

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**DETERMINACIÓN DE POSIBLE AUTOGAMIA EN SANDÍA (*Citrullus lanatus*  
(THUNB.) MANSF.) INDIVIDUAL VARIEDAD TIGRINHO RZ.**

**POR**

**NASLA GIANNINA GIDI TALAMÁS**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.**

**DICIEMBRE, 2016**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DETERMINACIÓN DE POSIBLE AUTOGAMIA EN SANDÍA  
(*Citrullus lanatus* (THUNB.) MANSF.) INDIVIDUAL VARIEDAD TIGRINHO RZ

POR  
NASLA GIANNINA GIDI TALAMÁS

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR

PRESIDENTE

  
DR. PEDRO CANO RÍOS

VOCAL:

  
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

VOCAL:

  
DR. ANSELMO GONZÁLEZ TORRES

VOCAL SUPLENTE

  
MC. JOSÉ LUIS GALARZA MENDOZA

M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DEL 2016



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DETERMINACIÓN DE POSIBLE AUTOGAMIA EN SANDÍA  
(*Citrullus lanatus* (THUNB.) MANSF.) INDIVIDUAL VARIEDAD TIGRINHO RZ**

**POR  
NASLA GIANNINA GIDI TALAMÁS**

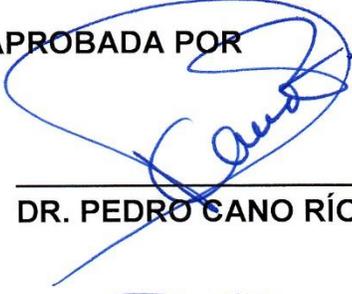
**TESIS**

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

**APROBADA POR**

**ASESOR PRINCIPAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. PEDRO CANO RÍOS**

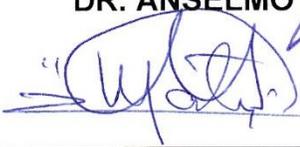
**ASESOR:**

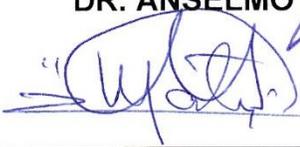
  
\_\_\_\_\_  
**DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. JOSÉ LUIS GALARZA MENDOZA**

**ASESOR SUPLENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ANSELMO GONZÁLEZ TORRES**

  
\_\_\_\_\_  
**M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**TORREÓN, COAHUILA**

**DICIEMBRE DEL 2016**

## DEDICATORIA

**A mis padres**, por enseñarme a seguir las reglas y a romperlas.

**Mamá**, tus ejemplos de fuerza, constancia y amor me han acompañado todo el camino.

Te has convertido en mi modelo a seguir, disculpa que soy mala aprendiendo.

**Papá**, gracias por heredarme mis dos mayores pasiones, el campo y la aventura.

Extrañarte, estar sin ti y seguir viviendo, me ha enseñado que todo lo puedo.

“Estírate y toca el techo”

## AGRADECIMIENTOS

A la Vida, eres una belleza que me ha mostrado como llegar a mi corazón y mi felicidad, tú me trajiste a este camino que jamás hubiera imaginado como mío, me has dado junto a él todo lo que he soñado y más. No me alcanzan las palabras, la lucha por la suerte de los demás será por tanto mi mayor expresión de gratitud hacia ti.

A mi madre, con tu apoyo todo puedo, por ser el pilar de mi vida y consejera podría regalarte páginas enteras de gratitud, prefiero pagarte con actos.

A mi familia, que con su existencia le han dado sentido a la mía; a mis hermanos Jorge, Omar, Héctor y especialmente a Ghaleb, porque es gracias a ustedes que sé lo que es no entender la vida sin alguien. A mis abuelas, Irma y Fatme, que me enseñaron con sus ejemplos a ser fuerte, y por recordarme que estamos hechos y moldeados por lo que amamos. A mi abuelo, Don Carlos Talamás Talamás, por darme su ejemplo de vivir para servir. Y a mi padre, porque al encontrarme con su recuerdo en el espejo me doy cuenta que soy mi única limitante.

A mi asesor principal, el doctor Pedro Cano, de quien he tenido el honor de recibir apoyo incondicional. Sin usted mi locura sería mi debilidad y no mi fuerza, gracias por ayudarme a tomar las riendas de mi vida y darme tantas oportunidades de desarrollarme como profesionalista y como ser humano. Las mayores enseñanzas me las regalo con su ejemplo. No hubiera podido sin usted.

Al doctor José Luis Reyes Carrillo por mostrarnos lo que es amar nuestra profesión al punto de la excelencia y la amabilidad en cada acto.

