejemplo de estas prácticas vinculadas (Pineda, 2019).

2.5. Abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos son un material el cual viene siendo el producto final de una descomposición de materia o residuos orgánicos donde suelen influir muchos organismos y ciclos de algunos elementos como del carbono, nitrógeno, oxígeno, potasio, etc., donde dichos organismos al tener la función de degradar dichos residuos terminen convirtiéndose en el producto final que viene siendo el dicho abono orgánico, el cual es útil para brindarle a las plantas nutrientes para que tenga

un desarrollo óptimo (Ramos y Terry, 2014). Cuando se utilizan los abonos orgánicos estos al ser incorporados al suelo aportan materia orgánica, microorganismos benéficos, nutrientes los cuales pueden servir para proporcionarle a la planta una muy buena nutrición, pero deben aplicarse a mayor cantidad ya que su porcentaje de nutrientes a comparación de los fertilizantes químicos es muy bajo (Álvarez *et al*, 2010).

Cuando se producen y se utilizan abonos orgánicos pueden servir como una estrategia en nivel económico para pequeños productores y campesinos, aunque hay que considerar que si estos se establecen en una zona en donde nunca se ha introducido un producto orgánico es posible que al inicio los resultados no vayan a hacer los esperados a comparación cuando se aplican fertilizantes químicos pero con el paso del tiempo cuando se va normalizando el hábito de siempre usar estos abonos puede ser posible que ahora si los resultados sean mucho más óptimos que en comparación con el uso de los fertilizantes químicos (Pérez, 2015), hay diversos tipos de abonos orgánicos y que pueden ir variando en cuanto a si son sólidos o líquidos, pero de los dos abonos orgánicos que más se conocen son (Reyes *et al*, 2016):

- Vermicompost
- Compost

2.6. Vermicompost.

2.6.1. Concepto.

El vermicompost es un abono orgánico en el que se utilizan lombrices para que ayuden a degradar la materia orgánica que está en descomposición para que después al momento de que surgen los sustratos de las lombrices, tras haberse alimentado de dicha materia orgánica, puedan ser

aprovechados como producto final el cual viene siendo el humus de lombriz el cual se formó a base de la actividad metabólica de las lombrices (Mayo, 2019).

2.6.2. Características.

Algunas de las características que posee el vermicompost son (Morales, 2012):

- El humus de lombriz suele ser de un color marrón muy oscuro, el cual no presenta malos olores si no un olor tipo a tierra del bosque;
- Contiene una alta carga enzimática y bacteriana la cual tiene la capacidad de aumentar la solubilidad de los elementos nutritivos siendo libres paulatinamente;
- Permite que las raíces se desarrollen radicalmente de manera sencilla por medio de lixiviados mezclados con agua de riego;
- Incorpora partículas de suelo al predio aumentando la capacidad biótica del suelo;
- Sirve como antibiótico permitiendo que las plantas sean más resistentes a plagas, enfermedades y patógenos estando libre de nematodos;
- Ayuda a mejorar la estructura del suelo, así como también sus propiedades químicas, físicas y biológicas;
- Puede ayudar a que el suelo pueda almacenar humedad, así como también a que capte agua de lluvia de modo de que esté disponible para la planta;
- Permite que haya aireación en el suelo, permitiendo también en este se mejore su drenaje, porosidad, capacidad de campo;
- Permite que el suelo asimile y capte nutrientes como nitrógeno atmosférico entre otros.

2.6.3. Procedimiento.

Para poder elaborar vermicompost este debe de pasar por un proceso el cual consta 5 etapas (Arellano, 2007):

- Etapa 1: en esta etapa se deben de seleccionar la materia orgánica con la que se va a trabajar por lo general que sean desperdicios de comida, hojarasca, papel, aunque comúnmente se suele usar estiércol ya sea de bovino, equino, porcino, gallinaza, etc. Cabe mencionar que se recomienda mejor usar materia en verde ya que las lombrices prefieren más dicha materia fresca.
- Etapa 2: en esta etapa una vez que se tiene toda materia orgánica seleccionada se debe mezclar con otros residuos para obtener una mezcla homogénea, tomando en cuenta que la materia orgánica se debe de partir en pedazos o triturarse.
- Etapa 3: cuando se usa estiércol este debe de pasar por un proceso de precomposteo el cual consiste en que se debe de regar cada 3 días durante 15 días para que así se purifique y este libre patógenos, así mismo el material precompostado debe de airearse a momento de que se riega. Cabe mencionar que cuando se junta tanto residuo la temperatura aumenta debido a la descomposición de la materia orgánica, por lo que es recomendable que se riegue constantemente y también airearse para así pueda adquirir una temperatura adecuada.
- Etapa 4: una vez terminado el proceso de precomposteo los residuos orgánicos ya están listos para que se les incorporen a las lombrices las cuales a momento de que se alimenten de tales desperdicios precompostados sus sustratos servirán para que se degrade más pronto la materia, en lo que está el vermicompost igual no se debe de dejar de regar y airear ya que si ocurre las lombrices pueden morir e igual no debe de haber exceso de humedad porque si no también les puede afectar a las lombrices

haciendo que aparte la materia orgánica se pudra en lugar de degradarse, por lo que los riegos deben de ser regulares y los volteamientos no deben de faltar.

- Etapa 5: es en esta etapa en donde una vez terminados los tres meses y medio después del proceso de precomposteo el producto ya está listo para que ya se coseche por lo que ya concluido este tiempo es necesario que se retiren las lombrices ya sea por medio de una criba de arena en donde se retiran los lombrices muy cuidadosamente o mejor en un lado específico agregar materia orgánica o cultivo de trampeo ya sea hojarasca, desperdicios de cocina, etc para que las lombrices se vallan para dicho lugar y así puedan recolectarse fácilmente ya sea para mandarlas a otro sustrato o dejarlas en un recipiente para luego volver a usarse.

2.6.4. Especies de lombrices.

Las lombrices son organismos macrodescomponedores cuyo un hábito que tienen es devorar todo tipo de residuos orgánicos, aunque principalmente prefieren más los estiércoles y suelen vivir en el suelo donde son microorganismos que cumplen con papeles importantes en este mismo. Estos animales pertenecen a la familia de los lumbrícidos de donde existen más de 3000 especies en todo el mundo, y entre algunas de estas tenemos las más reconocidas las cuales se utilizan para realizar compost de lombriz como (Pérez, 2015):

- Haplotaxidos (*Helodrilus caliginosus*).
- Lombriz de tierra roja (*Lumbricus rubellus*).
- Lombriz roja de Taiwán (*Perionyx excavatus*).
- Lombriz roja común (*Eisenia andrei*).
- Lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*).

2.6.5. Lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*).

Como ya se mencionó en el apartado anterior estas son algunas de las especies que se trabajan para producir vermicompost, pero de todas la que más es conocida y usada es la Lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*) la cual es originaria de Estados Unidos debido como su nombre lo indica esta se domestico hace 50 años en California y que al ser descubierta se observó que era muy fácil de manejar así como también reproducirla para poder emplearla para la producción de vermicompost, esta lombriz es eficiente ya que al hacer agujero de forma de aro esta va excretando al mismo tiempo que consume los residuos, por ende, esta especie es eficiente ya que sus desechos son usados como sustrato (Toccalino *et al*, 2004).

La lombriz roja california (*Eisenia fétida*) es hermafrodita incompleta, lo cual quiere decir que cada individuo es de ambos sexos, empieza a reproducirse a partir de los 3 meses de nacida por lo que ya después de 4, 5 o 6 meses ya puede ir procreando nuevos individuos. Cuando se reproduce suele aparearse por la noche durando entre 30 minutos a 4 horas y suelen ir hasta la superficie del suelo, donde después de los 14 o 21 días del apareamiento eclosiona de un huevecillo entre 4 a 20 lombrices nacidas (Toccalino *et al*, 2004).

2.6.6. Humus de lombriz.

Ya mencionado todo el procedimiento de la elaboración del vermicompost el producto final que se obtiene es un humus de lombriz. El humus de lombriz es un material tipo de tierra muy oscura, el cual tiene una carga enzimática y bacteriana muy fuerte, la cual ya no se degrada ni se pudre ni se fermenta, el cual tiene un pH neutro, contiene ácidos húmicos los cuales mejoran las propiedades químicas,

físicas y biológicas del suelo, es eficiente para favorecer la nutrición de las plantas y permite que el suelo tenga una mejor retención de agua (Toccalino, 2004).

2.6.7. Efecto del humus de lombriz en el suelo.

Cuando se aplica el humus de lombriz en el suelo suele tener efectos en cuanto a las propiedades químicas y físicas, los cuales son (López, 2007):

Físicas

- Aumenta la retención y la liberación de agua y aire.
- Puede mejorar la estructura del suelo.
- Cuando se añade el humus de lombriz al suelo no se forman costras.

Químicas

- Gracias a los ácidos húmicos y la mineralización que tienen estos permite que las plantas puedan absorber de manera sencilla los nutrientes facilitando el desarrollo para la planta.
- Optimiza la textura del suelo.
- Neutraliza el pH del suelo.

2.6.8. Beneficios del vermicompost en el desarrollo de las plantas.

Diversas investigaciones han comprobado que el uso del vermicompost brinda diversos beneficios en el desarrollo de las plantas entre algunos de los benéficos que favorecen son (Franco, 2007; López, 2007; García, 2011):

- Proporcionar elementos nutritivos a las plantas.
- Proporciona fertilidad al suelo mejorando el pH.
- Proporciona actividad microbiana la cual se encarga de que el suelo este sano.

- Facilita la germinación, crecimiento de las plántulas.
- En algunos cultivos puede aumentar el contenido de nutrientes, haciendo que así mejore su calidad.
- Incrementa el desarrollo foliar de las plantas, donde la planta puede aprovechar reservas de nutrientes de ciclos pasados donde se aplicó dicha vermicompost.
- Mejoramiento de la producción de plantas de un cultivo determinado.
- Dan accesibilidad a las plantas para que estas aprovechen los nutrientes.
- Mejora el rendimiento de los cultivos.