A mi Alma Terra Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de vivir las grandes experiencias que han sido aprender, ser constante, luchar por lo que creo correcto y hacer lo que amo. Por enseñarme que no sé nada y que cada vez que aprendo sé menos. Y por traer consigo a grandes personas, maestros y compañeros, por los que me siento agradecida como lo son, entre muchos otros, el ingeniero Martínez Cueto y Brenda, por detenerme cuando mi tormenta quería comerse al mundo, y a mis compañeros y amigos Cecilia, Angélica, Martha, Iris, Karim, Jesús, Gaudencio, Oscar, Ana, Marcelino y Palomino, porque sin su ayuda no estaría aquí hoy a punto de lograr un sueño.

A las maravillosas personas que he conocido a lo largo de mi preparación profesional como Luis Fernando, Cristina Pedroza, Karen Marin, César Antonio, Alan Iza, aún a aquellas personas que fueron fugaces en su pasar, por haber estado en los momentos difíciles y convertirse así en recordatorios de que hay lotos en el pantano, ustedes junto con mis más viejos amigos como Azalea Sánchez, Jorge Cepeda, Linette Gotes y Alejandro Ibarrola, han sido estrellas incluso en las noches más oscuras.

No existe forma de expresar la gratitud que siento hacia aquellos que con su amor han impulsado mis sueños, da más fuerza sentirse amado que creerse fuerte.

Nadie llega a donde no caminó.

## RESUMEN

La sandía típica es una planta monoica que tiene flores masculinas y femeninas separadas y fácilmente diferenciables. A pesar de ser controlado genéticamente, la expresión sexual está también afectada por otros factores tales como temperatura, humedad, fertilización y reguladores de crecimiento. Estudios en sandía han demostrado que poblaciones monoicas y andromonoicas, en el inicio eran flores masculinas y femeninas y después eran machos y hermafroditas. En cualquier caso, ambas formas sexuales muestran ciertos grados variables de auto polinización.

El presente estudio se llevó a cabo en el ejido el Tajito, ubicado en el municipio de Matamoros en el estado de Coahuila. Dentro del ejido se estableció un cultivo de plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) individual llamado Tigrinho RZ de la empresa Rijk Zwaan®, la cual describe la variedad como autógama, hecho que nos llevó a realizar la investigación para su verificación. En esta buscamos determinar si la planta de sandía individual (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) variedad Tigrinho RZ carece de la necesidad de abejas para su fecundación.

Dentro de estas hectáreas se seleccionó un espacio de 18 por 40 metros, equivalentes a nueve camas de cultivo de dos metros de ancho cada una. Los testigos se lograron colocando una tela llamada Agribon®, para aislar las flores y evitar la polinización cruzada causada por insectos o por el viento, las camas cubiertas fueron la primera, cuarta y séptima. La separación entre plantas usada para los resultados estadísticos fue de .75 metros entre ellas. Se seleccionaron tres repeticiones con estas características de las cuatro posibilidades que había, se encontró un promedio de doce plantas por repetición. Se colocarán ocho colmenas de abejas (*Apis mellifera*) para asegurar la correcta polinización del sembradío y poder tener la certeza de que el experimento era concluyente.

Durante la floración se tomaron muestras que fueron llevadas al laboratorio y sexadas en donde se encontraron flores masculinas, con carencia de ovario y poseedora de estambres, y flores femeninas, con ovarios y pistilos observables a simple vista. También se tomaron flores de plantas de melón (*Cucumis melo*) de un cultivo aledaño, para su comparación, en donde se observaron flores perfectas, que gozan de estambres, pistilos y óvulos a la vez.

En la época de cosecha se obtuvo un promedio de 3.5 frutos por planta en los tratamientos sin Agribon®, a diferencia en aquellos tratamientos que se encontraban cubiertos la cosecha fue casi nula. Con excepción de dos errores en la repetición uno y dos en donde se obtuvo una cosecha de seis y un fruto, respectivamente. En ambos casos, la cosecha se dio justamente donde estaban los errores en el Agribon®. En la repetición tres, donde el tratamiento cubierto con Agribon® no contaba con error alguno, no hubo aparición de fruto.

Las flores encontradas en la variedad fueron exclusivamente masculinas y femeninas, dando lugar a una planta sin duda monoica. No se observó caso alguno en el que la planta experimentara fecundación dentro de los tratamientos que carecían de polinizadores. A causa de esto, podemos dar por concluido el experimento, aceptando que la variedad no puede producir frutos por autogamia, como es descrito por la empresa, o de ninguna otra forma que no sea a través del transporte del polen

Por lo tanto se recomienda mantener los cultivos al alcance de polinizadores que permitan la buena fertilización de las flores productoras de fruto para así alcanzar un buen rendimiento y alta calidad en el híbrido de sandía variedad Tigrinho RZ.

**Palabras claves:** Sandía, *Citrullus lanatus*, autogamia, polinización, monoica.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
RESUMEN.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	VI
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
INDICE DE FIGURAS .....	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 EL CULTIVO DE LA SANDÍA.....	4
2.2 GENERALIDADES .....	4
2.2.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO.....	5
2.2.2 PERSPECTIVA DEMOGRÁFICA.....	5
2.2.3 ORIGEN .....	9
2.2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	10
2.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS .....	11
2.3.1 PLANTA.....	11
2.3.2 FRUTO .....	14
2.3.3 SEMILLA.....	16
2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL .....	16
2.5 ETAPAS FENOLÓGICAS .....	17

<b>2.6</b>	<b>REQUERIMIENTOS</b> .....	<b>18</b>
2.6.1	TIPOS DE CLIMA .....	18
2.6.2	TEMPERATURA .....	19
2.6.3	HUMEDAD RELATIVA .....	19
2.6.4	SUELO .....	19
2.6.5	LUZ .....	20
<b>2.7</b>	<b>SIEMBRA</b> .....	<b>20</b>
<b>2.8</b>	<b>TRASPLANTE</b> .....	<b>21</b>
<b>2.9</b>	<b>VARIEDADES E HÍBRIDOS</b> .....	<b>22</b>
<b>2.10</b>	<b>BIOLOGÍA REPRODUCTIVA</b> .....	<b>24</b>
2.10.1	POLINIZACIÓN.....	25
2.10.2	AUTOGAMIA .....	32
<b>2.11</b>	<b>FERTILIZACIÓN</b> .....	<b>33</b>
2.11.1	NUTRIENTES .....	34
<b>2.12</b>	<b>RIEGO</b> .....	<b>35</b>
<b>2.13</b>	<b>ACOLCHADO</b> .....	<b>36</b>
<b>2.14</b>	<b>AFECCIONES</b> .....	<b>38</b>
2.14.1	DESÓRDENES FISIOLÓGICOS.....	38
2.14.2	PLAGAS .....	40
2.14.3	ENFERMEDADES .....	43
<b>2.15</b>	<b>PRÁCTICAS CULTURALES</b> .....	<b>45</b>
2.15.1	CONTROL DE HIERBA .....	45
2.15.2	DRENAJES.....	45
2.15.3	ARADO .....	46
2.15.4	RASTREADO.....	46
2.15.5	SURCADO .....	46

2.15.6	PODA.....	47
2.16	COSECHA .....	47
2.17	POSCOSECHA .....	47
2.18	ESPECIFICACIONES COMARCA LAGUNERA .....	48
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	49
3.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	49
3.2	ESPECIFICACIONES DE LA ZONA .....	49
3.3	LOCALIZACIÓN DEL CULTIVO .....	50
3.4	MUESTREO DE SUELO .....	50
3.5	ZONA DE EXPERIMENTO .....	51
3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	51
3.7	MATERIAL VEGETAL .....	55
3.8	SIEMBRA.....	55
3.9	MANEJO DE CULTIVO .....	56
3.10	POLINIZACIÓN.....	57
3.11	FERTILIZACIÓN .....	57
3.12	COSECHA .....	57
3.13	VARIABLES EVALUADAS .....	58
3.14	HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN.....	58
3.15	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	58
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	59
4.1	RESULTADOS DE FENOLOGÍA Y RENDIMIENTO.....	59
4.1.1	EMERGENCIA DE LA PLÁNTULA.....	59
4.1.2	HOJAS VERDADERAS .....	60
4.1.3	FLOR MACHO Y PRODUCTORA.....	61

4.1.4	PLANTAS POR TRATAMIENTO .....	61
4.1.5	SEXADO DE FLORES .....	62
4.1.6	DÍAS PARA AMARRE DE FRUTO .....	65
4.1.7	NÚMERO DE SANDÍAS.....	66
4.1.8	PLANTAS POR HECTÁREA .....	69
4.1.9	FRUTOS POR HECTÁREA .....	69
4.1.10	RENDIMIENTO .....	69
4.2	RESULTADOS DE CALIDAD .....	70
4.2.1	PESO .....	71
4.2.2	DIÁMETRO POLAR Y ECUATORIAL .....	72
4.2.3	GRADOS BRIX .....	73
4.2.4	GROSOR DE LA CÁSCARA .....	74
4.2.5	RESISTENCIA .....	75
5.	CONCLUSIONES.....	76
6.	LITERATURA CITADA .....	77
7.	APÉNDICE .....	85
7.1	RESULTADOS DE FENOLOGÍA Y RENDIMIENTO.....	85
7.2	RESULTADOS DE CALIDAD .....	89

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1</b>	Composición nutracéutica del fruto de la sandía por cada 100 g de fruto comestible. UAAAN-UL. 2016.	.....16
<b>Cuadro 3.1</b>	Descripción gráfica de tratamientos en el experimento, establecido en el ejido el Tajito, de cultivo en sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....55
<b>Cuadro 3.2</b>	Cronograma de actividades realizadas durante el cultivo de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....57
<b>Gráfica 4.1</b>	Comparación de la aparición en días de hojas verdaderas en los tratamientos del cultivo de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....64
<b>Gráfica 4.2</b>	Pesos encontrados en los frutos muestra de la planta de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....72
<b>Gráfica 4.3</b>	Grados Brix observados en los frutos muestra de la planta de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....74
<b>Gráfica 4.4</b>	Medición de grosor de cáscara de los fruto en la planta de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....75
<b>Gráfica 4.5</b>	Resultados con respecto a resistencia de los frutos de la planta de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....76