2.6.9. Desventajas del vermicompost.

Algunas de las desventajas del vermicompost son (Raya, 2010):

- Requiere de mayor espacio, y se debe de tener precaución con la temperatura y la humedad ya que si no se controlan estos parámetros las lombrices se pueden morir.
- Puede generar malos olores si no se le da un manejo óptimo.
- Costos de operaciones.

2.7. Compost.

2.7.1. Concepto.

El compost es un abono orgánico el cual se elabora cuando surge la descomposición de residuos orgánicos, la cual es llevada a cabo por microorganismos, donde este proceso se le conoce como compostaje. Por lo tanto, el compost es el producto final que se obtiene del compostaje (Palacios, 2018).

2.7.2. Características.

El compost tiene un aspecto a tierra de bosque el cual hace que se vea homogéneo al mismo tiempo que húmedo y que además tiene un color oscuro, este no contiene compuestos patógenos, y tiene un alto contenido nutrientes, los cuales pueden servir en la agricultura sustituyendo la fertilización convencional (con fertilizantes sintéticos). Cabe mencionar que a diferencia del vermicompost el compost no se maneja con lombrices y además puede usarse todo tipo material orgánico ya sea animal (huesos, carne, estiércol) como vegetal (hojarasca, flores marchitas o feas, papel, etc) (Vega, 2015).

2.7.3. Concepto de compostaje.

El compostaje es una técnica en la cual la materia orgánica se transforma en humus a través de un proceso de mineralización y pre-humificación donde se utiliza todo tipo de desechos biodegradables favoreciendo al medio ambiente (Arenas, 2017).

2.7.4. Procedimiento del compostaje.

Cuando se realiza el procedimiento del compostaje la forma en que como este se empieza es en tener un acumulamiento de materia orgánica variada, tanto vegetal como animal, dicha materia orgánica contiene descomponedores (bacterias y hongos) los cuales llevan a cabo su función al desarrollarse una vez que se cuentan con óptimas condiciones abióticas. Cuando la materia orgánica empieza a descomponerse surge un aumento de temperatura siendo aquí cuando surge la degradación de los residuos orgánicos que se encuentran amontonados unos con otros, haciendo que las altas temperaturas alcanzadas solo se encuentren aisladas dentro de la pila y dependiendo de la fase en la que se encuentre el compostaje su temperatura puede variar y de acuerdo en que

tanto o poco surja la descomposición, de modo que al final se obtenga un producto final el cual será el compost (Rafael, 2015).

2.7.5. Fases del compostaje.

El procedimiento del compostaje se compone por cuatro fases (Quispe, 2019):

- **Mesófila:** en esta fase la materia orgánica vegetal se encuentra en una temperatura confortable siendo aquí cuando los microorganismos pertenecientes a esta fase se empiezan a reproducirse de forma acelerada de modo que metabólicamente aumenta la temperatura y el pH disminuye (se hace ácido).
- **Termófila:** en esta fase cuando la temperatura llega a los 40°C, los microorganismos pertenecientes a esta fase se transforman en amoníaco es aquí cuando el pH empieza a subir (se hace alcalino) y cuando adquiere una temperatura de 60°C los hongos termófilos mueren y surge la presencia de bacterias de esporógenas y actinomicetos, es en esta fase cuando se degradan las ceras, proteínas y las hemicelulosas.
- **Mesófila de enfriamiento:** es en esta fase cuando la temperatura baja de los 60°C, surgen de nuevo los hongos de la fase termófila para los cuales degradan la celulosa y volviendo a estar en la parte central de la pila y cuando la temperatura baja a los 40°C y vuelven a surgir los organismos mesófilos reanudando su actividad mientras el pH que estaba neutro poco a poco se vuelve ácido.
- **Maduración:** en esta fase requiere de uno a dos meses que el compost este a temperatura ambiente, siendo aquí cuando el nitrógeno amoniacal se convierte en nitritos, aquí participan microorganismos invertebrados como cochinillas, lombrices y otros bichos que se encargan de llevar a cabo la última descomposición de la materia, también esta misma se

oscurece y adquiere un olor peculiar de las reacciones secundarias de condensación y polimeración del humus.

2.7.6. Parámetros del compostaje.

Cuando vamos a llevar a cabo el proceso de compostaje debemos de tomar en cuenta varios parámetros para que podamos llevar un buen manejo sobre nuestro compostaje y evitar que no salga defectuoso, cabe mencionar que se deben de llevar a cabo cada uno de estos parámetros ya que todos pueden influir con respecto a que, si nuestro compostaje se está llevando de manera correcta o incorrecta, por lo que los parámetros que debemos de considerar son (Vera, 2018):

- **Humedad:** este es un parámetro muy importante el cual tiene que considerarse para la producción de la composta, el porcentaje de humedad tiene que oscilar entre un 20 a 40%, pero ¿Cómo determino la humedad de mi compostaje? Para poder identificar que tan húmedo o seco esta, debemos tomar un puñado de muestra de nuestro compostaje para posteriormente apretarlo, este puñado al ser apretado tiene que estar en su estado original para que así se pueda identificar si esta bueno o no, no debe de sacar agua al apretarse, pero tampoco se debe desprender.
- **Temperatura:** este es otro parámetro importante que se debe de tomar en cuenta ya que esta nos indica que tanto o poco se está descomponiendo la materia orgánica. La temperatura optima de un compostaje puede variar dependiendo de la fase en la que se encuentre el compostaje, la cual se determina con un termómetro que debe de quedar introducido hasta la parte central. En dado caso de que las temperaturas estén bajas se recomienda reducir el volteamiento del compostaje, incorporar materia orgánica con mucha glucosa, y cubrirla con plástico.

- pH: otro parámetro que se debe de considerar en el proceso de compostaje es el pH, ya que este indica la presencia de los microorganismos que cumplen con la función de la descomposición de la materia orgánica, para que los microorganismos puedan desarrollarse y reproducirse este debe de oscilar entre 6.5 a 8.0. Para poder medir el pH de nuestro compostaje debemos tomar una muestra la cual disolveremos en agua para añadirla en tiras que pueden estimar el valor de este a medida que cambian de color.
- Oxígeno: este parámetro es esencial ya que con este permite que la respiración de los microorganismos sea aeróbica, cabe mencionar que igual no debe de haber mucho oxígeno ya que este puede hacer que la temperatura disminuya haciendo que así la descomposición de la materia no se lleve correctamente, aunque tampoco este debe carecer porque sin oxígeno nuestro compostaje puede quedar apestoso, por lo que se recomienda los volteamientos sean regulares.

2.7.7. La pila.

Hay muchas formas para poder llevar a cabo la elaboración del compost y de las cuales pueden variar siendo ya sea en canales, en túneles, o en pilas, aunque las pilas son la forma más común de elaborarse. Para elaborarse una pila se recomienda que se realice en un área plana, dura y firme, preferente si fuese en concreto o cemento, pero en dado caso de que no se disponga que se realice en un suelo compactado (Vera, 2018).

Cuando se va a llevar a cabo el amontonamiento del material que se va a compostar se recomienda primero añadir una capa de materia orgánica vegetal (ya sea hojarasca o desperdicios de frutas o vegetales), luego cubrir con una capa de tierra, luego volver a cubrir con una capa de materia orgánica para posteriormente se añada la capa de estiércol, una vez añadidas estas primeras

4 capas volver a repetir la secuencia dos veces hasta que alcance una altura de 1.2 a 1.8 m y de anchura 2.4 a 3.6 m. El propósito de realizar la construcción de la pila en esta forma favorecerá que así la producción de microorganismos se acumule en los materiales más duros para favorecer más eficiente la descomposición de la materia, se recomienda que de vez en cuando se riegue con agua mezclada con melaza para que aumente la reproducción de microorganismos en nuestro compost (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018; Vera, 2018).

2.7.8. Volteamientos.

Los volteamientos, como ya se mencionó en el apartado de los parámetros, son una parte fundamental para el proceso del compostaje los cuales pueden realizarse de manera manual (con palas, bieldos, rastrillos o trinchas) o de manera mecánica con máquinas especiales volteadoras, así como también tubos especiales para proporcionar aireación al compostaje (Vera, 2018).

2.7.9. Factores importantes en el proceso del compostaje.

Cuando se trata de compostaje a momento de llevar a cabo el proceso para producción de compost debemos de cuidar varios factores como (Vega, 2015):

- Metales pesados: un compost normalmente sus niveles de presencia de metales pesados son bajos, de hecho, se puede usar en suelos que estén concentrados de dichos metales para purificarse a través de la humificación mediante la población microbiana autóctona. Pese a que es inusual que los metales pesados estén altos es importante evitar que esta los contenga ya que puede volverse defectuosa.

- Patógenos: los patógenos son una parte muy importante de la cual se debe de cuidar el compost ya que si esta los presenta puede perjudicar el suelo siendo nuestros cultivos afectados por estos, por lo que el tiempo y la temperatura son dos factores importante para determinar su mortalidad o reproducción, por lo que se recomienda, que de acuerdo a sus fases, esta pueda alcanzar temperaturas arriba de 60°C para la mortandad de los patógenos e impedir que la temperatura no baje de los 45°C para así evitar la propagación de los patógenos.
- Coliformes fecales: las coliformes fecales son un tipo de bacterias que al igual como los patógenos si la temperatura de la composta se encuentra arriba de los 60°C estas bacterias no se encontraran presentes en nuestro compost, entre otros factores como la luz ultravioleta y que el pH no se encuentre neutro.
- *Salmonella* spp: es muy importante evitar usar residuos orgánicos provenientes de frutas o verduras contaminadas ya que si estas se encuentran en nuestro compost puede ocasionar incidencia de enfermedades tanto en el suelo como en las plantas, por lo que igual para evitar esto aparte de no usar estos residuos vegetales contaminados, igual como con las bacterias y patógenos que el compostaje alcance temperaturas arriba de 60°C.