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b>	Técnica para muestreo de suelo con barrena en el campo a utilizarse durante el experimento con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....51
<b>Figura 3.2</b>	Primer paso para colocación de agrivelo en tratamiento cubierto, para evitar polinización entomófila, durante el experimento con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....52
<b>Figura 3.3</b>	Distribución de agrivelo para tratamiento cubierto en experimento con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....53
<b>Figura 3.4</b>	Colocación de agrivelo con el uso de azadón para tratamiento cubierto, para evitar polinización entomófila, en experimento con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....53
<b>Figura 3.5</b>	Agrivelo colocado en totalidad para tratamiento en experimento con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....54
<b>Figura 3.6</b>	Agrivelo colocado en totalidad con plantas ya desarrolladas y sin presencia de frutos en experimento con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....54
<b>Figura 3.7</b>	Imagen y acercamiento de la página de la empresa afirmando la no necesidad de polinizadores por parte de la planta de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....56
<b>Figura 3.8</b>	Fotografía de seis de las ocho colmenas de abejas colocadas en el campo usado para el experimento con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....58
<b>Figura 4.1</b>	Sexado de las plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. Flor masculina; con carencia de ovario y poseedora de estambres. UAAAN-UL. 2016.	.....63
<b>Figura 4.2</b>	Sexado de las plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. Flor femenina, con ovario y pistilos observables a simple vista. UAAAN-UL. 2016.	.....64

<b>Figura 4.3</b>	Sexado de flor de planta de melón ( <i>Cucumis melo</i> ) de cultivo aledaño para comparación. Flor perfecta, que goza de estambres, pistilos y óvulos a la vez. UAAAN-UL. 2016.	.....65
<b>Figura 4.4</b>	Primeros frutos con tamaño de una nuez, considerados como fecundados, del cultivo con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....66
<b>Figura 4.5</b>	Frutos en desarrollo en cultivo con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....67
<b>Figura 4.6</b>	Errores en agrivelo con posible visualización de frutos en desarrollo en repetición con tratamiento en el cultivo con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....68
<b>Figura 4.7</b>	Error en agrivelo con posible visualización de único fruto en desarrollo en repetición con tratamiento del cultivo con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....69
<b>Figura 4.8</b>	Fotografía de abeja ( <i>Apis mellífera</i> ) muerta y atrapada en agrivelo dentro del tratamiento que contenía error no explicable a simple vista en el cultivo con plantas de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....69
<b>Figura 4.9</b>	Frutos cosechados y usados como muestra para la evaluación de la variedad de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....71
<b>Figura 4.10</b>	Medición de diámetro polar y ecuatorial con el uso de reglas de los frutos cosechados y usados como muestra para la evaluación de la variedad de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....73
<b>Figura 4.11</b>	Medición de grosor de cáscara de los frutos cosechados y usados como muestra para la evaluación de la variedad de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....75
<b>Figura 4.12</b>	Toma de resistencia, con el uso del penetrómetro, de frutos cosechados y usados como muestra para la evaluación de la variedad de sandía ( <i>Citrullus lanatus</i> (thunb.) Mansf.) Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.	.....76

## 1. INTRODUCCIÓN

La sandía es un fruto apreciado mundialmente, especialmente en México donde ocupa el segundo lugar en superficie sembrada entre la familia de las cucurbitáceas (Canales, 1998).

Es cultivada en casi todo el país, principalmente en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, entre otros, (SEMARNAT, 2000) y exceptuando únicamente en el Distrito Federal, Hidalgo y Tlaxcala (Berzoza, 2009).

En la Comarca Lagunera, este cultivo produjo 29,390 toneladas en el año 2016 durante el ciclo primavera – verano, con un rendimiento de 44.7 toneladas por hectárea. (SAGARPA, 2016.), dejándolo como el segundo producto hortícola de mayor significancia en la zona (Ramírez, 2014), después del melón, ambos reconocidos por su excelente calidad. Por lo que su importancia social, causada por generar una fuente notable de trabajo durante las etapas de desarrollo y cosecha del cultivo, es igualmente reconocida (Ruíz, 1985).

En la sandía como en todas las hortalizas, el precio está fuertemente influenciado por la ley de la oferta y la demanda (Berzoza, 2009). Dicha oscilación es un problema que se origina por periodos de exceso de oferta. La variación temporal de los precios afecta a los productores del sector agrícola de diversas regiones de México, sobre todo de aquellas que ocupan un porcentaje considerable en la producción nacional, como es el caso (Ramírez, 2014).