2.7.10. Efectos del compost.

Cuando se aplica compost en el suelo suele tener efectos en cuanto a los propiedades químicas y físicas, los cuales son (Rafael, 2015):

Físicas

- Mejora la estructura del suelo.
- Disminuye la densidad aparente.
- Mejora la capacidad de agua del suelo.

Químicas

- Enriquece el suelo de nutrientes, los cuales son muy aprovechados por las plantas.
- Incrementa la Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C).
 Biológicas
- Se incorpora una alta biodiversidad poblacional de microorganismos benéficos, los cuales pueden favorecer a la fertilidad de los suelos.

2.7.11. Beneficios del compost.

Algunos de los beneficios del compost son (Arenas, 2017):

- Puede generar ingresos, así como también empleos en comunidades rurales.
- Favorece tener buenos rendimientos en los cultivos.
- No contamina el medio ambiente (siempre y cuando se consideren los factores mencionados durante el compostaje).
- Sirve como estrategia para poder reutilizar nuestros residuos orgánicos provenientes de nuestra casa.

2.7.12. Desventajas del compost.

Algunas desventajas que puede presentar el compost son (Rafael, 2015):

- Los costos de material, equipo e instalaciones.
- Sus beneficios aún son desconocidos, por mucha gente.
- Se debe de tener un buen manejo sanitario ya que si el producto presenta impurezas no es aceptable y puede ser perjudicioso.
- Si se descuidan los parámetros y los factores del compostaje nuestro producto puede salir de baja calidad.

2.10. Acolchados.

2.10.1. Concepto.

Los acolchados es una técnica agrícola la cual consiste en incorporar cobertura al suelo con el fin de proteger los suelos impidiendo el desarrollo de las arvenses en los surcos, el aumento de temperatura en el suelo, para conservar la humedad, así como también mejorar la fertilidad del suelo (Quintero, 2015).

2.10.2. Características.

Los acolchados se caracterizan por que al cubrir el suelo pueden usarse diversos materiales para su práctica los cuales pueden ser de origen vegetal o de origen sintético (Nieves, 2018).

También conocidos como “mulch” o “mulching” en inglés, esta práctica ha sido realizada desde la Antigüedad, donde diversas civilizaciones emplearon esta técnica para llevar a cabo una óptima producción de cultivos utilizando materiales orgánicos. Fue así hasta la década del año de 1950 cuando se empleó dicho proceso de cobertura, pero utilizando materiales plásticos, he de ahí el término de plasticultura, el cual se apropió para el uso de plásticos a través de películas plásticas (Nieves, 2018).

2.10.3. Tipos de acolchados.

Como ya se mencionó en el apartado anterior, los acolchados pueden ser de distintos tipos, según el material que se utilice para llevar a cabo dicha práctica, los cuales pueden ser (León, 2016):

2.10.3.1. Acolchados de origen orgánico.

Los acolchados de origen orgánico se caracterizan por usar materiales de origen o residuos vegetales, estos a su vez son muy eficientes ya que al degradarse rápidamente pueden favorecer a la biota del suelo, así como también para que se regule la temperatura haciendo que así se incorporen nuevos nutrientes en este para ser aprovechados por las plantas, igual también ayuda a que se mejore la capacidad de campo del suelo. Entre algunos de los materiales que se utilizan para los acolchados orgánicos son (León, 2016):

- ❖ Serrín
- ❖ Cartón o papel
- ❖ Restos de cosecha de cultivos
- ❖ Hojarasca
- ❖ Paja
- ❖ Restos de podas
- ❖ Pedazos de madera
- ❖ Abonos verdes

2.10.3.2. Acolchados de origen inorgánico.

Los acolchados de origen inorgánico se caracterizan por usar materiales sintéticos, los cuales pueden variar, así como también su color y su espesor, pero más que nada se usan láminas de plástico como cobertura dependiendo el propósito que se tenga en cuanto a la producción de cultivos (León, 2016).

Uno de los materiales plásticos más utilizados es el polietileno ya que es más manejable, debido a que es duradero, resistente, flexible y por qué no genera olores a momento de ser utilizado (León, 2016).

Los acolchados plásticos pueden modificar la forma en que como puede fluir el calor y la evaporación así mismo también puede modificar el microclima de la planta, la humedad, la rugosidad entre otros parámetros del suelo (León, 2016).

2.10.4. Importancia de los acolchados.

El uso de los acolchados es de suma importancia ya que así podemos optimizar la producción de cultivos para que podamos tener mejor calidad y rendimiento tanto en hortalizas como en frutos, así como también en mejorar el suelo y regular los factores abióticos de este (Nieves, 2018).

2.10.5. Ventajas y desventajas de los acolchados.

En el Cuadro 5 te mostramos las ventajas y desventajas que pueden tener los acolchados

Cuadro 5. Ventajas y desventajas de los acolchados.

Ventajas	Desventajas
Favorece la conservación de humedad y agua en el suelo en tiempos de sequía o si la luz solar es muy fuerte.	Genera pudrición de raíces y deficiencia de oxígeno con el exceso de humedad.

Pueden usarse cualquier material orgánico, así como también plástico.	Genera incendios si se usa material vegetal.
Reduce costos de mantenimiento.	Aumento de costos de instalación, mano de obra, remoción y producción de cultivos.
Sirven como método para protección de heladas.	Si aumenta la temperatura puede afectar a los cultivos con la quema de raíces.
Reduce las poblaciones de las arvenses.	Aunque también se pueden incorporar semillas de arvenses por los huecos o perforaciones ocasionando competencia intraespecífica.
Favorece condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas evitando incidencia de enfermedades.	Los cultivos se pueden volver dependientes de los acolchados.
Puede adaptarse a diferentes distancias de siembra.	No es efectivo para algunos cultivos; como betabel, cilantro o zanahoria; debido a las densidades de siembra.

Fuente: Nieves, 2018; León, 2016.

2.10.6. Efectos de los acolchados en el suelo.

2.10.6.1. Humedad del suelo.

El acolchado puede ayudar a que se conserve la humedad en el suelo de modo que se reduzca la escorrentía superficial evitando así la erosión del suelo haciendo que se incremente la capacidad de almacenamiento de agua. Cabe mencionar que tanto acolchados de plástico como con materiales orgánicos son efectivos para disminuir la evaporación de agua en el suelo

manteniendo el suelo con la temperatura regular de modo que haya disponibilidad de agua en el suelo en tiempo de sequía (Nieves, 2018).

2.10.6.2. Temperatura del suelo.

La temperatura es otro efecto que tienen los acolchados en el suelo ya que estos hacen que esta aumente, así como también la radiación neta y el calor latente. Cabe mencionar que estos tres puntos pueden variar dependiendo del color y del material que se utilice como acolchado. Por ejemplo, si se usa plástico transparente la energía lumínica se incorpora más al suelo haciendo que aumente más la temperatura mientras que con un plástico negro puede afectar el calentamiento del suelo; y en cuanto a los materiales orgánicos pueden regular la temperatura tanto en invierno como en verano. Por lo tanto, el incremento de la temperatura en el suelo sirve como alternativa para acelerar la producción de cultivos, gracias a que se incrementa la mineralización de nutrientes (Nieves, 2018).

2.10.6.3. Estructura y fertilidad del suelo.

Como se mencionó en los apartados anteriores los acolchados pueden aumentar la temperatura y la humedad en el suelo lo que hace que se optimice la mineralización de nutrientes habiendo así mayor contenido de estos en el suelo haciendo que la materia orgánica se encuentre en abundancia, elevando la fertilidad del suelo. El uso de los acolchados también es efectivo para la estructura del suelo ya que este al estar cubierto queda protegido por la erosión del aire, del agua, y de fuertes factores abióticos (León, 2016).

2.10.6.4. Control de malezas.

El suelo con acolchado al tener cubierta no solo favorece a factores como la humedad, temperatura, fertilidad, o control de erosión, también ayuda a evitar la incidencia de las arvenses ya que estas al no tener luz con la cual se puedan desarrollar sus semillas al mismo tiempo no tienen disponibilidad de respirar haciendo que se asfixien y evitando que se desarrollen en las parcelas de modo que así nuestros cultivos no tengan competencia por luz o espacio (Nieves, 2018). Para tener un mejor control de maleza se recomienda añadir acolchado de plástico negro ya que a diferencia del claro o transparente este puede ayudar a que la luz no entre y así las arvenses no puedan desarrollarse (Nieves, 2018).

2.10.6.5. Salinidad del suelo.

La salinidad es un efecto que perjudica en la producción de cultivos ya que esta al estar en la superficie del suelo debido a la evapo-concentración puede afectar a las plantas cuando absorben estas sales afectando su germinación, así como también su desarrollo. Por lo que el usar los acolchados ya sean tanto de plástico como de residuos vegetales puede ser una alternativa para combatir la salinidad ya que al disminuirla ayuda a que se conserve la humedad en el suelo, aunque depende del grado de evaporación que hay en el suelo, así como también de los materiales con los que se maneje el acolchado (León, 2016).

2.10.7. Efectos de los acolchados en las plantas.

2.10.7.1. Transpiración de las plantas.

En un suelo con acolchado se puede aumentar la transpiración de la planta entre un 10 a 30%, debido a que en el acolchado la evaporación disminuye entre un 50 a 80%. Este efecto de transpiración en las plantas es efectivo ya que al transpirar el agua por estas favorece a que estas puedan tener un óptimo desarrollo vegetal, por ende, incrementa la biomasa y el rendimiento haciendo óptimo el uso de agua (León, 2016).