Dada la trascendencia económica y social que tiene el cultivo es necesario cultivar en la época de escasez (Mendoza, 2002), puesto que la aparición temprana o tardía del fruto reditúa al productor buenos dividendos. Esto ha hecho que se hayan

buscado formas de obtener su cosecha en temporadas que no son las más aptas para el cultivo.

Los genetistas investigan sobre variedades que llevan consigo peculiaridades que permiten a los productores manejar sus cultivos fuera de las temporadas usuales (Masahumi, 2010). Una de estas particularidades, y que sería de mucha conveniencia a causa del problema con la mosquita blanca, sería la no necesidad de polinización en el cultivo, permitiendo cubrir las plantas con Agribon® evitando así los daños por dicha plaga. Para esto, la variedad ocuparía ser autógama, sin semillas o partenocárpica (Mussen, 1997).

En los últimos años han salido al mercado, un número importante de variedades híbridas distribuidas por diferentes compañías especializadas de semillas, con características propias y que deben ser probadas en los campos antes de hacer siembras en forma extensiva (Alvarado, 2009). La variedad de sandía Tigrinho RZ (Rijk Zwaan®) descrita por la empresa como autógama esto es que logran reproducirse por autofecundación (Paredes, 2007) por lo tanto la confirmación de esta característica en la variedad permitiría a los productores de la Comarca Lagunera llevar a cabo sus cultivos de sandía excluyendo a la planta de insectos parásitos y sin necesidad de rentar colmenas para polinización.

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar si la planta de sandía individual (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) variedad Tigrinho RZ carece de la necesidad de abejas para su fecundación.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Valorar si el híbrido de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) individual Tigrinho RZ presenta autogamia como fue determinado por el distribuidor.

Evaluar el rendimiento y la calidad de fruta de sandía individual (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) híbrido Tigrinho RZ.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 El cultivo de la sandía

La sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. and Nakai) pertenece a la familia de las Cucurbitáceas, la cual está económicamente entre los cultivos vegetales más importantes del mundo entero y son cultivados tanto en regiones templadas como tropicales. Son mayormente cultivados para consumo en fresco de su fresca y jugosa fruta madura (Mahla, 2014). Por su frescura es un producto muy demandado, principalmente en la época de calor, aunque su agradable sabor la hace apetecible en cualquier época del año (ASERCA, 1999).

### 2.2 Generalidades

La sandía está entre las plantas del reino con mayor eficiencia por el uso de los factores ambientales naturales en su crecimiento y proceso metabólico. Bajo condiciones normales una sola planta crecerá, dará flores, desarrollará frutos que llegarán a una alta cantidad de kilogramos de fruto maduro, que contiene un total del 10 al 12 por ciento de sólidos, en 85 a 90 días desde la siembra. Solo algunas especies de cultivos herbáceos pueden asimilar luz, agua, dióxido de carbono y los nutrientes del suelo en la cantidad y calidad, de un producto comestible delicioso, en esa cantidad de tiempo (Hall, 2004). Por lo que es un cultivo hortícola que provee una alta retribución y tiene relativamente bajo requerimiento de agua comparado con otros cultivos (Ufoegbune, 2014).

La especie se caracteriza por hojas largas y verdes con de tres a cinco lóbulos en los bordes, flores tamaño mediano con pedicelos cortos, frutos de tamaño mediano a grande con piel suave y carne rosa con un alto contenido de agua, y semillas redondas u ovaladas, negras o cafés (Mahla, 2014).

### 2.2.1 Importancia del cultivo

Desde el principio de la civilización, las cucurbitáceas han sido muy importantes para el hombre como fuente de alimento (Reyes-Carrillo, 2000). Es mundialmente el segundo cultivo de vegetal fresco en términos de área cosechada y producción total y recientemente ha sido declarado como un alimento saludable ya que está alto en antioxidantes y licopeno (David, 2011), motivo del color rosado de su carne. Dicho elemento representa el 30 por ciento del total de carotenoides del cuerpo humano, además de ser un magnífico diurético (Casaca 2005).

Sin embargo, el potencial completo nutricional de este cultivo no es conocido. Mientras la sandía es líder entre las frutas y vegetales en cuanto a fuente de licopeno, también contiene una variedad de antioxidantes y aminoácidos los cuales posiblemente tienen actividad adicional en la promoción de la salud. La literatura científica y resultados médicos recientes indican que frutas y vegetales contienen un conjunto de compuestos que aparentemente trabajan sinérgicamente (David 2011).

### 2.2.2 Perspectiva demográfica

#### 2.2.2.1 Mundial

Dentro de los continentes americano, asiático y europeo, destacan ocho países productores que generan 3,110,596 hectáreas que equivale el 71 por ciento de la producción mundial (Moo, 2015). Como todo producto que se comercializa hoy, se encuentra inmerso en el fenómeno de globalización de los mercados, particularmente al nivel de su eslabón en la producción primaria, la cual compite de manera abierta con la oferta mundial de la sandía, bajo las condiciones y tendencias del mercado internacional, nacional, regional, local y que se mueven bajo indicadores que marca en su preferencia el consumidor final, repercutiendo directamente con el productor primario a tal magnitud

que provoca cambios en la competencia entre países productores de sandía, sobre todo aquellos que han cobrado fuerte impulso en su producción, y complican la comercialización de esta hortaliza (Canales, 2003).

#### 2.2.2.2 Nacional

En México las principales cucurbitáceas son; el melón (*Cucumis melo* L.), la sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.)), el pepino (*Cucumis sativus* L.) y la calabaza (*Cucurbita spp*) de las que se siembran alrededor de 90,000 hectáreas (Reyes-Carrillo, 2000), de las cuales 35.7 mil hectáreas son de sandía. Por la gama climática nuestro país puede producir cucurbitáceas todo el año en diferentes o simultaneas regiones por lo que es posible exportar a los Estados Unidos en los meses de invierno (Reyes-Carrillo, 2000). Se produce un volumen de 730,075 toneladas, teniendo como rendimiento medio de 22 toneladas por hectárea, de las cuales se comercializa con los Estados Unidos un promedio de 243,802 toneladas que significa el 33.4 por ciento del total producido. Sin embargo se llega a importar un promedio anual de 2,305 toneladas de sandía en las fechas en que las precipitaciones son muy elevadas sobre todo en los ciclos de primavera verano, para complementar la demanda interna estacionaria que es superior a los 5.5 kilos per cápita. Por la gama climática nuestro país puede producir cucurbitáceas todo el año en diferentes o simultaneas regiones por lo que es posible exportar a los Estados Unidos en los meses de invierno (Reyes-Carrillo, 2000).

La producción primaria de la sandía en México se realiza principalmente en cinco regiones del país, el pacífico, con aproximadamente el 45.3 por ciento del total nacional, el 29.1 por ciento la región norte centro, 19.2 por ciento la región del golfo, 6.3 por ciento la península de Yucatán y .04 por ciento la del centro.

Los sistemas de producción de sandía en la república mexicana son heterogéneos, debido a la influencia conjunta de los factores agroclimáticos y de manejo tecnológico de cada superficie sembrada. Análogamente corresponden a factores físicos inmodificables como la latitud, la longitud, la altitud sobre el nivel del mar y la topografía, así como los elementos del clima; temperatura y precipitación. Aquellos factores que modifica el hombre y que son la densidad de plantas por hectárea, el método de preparación o encamado, la orientación del encamado, el sistema y calendario de riegos, la fertilización orgánica e inorgánica, el control de plagas, enfermedades y maleza, la regulación de la brotación y la programación de la cosecha. Sin embargo, la manipulación de estos elementos es más viable cuando se minimizan los riesgos del cultivo, en las cuales el productor puede elegir los sitios de mayor potencial productivo agroclimático y adoptar los adelantos tecnológicos para hacer más redituable el cultivo (Canales, 2003).

### 2.2.2.3 Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera es una zona económica agrícola, ganadera e industrial (Espinoza, 2003). Es una región situada en el norte centro de México. Comprende las porciones suroeste del estado de Coahuila y noreste del estado de Durango. Está integrada por cinco municipios del estado de Coahuila y diez del estado de Durango.

Hasta finales de los ochentas la economía agrícola de la Comarca Lagunera estuvo basada, de manera significativa, en el cultivo del algodón. Durante la década de los setentas se sembraban entre 80 y 100 mil hectáreas de este cultivo; sin embargo, a finales de los ochentas se inicia la debacle del algodón, de tal manera que para los años 2000 y 2001 se sembraron en promedio solamente 8,500 hectáreas. El comportamiento que presenta este cultivo a través de los años se explica, en primer

lugar, por la cotización de la fibra de algodón en el mercado internacional, y en segundo por la disponibilidad de agua de las presas locales con la que se riega alrededor del 40 por ciento de la superficie agrícola de la región y casi el 100 por ciento de la superficie de algodón. En el caso de las hortalizas, la Comarca Lagunera presenta condiciones adecuadas para la producción de melón, sandía, tomate y chile verde (Espinoza, 2006).

La sandía es el segundo producto hortícola de mayor importancia en la Comarca Lagunera. Los municipios productores de sandía son Francisco I. Madero, Matamoros, Tlahualilo, San Pedro, Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí y Rodeo. En el periodo 2010 al 2012, 33.7 y 24.7 por ciento de la producción total de la sandía obtenida, que fueron 38 019 toneladas, se obtuvo en los municipios de Matamoros y Tlahualilo. Su importancia social se debe a que genera una fuente notable de trabajo durante los meses de mayo a agosto, etapa del desarrollo del cultivo, en que se requiere de un adecuado manejo (Ruíz, 1985).

En la región lagunera la siembra inicia en febrero y continúa hasta el mes de mayo (Ramírez, 2014). La producción de sandía en la Comarca Lagunera se obtiene de mayo a octubre. En junio, julio y agosto se presentan excesos de oferta ya que 79.4 por ciento de la producción de sandía se obtiene en estos meses, esto provoca bajos precios a nivel de mayorista afectando la ganancia del productor (SIAP-SAGARPA, 2013).