2.10.7.2. Precocidad de las plantas.

Otro de los efectos que tienen los suelos con acolchado en las plantas es que acelera su crecimiento de modo que estos estén listos entre 7 a 14 días antes de su tiempo esperado para cosecha debido a la radiación solar, el flujo latente y a la sensibilidad al calor cabe resaltar que las condiciones abióticas también pueden influir igual en la precocidad de las plantas (León, 2016).

2.10.7.3. Calidad de la cosecha.

Debido a que los acolchados tienen mucha influencia en el ambiente del suelo, en el microclima de las plantas, la salinidad y la humedad del suelo, la estructura del suelo, el control de las arvenses y de enfermedades puede favorecer a que se puedan obtener mejores características con respecto a las cosechas dependiendo del cultivo que se esté manejando con los acolchados (León, 2016).

2.11. Antecedentes de la Investigación.

Una de las cosas por las que destaca mucho la Comarca Lagunera es que siendo una de las regiones donde se lleva a cabo la producción de sandía; siendo uno de los cultivos más importantes de la región donde 1,500 hectáreas son destinadas para la siembra de este cultivo equivaliendo el 16% superficie sembrada total y teniendo un rendimiento de 50 mil toneladas de producción final (Pérez, 2017).

A pesar de que este cultivo no se siembra a mayor escala como la alfalfa o el algodón tiene mucha importancia ya que mucha de la sandía que se produce en la Comarca Lagunera se exporta a Estados Unidos (Pérez, 2017).

Algunas de las problemáticas que se viven en la actualidad es que a causa de abusar de los fertilizantes sintéticos, se ha llegado al punto en el que las tierras ya no pueden ser viables para la producción de la sandía, aparte de provocar que los frutos no tengan tan buena calidad por lo que la idea de utilizar abonos orgánicos como remplazo de los agroquímicos puede ser una estrategia para que así podamos conservar y nutrir nuestros suelos al mismo tiempo de que nuestros cultivos tengan una producción optima.

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización del experimento

El siguiente trabajo se desarrolló en ciclo P-V 2021, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL, la cual se ubica en el periférico Raúl López Sánchez Km 1,5 y Carretera a Santa Fe s/n, en Torreón, Coah, México y noroeste del estado de Durango; comprendiéndose entre los paralelos 25 05" y 28 54" de latitud norte y los meridianos 101 40" y 104 45" de

longitud oeste de Greenwich con una altura sobre el nivel del mar entre 1140 y 1400 metros.

El trabajo se llevó a cabo durante 2 etapas: la primera fue la germinación de la semilla en charolas de la sandía Summer flavor #800 (hibrido), en el invernadero que se encuentra en la UAAAN UL, donde la siembra se realizó el 10 de marzo de 2021.

La segunda etapa consistió en el trasplante de las plántulas de sandía en el campo experimental de la universidad antes que se llevara a cabo el trasplante las charolas permanecieron en el invernadero durante 20 días donde en dicho tiempo se aplicaron lixiviados de los abonos orgánicos diluidos en agua.

3.2. Localización y características geográficas de la Comarca Lagunera.

La Comarca Lagunera se localiza geográficamente entre los paralelos 24° 22' y 26° 23' de latitud norte y entre los 101° 41' y 104° 61' de longitud oeste a una altitud de 1,100 msnm. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen (actualizada por García) su clima es seco desértico con carencia de lluvias, donde las precipitaciones se encuentran entre los 240 a 258 mm anuales y los cuales se dan en verano y con inviernos frescos. Tienen una temperatura media anual de 21°C y sus temperaturas máximas pueden llegar de hasta los 33.7°C y mínima a los 7.5°C (Roblero, 2017; Ríos *et al.*, 2015).

3.3. Material genético.

El material genético de sandía que se manejó para este experimento fue el hibrido Sumer flavor # 800.

3.4. Preparación del terreno.

Esta actividad se realizó usando un tractor el día 24 de marzo del 2021, para llevar a cabo el barbecho con el objetivo de aflojar la tierra, y también se añadieron residuos de la cosecha anterior. Posteriormente se volteó la tierra y esto con la finalidad de matar todos los patógenos y parásitos que estaban en el terreno, así como también se removieron arvenses para evitar su incidencia.

3.5. Rastreo.

El día 26 de marzo del 2021 se realizó un rastreo en seco con el fin de brindarle al suelo una mejor condición del suelo y para que así se facilitara el levantamiento de camas.

3.6. Nivelación.

El día 28 de marzo del 2021 se llevó a cabo con una escrepa, con el propósito de brindar una óptima distribución al suelo de modo que quedara uniforme para poder formar de manera eficiente las camas, y mejorar el desarrollo del cultivo.

3.7. Formación de camas.

El día 31 de marzo del 2021 se levantaron las camas con una bordeadora con 3 metros de espacio entre cama y cama se hicieron 3 camas, siendo cada cama de 40 m de largo y 1.20 m de ancho (realizándose 17 días antes de trasplante).

3.8. Acomodo de acolchado.

El día 16 de abril del 2021 se incorporó el acolchado plástico negro en las camas dándose el primer riego el cual duro 4 horas para que una vez terminado el riego llevar a cabo el trasplante.

3.9. Fecha de trasplante.

El trasplante se llevó a cabo el 17 de abril del 2021 en el campo experimental de la UAAAN-UL, realizándose de manera manual a una distancia de 1.20 m entre plantas y se hizo en la tarde para impedir que las plántulas se deshidrataran por causas de las altas temperaturas. Debido a que las plántulas venían en charolas se humedecieron para facilitar su extracción de las charolas. Posteriormente se hizo uso de un palo de escoba con el cual se hicieron agujeros de 5 cm de profundidad en la parte de en medio de la cama para que después se colocaran cada plántula en un agujero y después se cubrió de tierra haciendo uso de un cepellón.

3.10. Diseño experimental.

Se estableció un diseño experimental de dos bloques al azar, y diez submuestras con tres tratamientos los cuales fueron vermicompost, compost y fertilización química, manejando el híbrido diploide Summer Flavor #800, de la compañía Harris Moran.

3.11. Fertilización.

La fertilización química se llevó a cabo en tres fases las cuales fueron la plantación - establecimiento, floración - cuajado e inicio de la maduración,

realizándose de forma manual, preparándose una solución nutritiva mezclando los fertilizantes en un tambo con agua, y aplicando ½ L. por planta.

Para los tratamientos de fertilización orgánica se aplicó compost a los 6 días después del trasplante con una dosis de 20 toneladas por hectárea. El compost se obtuvo de las instalaciones de la UAAAN-UL, a base de estiércol de ganado bovino. También se utilizó vermicompost a una dosis de 20 toneladas por hectárea y cada 6 días, las cuales se consiguieron también en las instalaciones de la UAAAN-UL y se aplicaron tanto compost como vermicompost en las mismas tres fases del cultivo que en la fertilización química de manera manual.

Cuadro 6. Fertilizantes utilizados para el tratamiento químico para el cultivo de la sandía en riego por cintilla y acolchado plástico marzo-julio (2014) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Fertilizante	1° aplicación establecimiento	2 ° aplicación Inicio de floración	3 ° aplicación Inicio de madurez
Ácido fosfórico	895 ml	238.02 ml	105.5 ml
KNO3	66 gr	104.5 gr	210 gr
MGNO3	30 gr	55.5 gr	124 gr
Ca (NO3)2	126.8 gr	324.9 gr	530 gr
UREA	3.21 gr	29.6 gr	240 gr

NOTA: Todas las cantidades de estos fertilizantes se aplicaron siendo diluidos a una solución madre de 20 L.

3.12. Riegos.

El total de riegos que se aplicaron en la parcela durante el experimento, desde el trasplante hasta cosecha, fueron 30 riegos donde cada riego duró 4 horas y además llovió dos veces durante el experimento.

3.13. Control de plagas y enfermedades.

Durante el ciclo del cultivo se presentaron las siguientes plagas:

- minadores de la hoja (*Liriomyza* spp.)
- araña roja (*Tetranychus urticae*)
- mosquita blanca (*Bemisia argentifoli*)
- trips (*Thrips tabaci*)
- Pulgones (*Aphis gossypii*)
- Daños por hormigas

Para controlar dichas plagas se utilizaron los siguientes productos químicos: endosulfan a una dosis de 40 ml de 20 l de agua y dimetoato con una dosis de 40 ml en 20 l. Así mismo también se utilizaron soluciones hechas a base de ajo, chile y tabaco, así como también se usaron extractos de cempasúchil, citronela y ruda. En nuestro experimento también hubo presencia del hongo Tizón temprano (*Alternaría solani*) al cual se controló aplicando Tecto 60 con una dosis

de 30 gr en 20 litros de agua y para una superficie de 550 m², así mismo se hizo uso de un caldo Bordelés para el control de dicho hongo.

3.14. Cosecha.

La cosecha se realizó de acuerdo a los criterios que se tomaron para cortar las sandías los cuales consistían en qué:

- cuando la hoja que estuviera por encima del fruto presentaba un secamiento del zarcillo;
- si la sandía al ser golpeaba con la palma de la mano presentaba un sonido hueco;
- si la parte de la fruta que toca con la tierra se mirara amarilla.

La cosecha inicio a los (103 DDT), esta se realizó de manera manual en la cual se hicieron 2 cortes para después determinar todas las variables y evaluar el experimento.

3.15. Variables evaluadas.

Las variables que se tomaron fueron:

- ❖ Peso del fruto: el cual se determinó con el uso de una báscula.
- ❖ Rendimiento: el rendimiento se obtuvo mediante la suma de los frutos cosechados por planta, después determinar y modificar los datos a hectárea sometiéndose a su respectivo análisis de varianza.
- ❖ Diámetro polar y ecuatorial: cada fruto fue medido longitudinal y transversal con vernier graduado en madera y así como también se hizo uso de una cinta métrica para medir ambos diámetros

- ❖ Espesor de pulpa: para esta variable se partieron los frutos de modo que una vez cortados con la ayuda de una regla milimétrica se tomara la medida del centro de la parte roja de la sandía.
- ❖ Espesor de la cáscara. Para esta variable se hizo uso de una regla graduada tomándola desde donde terminaba la parte roja de la pulpa hacia el exterior.
- ❖ Sólidos solubles. Una vez partidos los frutos se colocaron de forma vertical para después extraer una pequeña porción de jugo para su evaluación los grados Brix utilizando un refractómetro.

3.16. Análisis estadístico.

El análisis estadístico se llevó a cabo con el paquete estadístico a través del programa computacional SAS (Statistical Analysis System), desarrollado por el SAS, tomando en cuenta cada una de las variables consideradas en este experimento, así mismo, también se evaluaron sus determinadas comparaciones de medias haciendo uso de la diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. Rendimiento.

El análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización. Se encontró un rendimiento promedio de 64.16 toneladas/hectárea con un coeficiente de variación (C.V) de 29.2%. Lo que indica que los abonos orgánicos rindieron igual que la fertilización química. Aunque no hubo diferencia significativa el vermicompost mostro el mayor rendimiento con 80.3 toneladas por hectárea. Una explicación probable a este resultado se debe a la retención de humedad en los abonos orgánicos, ya que se ha reportado que los sustratos mezclados con vermicompost, en promedio retienen un 14,21% más de humedad en el suelo. Por

consiguiente, la absorción de nutrientes es más eficiente (Castellanos *et al.*, 2000; Eghball *et al.*, 2000).

Los resultados de este experimento superaron a los reportados por Antonio (2014) quien evaluando abonos orgánicos en sandía reporta un rendimiento de 49 toneladas/hectárea donde tampoco encontraron diferencia significativa.

Los rendimientos obtenidos, tanto por la fertilización con solución nutritiva inorgánica y vermicompost, superaron ampliamente a los rendimientos nacional y regional de 25.8 y 31.36 t·ha⁻¹ obtenidos a campo abierto (SIAP, 2021) respectivamente. Por lo cual es importante mencionar que el vermicompost como única fuente de fertilización si logró satisfacer las necesidades nutritivas que demanda el cultivo de sandía, sin la necesidad de aplicar fertilización inorgánica, pues además de haberse cubierto el ciclo vegetativo de la sandía, las plantas y frutos no presentaron síntomas visibles de deficiencias lo que coincide con lo establecido por Moreno-Reséndez *et al.*, (2010).

Moreno *et al.*, (2012) reportan una mayor producción de fruto con solución nutritiva 60.67 y 49.6 t ha⁻¹ con la aplicación de vermicompost en sandia triploide. Pérez *et al.*, (2003) obtuvieron una producción de sandía de 52.4 t ha⁻¹ que duplicó al rendimiento medio regional, lo cual se logró con acolchado plástico, trasplante a inicio de guías y riego por goteo. Mientras que Hernández *et al.*, (2011) evaluando sandia con acolchado plástico reportan 82 t ha⁻¹.

4.2. Número de frutos.

El análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización. Se obtuvieron 3 frutos/planta con un coeficiente de variación (C.V) de 27.7%. Lo que indica que los abonos orgánicos rindieron igual a la fertilización química.

Los resultados de este experimento superaron a los reportados por Antonio (2014) quien evaluando abonos orgánicos en sandía obtuvo 2 frutos/planta donde tampoco se obtuvo diferencia significativa. Cabe mencionar que nuestros valores reportados fueron los mismos a los de Franco (2017) que al aplicar abonos orgánicos líquidos presento un valor de 3 frutos por planta. Así mismo González (2011) aplicando compost obtuvo un valor de 5 frutos por planta. A su vez Calizaya (2013) aplicando estiércoles de distintos animales y compost obtuvo un promedio de 5 frutos por planta. Otro fue el caso de Zambrano (2015) evaluando el cultivo de la sandía aplicando fertilización orgánica obtuvo un valor promedio de dos frutos por planta a los 90 días, lo mismo sucedió Pérez (2021) quien aplicando distintas combinaciones de abonos orgánicos obtuvo el mismo valor que Zambrano (2015).

4.3. Peso del fruto.

El análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización. Se presentó un peso promedio de 9 kilogramos con un coeficiente de variación (C.V) de 32.5%. Lo que indica que los abonos orgánicos rindieron igual a la fertilización química.

Los resultados de este experimento no superaron a los resultados presentados por Antonio (2014) quien evaluando abonos orgánicos en sandía presentó un peso de 9.58 kg, valor superado 9 kilogramos el cual fue obtenido en este experimento. A pesar de que Antonio (2014) presentó un peso promedio mayor al de este experimento no se presentó diferencia significativa. Así mismo Macedo (2019) obtuvo un valor de 11.2 kg aplicando compost, valor que supero al nuestro evaluando esta variable, pero con vermicompost siendo el valor más alto de 10.2 kg, donde tampoco se mostró diferencia significativa; mientras que Pérez (2017) presento un peso promedio de 6.98 kg, valor que no supero a nuestros datos

obtenidos en este experimento. Igual Pérez (2021) obtuvo un peso promedio de 6.34 kg aplicando distintas combinaciones de abonos orgánicos; seguido de Cosme *et al.*, (2020), los cuales reportan un peso promedio de 6.879 kg, otro que también presentó valores bajos a nuestros datos fue Franco (2017) el cual obtuvo un peso promedio de 7.5 kg aplicando abonos orgánicos líquidos. A su vez Calizalaya (2013) aplicando estiércoles de distintos animales y compost obtuvo un peso promedio de 10.38 kg. Igual Sarmiento *et al.*, 2019 presentaron un peso promedio de 8.48 kg aplicando humus de lombriz mezclado con crema de algas marinas.

Cuadro 7. Medias de las variables del peso del fruto, número de frutos y rendimiento en el cultivo de la sandía en campo, durante el periodo de Abril-Julio (2021) en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL.

Tratamientos	Peso (kg)	Numero de frutos	Rendimiento
Vermicomposta	10.2	2.77	80.3
Composta	7.82	3	72.6
Químico	8.93	2.6	69.6
Media	8.98	3	74.16
DMS	2.4 NS	0.75 NS	21.17 NS

NS= no significativo

4.4. Diámetro polar.

El análisis de varianza encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización. El diámetro polar presentó una media de 36.8 cm, un coeficiente de variación (C.V) de 12% y una diferencia media significativa (DMS) de 3.7.

Los resultados de este experimento superan a lo obtenido por Mi *et al.*, (2012) quienes reportan un promedio 30.8 cm en químico y 31,3 cm fertilización orgánica.

Sin embargo, fueron similares a los resultados presentados por Antonio (2014) quien evaluando abonos orgánicos en sandía presentó un diámetro polar de 37.3 cm, pero no superaron a los reportados por Pérez (2017) quien obtuvo un diámetro polar de 45.8. cm, a la vez Cosme *et al.*, (2020) presentaron un valor de 36.497 cm, valor que tampoco supero a nuestros datos reportados. Mientras que Macedo (2019) obtuvo un diámetro polar de 38.6 cm utilizando compost. A diferencia de los valores reportados de este experimento el tratamiento de vermicompost mostró mayor tamaño con 40 cm mientras que el compost y el químico tuvieron valores similares pero bajos en este experimento si se presentó diferencia significativa mientras que Antonio (2014) no presentó diferencia significativa. A su vez Calizaya (2013) obtuvo un diámetro polar promedio de 40.21 cm aplicando estiércoles de distintos animales y compost.

4.5. Diámetro ecuatorial.

El análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización. El diámetro ecuatorial presentó una media de 17 cm, un coeficiente de variación de 10.2%. Lo que indica que los abonos orgánicos rindieron igual a la fertilización química.

Los resultados de este experimento no superaron los resultados obtenidos por Antonio (2014) quien evaluando abonos orgánicos en sandía reportó un diámetro ecuatorial de 22 cm, mientras que Pérez (2017) obtuvo un diámetro de 33.4 cm, datos que fueron mayores a nuestros datos obtenidos del diámetro ecuatorial de este experimento.

Estos resultados no superaron a lo obtenido por Mi *et al.*, (2012) quienes evaluando fertilización orgánica y química en el cultivo de sandía obtuvieron una media de 26 cm en ambos tratamientos, en esta variable fue mayor que lo obtenido por Moreno *et al.*, (2012) quienes reportan una media de 20.3 cm y se obtienen resultados equivalentes a los de Mullins y Smith (2001) en cultivares de sandías, al obtener una media de diámetro ecuatorial de 22.86 cm. Así mismo, Macedo (2019) aplicando compost obtuvo un valor de 24.8 cm. A su vez Calizaya (2013) obtuvo un diámetro ecuatorial promedio de 23.65 cm aplicando distintos estiércoles de animales y compost. Pérez (2021) reportó un diámetro ecuatorial promedio de 16.21 cm aplicando distintas combinaciones de abonos orgánicos.

4.6. Espesor de la pulpa.

El análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización. El espesor de la pulpa reportó una media de 17.6 cm, con un coeficiente de variación de 7.16%. Lo que indica que los abonos orgánicos presentan el mismo espesor que la fertilización química.

Los resultados de este experimento superaron a los resultados obtenidos por Antonio (2014) quien evaluando abonos orgánicos en sandía presentó 16.7 cm donde tampoco se presentó diferencia significativa mientras que Pérez (2017) presentó 16.2 cm de espesor de pulpa, dato que no superó a nuestros datos obtenidos. Mientras que Cosme *et al.*, (2020) presentaron un espesor de pulpa de 19.63 cm, valor que supero a nuestros datos obtenidos.