La superficie cosechada dedicada a este cultivo, ha tenido un comportamiento irregular a través de los años afectada por factores climáticos, sanitarios y de mercado. En los años en que la producción se incrementa más allá de determinado nivel se observan situaciones de desplome de precios que provocan desánimo en los productores reflejándose lo anterior en disminuciones en la superficie sembrada al año siguiente. Por el contrario, en años de baja producción, cuando el precio es bueno y la

inversión es rentable, se observa que al año siguiente muchos productores se ven atraídos por este cultivo incrementándose sustancialmente la superficie, presentándose así un círculo vicioso que evidencia la falta de planeación en la siembra de este cultivo (ASERCA, 1999).

Esto ha provocado una oscilación temporal de los precios, lo cual es un problema que se origina por periodos de excesos de oferta. La inelasticidad que caracteriza la demanda de los productos agrícolas origina que cambios en la producción provoquen una contracción en el precio recibido por el productor debido a la saturación del mercado. La variación temporal de los precios afecta a los productores del sector agrícola de diversas regiones de México, sobre todo de aquellas que ocupan un porcentaje considerable en la producción nacional (Ramírez, B., 2014). El problema de excesos de oferta y caída estacional de precios ha sido un fenómeno que se ha presentado a través de los años. Los intentos de solucionar el problema han sido diferentes en cada país (Espinoza-Arellano, 2003).

Un modelo de programación, aplicado al mercado de la sandía en México, muestra que el problema de precios bajos en algunos meses del año se puede solucionar con medidas de control de la oferta. La reducción del cultivo y su planeación en el tiempo ayudarían a incrementar los ingresos de los productores. Aunque estas medidas sólo se practiquen en la siembra de riego; tanto los agricultores dedicados a ella, como a la de temporal resultarían beneficiados por el aumento en los precios nacionales provocados por la eliminación de los excesos de oferta temporales. Por tanto, para ordenar el mercado de la sandía en México se recomienda la planeación en el tiempo, debido a que resultó ser lo mejor para aumentar la ganancia de los agricultores (García, 2011).

### 2.2.3 Origen

Los primeros datos que se tienen de la sandía son de hace aproximadamente 5,000 años en Egipto, donde la sandía se cultivaba no sólo por su sabor, sino también por su belleza como está representado en grabados sobre muros de la época. Desde Egipto, las sandías se difundieron a través de los mercaderes que vendieron semillas en las rutas del Mediterráneo. Ellos las introdujeron en Italia y Grecia.

Su distribución continuó durante la dinastía de Sung en China de los años 960 a 1279, cuando se organizó la agricultura y la alimentación de este país, innovando con la introducción de nuevos cultivos, como el arroz resistente a sequía de Vietnam, la judía de India y la sandía de Egipto.

En el siglo XIII el consumo de sandía se extendió al resto de Europa, a pesar de esto, África es indudablemente desde donde se introdujo la sandía a Estados Unidos, con los esclavos africanos cruzaron las primeras sandías el Océano Atlántico (Camacho, 2000).

Es una especie cultivada, en donde la selección de las mutaciones extrañas, que han perdido lo amargo y han desarrollado el color rojo, han sido responsables de la domesticación de la sandía cultivada (Mahla, 2014).

#### 2.2.4 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Citrullus

Especie: *C. lanatus*

Nombre botánico: *Citrullus lanatus* (Thunb)

El nombre científico de la sandía es derivado tanto de raíces latinas y griegas. La parte de *Citrullus* viene de la palabra griega “citrus” que hace referencia a la fruta. La parte de “*lanatus*” es latín, y tiene el significado de ser lanoso, refiriéndose a los pequeños pelos de los tallos y las hojas de la planta (Balakrishnan, 2015).

### 2.3 Características morfológicas

Es una hierba anual de tallo largo rastrero con zarcillos rizados (Balakrishnan, 2015). La especie está caracterizada por verdes hojas largas con tres a cinco lóbulos profundos en las orillas, flores tamaño mediano con pedicelos cortos, frutos de tamaño mediano a grande con suave piel y carne fresca rosa y alto contenido de agua, y oval u oblongas semillas negras o cafés (Mahla, 2014).

#### 2.3.1 Planta

La sandía es una planta anual herbácea (Mahla, 2014), de porte rastrero o trepador (Casaca, 2005). Sus cotiledones son ovales y gruesos, de color verde brillante en la superficie. La venación blanca distintiva es obvia. Los cotiledones grandes tienen aproximadamente un centímetro de largo (Balakrishnan, 2015).

##### 2.3.1.1 Sistema radicular

Las raíces son extensas ramificaciones. Fuertes que se extienden hasta un metro de profundidad en el suelo tiene muchas raíces laterales. Su formación radicular

comienza antes de la aparición de los cotiledones y alcanza su máxima extensión en el momento de la floración. Su extenso sistema de raíces lo hace más adecuado para tolerar las duras condiciones climáticas (Mahla, 2014).