4.7. Espesor de la cascara.

El análisis de varianza encontró diferencia altamente significativa al 0.1 entre los tratamientos de fertilización. El espesor de la cascara presentó una media de 2.06 cm, un coeficiente de variación de 24.6%. donde la vermicompost presento el valor más alto con 2.5 cm y supero a la fertilización química.

Los resultados de este experimento no superaron a los resultados presentados por Antonio (2014) quien evaluando abonos orgánicos en sandía presentó un espesor de cascara de 2.41 cm. Igual los resultados de este experimento fueron también altos superando a Calizaya (2013) quien aplicando estiércoles de distintos animales y compost un obtuvo una media de 1.06 cm de espesor de cascara.

Así mismo Cosme *et al.*, (2020) presentaron un valor de 1.533 cm, dato que no fue mayor a nuestros valores obtenidos.

4.8. Sólidos solubles.

El análisis de varianza encontró diferencia significativa entre los tratamientos de fertilización. Los sólidos solubles obtuvieron una media de 9.6°Brix, con un coeficiente de variación de 9.2%. La vermicompost y la fertilización química mostraron mayor contenido de sólidos solubles. El contenido de sólidos solubles obtenido superó en 2 °Brix, al valor recomendado para este fruto por la Norma CODEX STAN 247-2005.

Los resultados de este experimento no superaron a los resultados presentados por Antonio (2014) y Pérez (2017) quienes evaluando abonos orgánicos en sandía

obtuvo una media de 10.06° y 11.6°Brix, valores que superaron a los sólidos solubles reportados en este experimento. A pesar de que los sólidos solubles presentados por Antonio (2014) y Pérez (2017) fueron más altos que los de este experimento, ambos no presentaron diferencia significativa. Mientras que Mi *et al.*, (2012) reportan para fertilización orgánica 11.6°Brix y en la fertilización química 10.6 °Brix. Así mismo Macedo (2019), obtuvo un valor de 12° Brix aplicando composta. A su vez, Sarmiento *et al.*, (2019) reportaron un promedio de 10.65°Brix aplicando humus de lombriz mezclado con crema de algas marinas. Mientras que Cervantes *et al.*, (2022) obtuvieron un valor de 8.40°Brix aplicando vermicompost y estiércol de bovino valor que no superó nuestros datos reportados, seguido por Franco (2017) quien aplicando abonos orgánicos líquidos obtuvo un valor promedio de 7.7°Brix, no obstante Cosme *et al.*, (2020) obtuvieron un valor de 11.733°Brix.

La dulzura se relaciona con el contenido de sólidos solubles totales en sandía (Aguyoh *et al.*, 2010), en este experimento la fertilización con vermicompost, muestran diferencia estadística significativa (Apéndice. H). Resultados similares (Fatondji *et al.*, 2008; Massri y Labban, 2014) confirman que los abonos orgánicos tienen relación con los sólidos solubles totales. Acorde a los estándares de mercado 8 grados brix es suficiente para que el producto tenga aceptación además de su buena calidad (Cenobio-Pedro *et al.*, 2006).

Cuadro 8. Medias de las variables de los sólidos solubles, espesor de la cascara, espesor de la pulpa, diámetro ecuatorial y diámetro polar en el cultivo de la sandía en campo, durante el periodo de Abril-Julio (2021) en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL.

Tratamientos	Solidos solubles (° Brix).	Espesor de la cascara (cm).	Espesor de la pulpa (cm)	Diámetro ecuatorial (cm).	Diámetro polar (cm).
Vermicomposta	9.5 a	2.5 a	17.1	16.9	40 a

Composta	9.2 b	2 b	17.8	16.9	35.3 b
Químico	10.2 a	1.7 c	18.1	16.8	35.3 b
Media	9.6	2.06	17.6	16.8	36.8
DMS	0.73 *	0.44 *	1.04 NS	1.4 NS	3.7 *

NS= no significativo * = significativo.

V. CONCLUSIONES.

En casi todas las variables evaluadas la vermicompost fue la que obtuvo los valores más altos seguida por el compost, solo en la aplicación química se reportaron valores más altos en los sólidos solubles y en el espesor de pulpa más que en la fertilización orgánica. Con respecto a los valores obtenidos, se llega a la conclusión de que aplicando abonos orgánicos si se puede mejorar la producción, el rendimiento y la calidad de los cultivos; permitiendo no depender del uso de

productos de síntesis química caros, con lo que se favorecerá el desarrollo y la nutrición de las hortalizas.

VI. LITERATURA CITADA.

Abarca, P. 2017. Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°2. Santiago, Chile. pp: 19, 63, 74-84.

Abúndez, J.A. 2016. Factores que influyen en la calidad del fruto pp:6. Producción y calidad nutracéutica de tres variedades de sandía obtenida mediante injerto. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de

Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

- Aguilar, L.A. 2014. Producción y calidad de sandía (*Citrullus lanatus* L.) con dos formas de fertilización en la Comarca Lagunera. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. pp: 5, 11, 16.
- Aguyoh, J. N.; Audi, W.; Saidi, M. and Gao, Q. L. 2010. Growth, yield and quality response of watermelon (*Citrullus lanatus* [Thunb] Mansf. & Nakai) Cv. Crimson Sweet) subjected to different levels of tithonia manure. *Inter. J. Sci. Nature* 1(1):7-11.
- Alarcón, M.E y F.J, Mendoza. 2014. Capítulo II. Marco teórico pp: 5 y 6. Evaluación de tres híbridos de sandía (*Citrullus lanatus* Schrad) sometidos a diferentes distanciamientos de siembra. Época Seca 2013. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrícola. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.
- Álvarez, J.D., D.A, Gómez., N.S, León y F.A, Gutiérrez. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz, *Agrociencia*, 44(5): 576.
- Antonio, A.D. 2011. Definición de Agricultura Orgánica pp: 20. Evaluación de nitrógeno en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) aplicando dosis de fertilización orgánica (composta y vermicomposta) a campo abierto.
- Antonio, J.M. 2014. Calidad y rendimiento en sandía con fertilización orgánica comparada con la fertilización convencional. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. pp: 3, 8, 12, 18, 32, 33, 34, 35 y 36.

- Ardón, H.R. 2015. Solidos solubles pp:34. Efectos de fuentes de potasio sobre la concentración de solidos solubles en sandía Mickey Lee; Tiquiaste, Escuintla. Tesis de Grado. Universidad Rafael Landívar. Quetzaltenango, Guatemala.
- Arellano, O.O. 2007. Etapas del vermicomposteo pp: 18. Vermicomposteo de lodos residuales derivados de la compañía Cooper Standard Automotive. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Procesos Ambientales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México.
- Arenas, C.Y. 2017. Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el Centro Educativo Rural Josefa Romero, Municipio de Dabeiba. Trabajo de grado para optar el título de Magister en Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia. pp: 13, 21, 29 y 30.
- Assefa, A.D., Hur, O.S., Ro, N.Y., Lee, J.E., Hwang, A.J., Kim, B.S., Rhee, J.H., Yi, J.Y., Kim, J.H., Lee, H.S., Sung, J.S., Kim, M.K., Noh, J.J., 2020. Fruit Morphology, Citrulline, and Arginine Levels in Diverse Watermelon (*Citrullus lanatus*) Germplasm Collections. Plants 9.
- Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018. Construcción de la pila pp: 17. Manual de producción de Compost. Universidad Estatal Amazónica. Universidad de Girona. Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio de Pastaza. Asociación de productores y productoras de abono orgánico (ASOPRECO). Quito, Ecuador.
- Calizaya, G.A. 2013. Influencia de cinco fuentes de materia orgánica en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) en la zona de La Yarada-Departamento de Tacna. Tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. Tacna, Perú. Pp: 60, 62, 64, 66, 75
- Carrillo, F.S. 2020. Descripción de la planta pp: 7. Adaptabilidad de tres híbridos de sandía (*Citrullus lanatus*) en el Cantón Patate. Documento final del proyecto

de investigación como requisito para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador.

Castellanos, J.Z., J.X, Uvalle y A. Aguilar. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. Ed. INCAPA. San Miguel de Allende, Guanajuato, México. 215 p.

Castillo, T. 1998. Cosecha pp: 21. Comportamiento de Híbridos Diploides de Sandía (*Citrullus lanatus* L.) en el Noreste de Coahuila. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Cenobio-Pedro G.; Inzunza-Ibarra, M. A.; Mendoza-Moreno, S. F.; Sánchez-Cohen, I. y Román-López, A. 2006. Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. *Terra Latinoam.* 24(4): 515-520.

Cervantes Vásquez, T. J. Á., Fortis Hernández, M., Trejo Escareño, H. I., Vásquez Vásquez, C., Gallegos Robles, M. Á., & García Hernández, J. L. (2018). Fertilización química y orgánica en la producción de sandía en el norte de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.996>.

Cervantes, T.J.A., P, Preciado., M, Fortis., A.A, Valenzuela., J.L, García y M.G, Cervantes. 2022. Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). *Terra Latinoamericana*, 40: 8.

Cohen, C.S., J.A, Rodríguez y R.D, Salgado. 2018. Modelado del Microclima de un Cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*) en la Sub-región Sabana del Departamento de Sucre, Colombia. *Información Tecnológica*, 29(5): 336.

Cosme, L.R., P.E, Nicho., D, Paucar & M, Eguiluz. 2020. Evaluación del efecto sobre el rendimiento y calidad de frutos de dos métodos de injerto en sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) en costa central de Perú. *Manglar*, 17(1): 86.

- Duran, R., M.E, Villegas y I, Nieves. 2017. Caracterización y extracción de citrulina de la corteza de la sandía (*Citrullus lanatus* [Thunb]) consumida en Valledupar. *Temas Agrarios*, 22(1): 63.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2024-2030.
- El Siglo de Torreón. 2020. Resumen económico: 2020. Periódico. Diciembre. Torreón, Coahuila. pp: 48.
- FAO, 2021. La producción de sandía en todo el mundo se eleva a más de 100,000 millones de kilos Disponible en: <https://www.hortoinfo.es/index.php/10129-sandia-produccion-mundial-080221>
- Fatondji, D.; Pasternak, D. and Woltering, L. 2008. Watermelon production on stored rainwater in Sahelian sandy soils. *África. Afr. J. Plant Sci.* 2(12):151-160.
- Francisco, M. 2007. Hojas pp:10. Producción de sandía (*Citrullus lanatus*) sin semilla con aplicación de reguladores de crecimiento en la Comarca Lagunera. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México.
- Franco, E. 2007. La vermicomposta en desarrollo de las especies vegetales pp: 19. Desarrollo de la Noa (*Agave victoriae-reginae* T. Moore) lodos residuales vermicomposteados. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero en Procesos Ambientales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila.
- Franco, A.V. 2017. Efecto de la aplicación de tres abonos orgánicos (líquidos) en tres dosis en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) establecido en el Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. pp: 64, 70, 72

- García, 1999. Productividad de Sandía (*Citrullus lanatus*), Utilizando Dos Genotipos: Sangría y Muñeca; en Tres Densidades de Siembra; Bajo Condiciones de Riego por Goteo, en la Región de Anáhuac, N. L. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Irrigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp: 7, 8, 9,
- García, C. 2007. Época de siembra pp: 13. Aplicación de lixiviados de vermicomposta a sandía (*Citrullus lanatus*) en un sistema de producción tradicional. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro- UL. Torreón, Coahuila, México.
- García, J. 2011. Crecimiento vegetativo del ciruelo japonés (*Prunus salicina*) con la aplicación de vermicomposta al suelo. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp: 8 y 9.
- Girón, J.M. 2015. Taxonomía y morfología pp:3. Rendimientos de sandía tipo personal. Trabajo presentado al consejo de la facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Zacapa, Guatemala.
- GOB, 2020. Avance de siembras y cosechas. Coahuila. AÑO AGRÍCOLA 2020. RIEGO + TEMPORAL. SANDÍA. Disponible en:
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- GOB, 2020. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por estado. AÑO AGRÍCOLA 2020. RIEGO + TEMPORAL. SANDÍA. Disponible en:
http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- González, R.F. 2011. Numero de frutos por planta pp: 22. Evaluación del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.) variedad Mickey Lee utilizando sustratos

mejorados y determinación de los coeficientes “Kc” y “Ky”, bajo riego. Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

González, M y J.I, Guerra. 2019. Antecedentes pp: 5 y 18. Extracción de licopeno y L-citrulina a partir de la cascara de sandía y su aplicación en una bebida funcional. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Alimentos. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Guayara, E.S. 2016. Semillas pp: 8. Evaluación del comportamiento agronómico de dos variedades de sandía (*Citrullus lanatus* Thumb) con dos distancias de siembra. Tesis de siembra previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Hernández, P. 2000. Problemas parasitológicos del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* L.). Monografía presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp: 11, 13 y 17.

Hernández, F.E., C, Medina & Y.K. Hernández. 2011. Evaluación del híbrido de sandía Santa Amelia (*Citrullus lanatus* Thunb) en tres tipos de cobertura. *Agron.* 19(2): 54 - 66, 2011.

Hidalgo, A. 1998. Transplante pp: 22. Influencia de tres relaciones en sandía sin semilla y un polinizador en Paila, Coahuila. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Hilerio, A. 2007. Cosecha pp: 30 y 31. Respuesta del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) a la aplicación de fertilización potásica en la Comarca Lagunera. Tesis Presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México.

Horna, J.P. 2016. Componentes de claves de calidad pp: 26. Aplicación foliar de potasio en sandía (*Citrullus lanatus*) cv. Black Fire bajo las condiciones del

- Valle de Cañete. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Huang, K., Xia, H., Li, F., Wei, Y., Cui, G., Fu, X., Chen, X., 2016. Optimal growth condition of earthworms and their vermicompost features during recycling of five different fresh fruit and vegetable wastes. *Environmental science and pollution research international* 23, 13569-13575.
- Jiménez, R. 2010. Demanda hídrica pp: 17. Producción de sandía sin semilla (*Citrullus lanatus*) con fertilización orgánica. Tesis como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México.
- León, E.E. 2016. El acolchado o mulching en el suelo pp: 17-35. Efecto de la retención de agua y las propiedades físicas del suelo, por la aplicación de tres tipos de coberturas, en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), regado mediante goteo. Tesis previa a la obtención del título de Magister en Agroecología y ambiente. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- López, F.J. 2007. Producción orgánica de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en mezclas de vermicomposta y arena bajo condiciones de invernadero. Tesis que se somete a la consideración del comité asesor, como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. pp: 22 y 24.
- Macedo, A.G. 2019. Efecto de “Ácidos Húmicos” y “Compost” en el rendimiento de frutos de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb) variedad Santa Amelia. Tesis presentada para optar el Título Profesional de Ingeniería Agrónoma. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Peru. Pp: 14, 41, 45, 48, 50.
- Massri, M. and Labban, L. 2014. Comparison of different types of fertilizers on growth, yield and quality properties of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Agric. Sci.* 5(6):475-482.

- Mayo, G.M. 2019. Vermicomposta pp: 12. Evaluación de diferentes porcentajes de vermicomposta en chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) en invernadero. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México.
- Medeiros, J.A., J, Silvia., L, Ferreira y W, Esfrain. 2017. Watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) production as affected by soil potassium fertilizer and livestock manure. *Agrociencia Uruguay*, 21(2): 8.
- Mendoza, M.A. 2013. Evaluación para rendimiento y calidad de fruto de híbridos de sandía (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Mansf.). Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título en Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. pp: 11 y 22.
- Mi-J, U., N, Jae-J., C, Hyong-G., K, Sung-W & S, Young-J. 2012. Application effect of organic fertilizer and chemical fertilizer on the watermelon growth and soil chemical properties in greenhouse. *Korean J. Environ Agric.* 31(1): 1-8.
- Morales, A.D. 2012. Características pp: 7. Aplicación de vermicompost al cultivo de tomate bajo condiciones de campo. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título en Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México.
- Moreno, A., H, Meza., N, Rodríguez y J.L, Reyes. 2010. Development of muskmelon with different mixtures of vermicompost: sand under greenhouse conditions. *J. Plant Nutrition.* 33(11): 1672 — 1680.
- Moreno, A., R, Jiménez., C, Márquez., N, Rodríguez., J. L. Reyes., M, García., H, Madinaveitia., J.L, Puente y P, Cano. 2012. Producción de sandía sin semilla con fertilización orgánica e inorgánica bajo condiciones de campo. Memoria de la XXIV Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED pp.323-330.

- Moreno-Reséndez A.*, R. Parceros-Solano; J. L. Reyes-Carrillo, L. Salas-Pérez, M. del R. Moncayo-Luján, M. G. Ramírez-Aragón; N. Rodríguez-Dimas. 2016. Organic Manures Improved the Phenolic Content, Antioxidant Capacity and Soluble Solids in Pepper. *Food and Nutrition Sciences*, 2016, 7, 1401-1413 <http://www.scirp.org/journal/fns> ISSN Online: 2157-9458 ISSN Print: 2157-944X DOI: 10.4236/fns.2016.714127 December 29, 2016
- Mullins, C.A & A.B, Smith. 2001. Performance of watermelon Cultivars, Plateau Experiment station. pp 1-5. University of Tennessee. Consultado en 10 de junio de 2015. Disponible en: vegetables.tennessee.edu/pdfs/Vegetables.2001Watermelon.1pdf
- Munglue, P., Eumkep, G., Wray, S., Kupittayanant, S., 2013. The effects of watermelon (*Citrullus lanatus*) extracts and L-citrulline on rat uterine contractility. *Reproductive sciences* 20, 437-448.
- Nieves, A.F. 2018. Definición de acolchados pp: 22-48. Identificación de algunos efectos causado por acolchados en suelos agrícolas en condiciones del trópico. Trabajo de grado para optar el título de Agrónomo. Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD. Bogotá, Colombia.
- NORMA GENERAL DEL CODEX. 2005. Para Zumos (Jugos) y Néctares de Frutas (CODEX STAN 247-2005). 21 p.
<http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/10154/CXS_247s.pdf>. (Consulta: junio 11, 2015).
- Núñez, J.L. 2013. Época de siembra pp:15. Evaluación de rendimiento de genotipos de sandía (*Citrullus lanatus*) en la Región Lagunera 2007. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila.
- Osorio, N.M., R.A, González., J.A, Guerra y V, Aguilera. 2012. Etapas del desarrollo. Manejo integral del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*). Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

- Pacheco, F. 2014. Respuesta del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* [Thunb.] Matsum y Nakal) a la fertilización de vermicomposta a dos espacios entre hileras de planta. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Agroecología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. Panamá. pp: 3-5.
- Palacios, U. 2018. Efecto del compost en el desarrollo vegetativo de *Coffea arábica* l. var. *catuai* en Mazamari-Perú. Tesis para optar el Título de Ingeniería en Ciencias Agrarias, Especialidad: Agronomía. Universidad Nacional del Centro del Perú. Satipo, Perú.
- Panta, S. 2015. Clasificación botánica pp: 11. Niveles de fertilización potásica en la producción y calidad de sandía (*Citrullus lanatus*) c.v 'Black Fire'. Tesis para optar el título de: Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Peñarrieta, L.M. 2015. Taxonomía pp: 4. Producción de sandía (*Citrullus lanatus*) con dos sistemas de tutorado en el centro experimental La Playita de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Mana 2015. Tesis presentada previa a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Técnica de Cotopaxi. La Mana, Cotopaxi.
- Pérez, T. 2011. Plagas y enfermedades pp: 20-23. Caracterización de producción de genotipos de sandía (*Citrullus lanatus* [Thunb] Mansf.) en la Comarca Lagunera. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila.
- Pérez, W.A. 2015. Productividad y calidad de melón con fertilización química y orgánica en acolchado en la Comarca Lagunera. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. pp: 10, 11 y 12.

- Pérez, P.U. 2015. El gusano género de vermicomposting pp:19. Efecto de la vermicomposta en la producción y calidad de tomate con acolchado plástico en campo. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México.
- Pérez, E. 2017. Rendimiento y calidad de sandía utilizando el portainjerto Shintoza bajo acolchado plástico en la Comarca Lagunera. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencia en Suelos. TECNÓLOGICO NACIONAL DE MÉXICO Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila, México. pp: 7, 49, 51, 52, 53, 54.
- Pérez, D.J. 2021. Uso de mezclas de abonos orgánicos en el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus* L.) variedad Royal Charleston recinto Bijagual-Cantón Salitre. Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. pp: 49, 50.
- Pineda, C.A. 2019. Practicas agroecológicas pp: 45. Practicas agroecológicas en el manejo del Nogal Pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Kosh]. Monografía presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Agroecología. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila.
- Quintero, M.M. 2015. Acolchado pp: 16. Efecto del acolchado plástico y orgánico sobre la temperatura del suelo y el rendimiento de tomate en invernadero. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola. Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, Nuevo León.
- Quispe, J.J. 2019. Compostaje pp: 32. Propuesta de implementación de una planta de compostaje a partir de residuos orgánicos generados en el distrito de Catache, Provincia de Santa Cruz-Cajamarca; para el cultivo de granadilla orgánica. Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo, Perú.

- Rafael, M.d.P. 2015. Revisión bibliográfica pp: 9, 10, 12 y 25. Proceso de producción y aplicación del producto de microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga-Huancayo. Tesis presentada para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Ramos, D y E, Terry. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4): 55.
- Raya, M. 2010. Ventajas y desventajas de la Lombricomposta pp: 55. La lombricultura en el ámbito forestal. Monografía presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Reyes, J.J., R.A, Luna, M.d.R, Reyes., G, Suarez., C.I, Ulloa., M, Rivero., D.A., Cabrera., A, Fabrizzio., A, Mendoza y J.C, González. 2016. Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo de la col (*Brassica oleracea* L.). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 18(3): 28.
- Riofrío, A.J y P.F, Cruz. 2012. Citrulina pp: 16. Obtención de aminoácidos a partir de la cascara de sandía. Tesis de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero químico. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Ríos, J.L., M, Torres., R, Castro., M.A, Torres y J, Ruiz. 2015. Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo*, 47(1): 95.
- Roblero, L. 2017. Materiales y métodos pp: 18. Modelos de producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en la Comarca Lagunera. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Irrigación. Instituto Tecnológico Nacional de México. Torreón, Coahuila, México.

- Rodríguez, M.A. 2010. Producción de sandía (*Citrullus lanatus* Thumb.) variedad Jubilee con fertilización orgánica bajo sistemas de riego por goteo y acolchado plástico. Tesis presentada como requerimiento parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. pp: 8, 11, 12 y 34.
- SADER. 2021. [www.gob.mx](https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-produccion-y-exportacion-de-sandia-mexicana-en-2020?idiom=es). Obtenido de: Creció producción y exportación de sandía mexicana en 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecio-produccion-y-exportacion-de-sandia-mexicana-en-2020?idiom=es>
- Salamanca, D.A y P.A, Niño. 2019. Caracterización fisicoquímica y determinación en compuestos bioactivos en tres variedades de sandía. Tesis de Grado como requisito parcial para obtener el título de Ingenierías Químicas. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. pp: 1 y 2.
- Sánchez, H. M. G., Palomares, S. G., & Reyes, T. R. (2011). Caracterización de compuestos volátiles durante el secado por aspersión de jugo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.). *Investigación y Ciencia*, 19(51), 10-15.
- Sandoval, E.A. 2016. Antecedentes pp: 2. Formulación y evaluación de las características físico-químicas y organolépticas de una mermelada elaborada a partir de la cascara de sandía (*Citrullus lanatus*). Trabajo de Titulación Previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Sarmiento, G.J., D, Pino., L.M, Mena., H.D, Medina & L.M, Lipa. 2019. Aplicación de humus de lombriz y algas marinas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) var. Santa Amelia. *Scientia Agropecuaria*, 10(3): 365.
- Tamburini, E., Costa, S., Rugiero, I., Pedrini, P & Marchetti, M.G. 2017. Quantification of Lycopene, beta-Carotene, and Total Soluble Solids in Intact Red-Flesh Watermelon (*Citrullus lanatus*) Using On-Line Near-Infrared Spectroscopy. *Sensors* 17.

- Tercero, F. 2007. Los reguladores del crecimiento en la sandía (*Citrullus lanatus* Schrad) sin semilla en la Comarca Lagunera. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. pp: 4 y 8.
- Toccalino, P.A., M.C, Agüero., C.A, Serebrinsky y J.P, Roux. 2004. Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Rev. Vet*, 15(2): 66.
- Valle, M.F., R, Durán., G, Quintero y R, Valera. 2020. Caracterización fisicoquímica, químico proximal, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de pulpa y corteza de sandía (*Citrullus lanatus*). *Información Tecnológica*, 31(1): 22.
- Vega, K.B. 2015. Compostaje pp: 10, 13 y 14. Elaboración de composta a partir de residuos de pescado, utilizando el método de pilas con aireación mecánica. Tesis aprobada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Guaymas, Sonora.
- Vera, S.P. 2018. Bases teóricas pp: 18-23. Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA SAC. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial. Universidad Nacional de Piura. Piura, Perú.
- Velázquez, E.N. 2008. Cuantificación de licopeno en sandia injertada sobre patrones de *Cucurbita spp*. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Torreón, Coahuila, México. pp: 5, 17 y 18.
- Wang, X.X., Zhao, F., Zhang, G., Zhang, Y., Yang, L., 2017. Vermicompost Improves Tomato Yield and Quality and the Biochemical Properties of Soils with Different Tomato Planting History in a Greenhouse Study. *Frontiers in plant science* 8, 1978.

- Zambrano, F.E. 2012. Clasificación taxonómica y morfológica pp: 6. Efectos de la aplicación de mejoradores de salinidad del suelo en el rendimiento y calidad de sandía (*Citrullus lanatus* L.). Tesis de Grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Zambrano, N.F. 2015. Promedio del número de frutos a los 30, 60, y 90 días pp: 30. Comportamiento agronómico del cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus* L.) con fertilización orgánica. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador.
- Zavala, J. 2000. Fecha óptima de siembra para sandía (*Citrullus lanatus* T.) fertirrigada con y sin acolchado plástico en la región de Anáhuac, N.L. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo en Irrigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. pp: 6, 9, 11, 16

VII. APENDICES.

Apéndice. A. Análisis de varianza para la variable del rendimiento en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.

FV	GL	S. Cuadrados	C. Medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	2	545.6	272.8	0.58	0.5675 NS
Bloque	2	2160.5	1080.3	2.30	0.1236 NS
Error	22	10322.8	469.2		
C. Total	26	13029.0			

Media	74
C.V	29.2

Apéndice. B. Análisis de varianza para la variable del número de frutos en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.

FV	GL	S. Cuadrados	C. Medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	2	0.888	0.444	0.75	0.4860 NS
Bloque	2	0.666	0.333	0.56	0.5795 NS
Error	22	13.11	0.595		
C. Total	26	14.66			
Media	3				
C.V	27.7				

Apéndice. C. Análisis de varianza para la variable del peso del fruto en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.

FV	GL	S. Cuadrados	C. Medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	2	33.64	16.8	1.97	0.1567 NS
Bloque	2	28.84	14.4	1.69	0.201 NS
Error	31	264.9	8.54		
C. Total	35	327.4			

Media	8.98
C.V	32.5

Apéndice. D. Análisis de varianza para la variable del diámetro polar en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.

FV	GL	S. Cuadrados	C. Medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	2	183.6	91.8	4.63	0.0174 *
Bloque	2	77.1	38.5	1.94	0.1601 NS
Error	51	614.6	10.8		
C. Total	55	876.4			
Media	36.8				
C.V	12				

Apéndice. E. Análisis de varianza para la variable del diámetro ecuatorial en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.

FV	GL	S. Cuadrados	C. Medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	2	6.180	0.09	0.03	0.9700 NS
Bloque	2	5.51	2.75	0.93	0.4046 NS
Error	31	91.7	2.95		
C. Total	35	97.4			
Media	16.8				

C.V 10.2

Apéndice. F. Análisis de varianza para la variable del espesor de la pulpa en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.

FV	GL	S. Cuadrados	C. Medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	2	6.32	3.16	1.99	0.1535 NS
Bloque	2	13.65	6.82	4.30	0.0224 *
Error	31	49.18	1.58		
C. Total	35	69.16			
Media	17.6				
C.V	7.16				

Apéndice. G. Análisis de varianza para la variable del espesor de la cascara en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.

F	GL	S. Cuadrados	C. Medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	2	3.97	1.98	7.07	0.0029 **
Bloque	2	1.15	0.57	2.06	0.1451 NS
Error	31	8.7	0.28		
C. Total	35	13.82			
Media	2.0				

C.V 24.3

Apéndice. H. Análisis de varianza para la variable de los Grados Brix en el cultivo de sandía con la fertilización orgánica y química en la Comarca Lagunera, UAAAN-UL, 2021.

FV	GL	S. Cuadrados	C. Medios	Valor F	Pr>F
Tratamiento	2	6.22	3.11	3.97	0.029 *
Bloque	2	2.05	1.027	1.31	0.2837 NS
Error	31	24.2	0.78		
C. Total	35	32.55			
Media	9.6				
C.V	9.2				