#### 2.3.1.2 Tallo

El tallo es verde de forma prismática o cilíndrica, trepadora, rastrera y en ocasiones con vellosidades suaves (Casaca, 2005), muy ramificado, y con hasta tres metros de largo, aunque puede ser de hasta ocho a diez metros. Los brotes más jóvenes están cubiertos con pelos largos y lanudos curvados que protegen a la planta de sobrecalentamiento. Las partes más antiguas son glabrescentes. Los zarcillos son robustos, bífidos y pubescentes, la sandía los usa para ascender sobre estructuras u otras vegetaciones (Mahla, 2014).

#### 2.3.1.3 Hoja

Pecioladas, presentando profundas entalladuras que no llegan al nervio principal (Casaca, 2005), la base es cónica o cordada. Los márgenes son enteros, crenados o dentados (Balakrishnan, 2015), su color es verde oscuro. Generalmente, la hoja tiene tres lóbulos grandes, cada uno dividido en pequeños lóbulos (Mahla, 2014).

#### 2.3.1.4 Flor

La floración es el proceso de desarrollo de las flores (Reyes-Carrillo, 2000), comienza de cuatro a ocho semanas después de la siembra (Mahla, 2014). Las flores son color amarillo y con aproximadamente de uno a tres centímetros de diámetro (Mahla, 2014). Son solitarias y axilares, con pedicelo de 1.5 a 15 milímetros de largo, cáliz de tres a ocho milímetros de largo, con corola de cuatro a 17 milímetros de largo con cinco pétalos todos unidos. (Balakrishnan, 2015).

La sandía es más comúnmente una planta monoica, es decir que en la misma planta existen flores masculinas y femeninas por separado, sin embargo, hay también del tipo andromonoica que son las plantas con flores estaminadas y perfectas (Mahla, 2014). Las flores se originan en la parte de abajo de las hojas, principalmente en las ramificaciones. Las primeras flores en aparecer son las masculinas, coexistiendo los dos sexos en una misma planta, pero en flores distintas, flores unisexuales. Las flores masculinas disponen de ocho estambres que forman cuatro grupos soldados por sus filamentos (Casaca, 2005). Las flores macho son estaminadas y nacen en la axila con forma de cuchara, las femeninas son pistiladas y nacen con ovario inferior cada séptimo u octavo nodo (Mahla, 2014). El polen es pegajoso y no es acarreado por el viento, por consiguiente la polinización por abejas es necesaria para transferir el polen a un estigma receptivo (Reyes-Carrillo, 2000).

Las flores de las cucurbitáceas usualmente abren por solo un día. Flores masculinas aparecen primero, producen polen, entran en senescencia y caen. Hay usualmente más de una flor masculina productora por cada flor frutal. Existe una proporción aproximada de siete flores macho por una hembra (Reyes-Carrillo, 2000). Flores frutales sin polinizar también abortan y caen.

Además, frutos en desarrollo pueden temporalmente inhibir el desarrollo de otras flores productoras de fruto pertenecientes al mismo tallo o la misma planta. Un conjunto grande de flores productoras de fruto y masculinas abortadas no significa necesariamente que el cultivo está amenazado. Cada tallo puede teóricamente producir de dos a cuatro frutos, pero la experiencia en el campo sugiere esperar un promedio de uno a dos frutos por planta. Cultivadores deben estimar la cosecha de frutos según el conteo de frutos en desarrollo, no desde el número de flores productoras o la caída de flores (Mussen, 1979).

### 2.3.2 Fruto

El fruto tiene forma oblonga o lobular (Casaca, 2005), su tamaño va de los 15 a los 60 centímetros de diámetro. Consiste en exocarpo, mesocarpo y endocarpo. Este último está formado por la placenta y es la parte consumida como alimento (Mahla, 2014), es de sabor dulce (Casaca, 2005) y su color puede ir desde amarillo o verde en las variedades silvestres, hasta rosa o rosa rojizo en los cultivares (Balakrishnan, 2015), además aquí es donde se encuentran las semillas. La semilla se caracteriza por tener unas extensiones de tipo alar en el extremo más angosto y la viabilidad se estima de seis a nueve años (Casaca, 2005). El mesocarpo es la parte blanca crujiente de adentro, y el exocarpo es la superficie externa verde (Gusmini, 2006), que varía de un solo color a distintos patrones de rayas. Estos en conjunto son usualmente referidos como corteza y poseen un espesor de diez a 40 milímetros (Mahla, 2014).

El fruto de la sandía cultivada puede variar en peso desde uno a cien kilogramos. El peso del fruto en la producción de sandía es un factor de rendimiento, que contribuye al total de rendimiento por unidad de tierra. Sin embargo, en el mercado encontramos

frutos de distintos tamaños en diferentes categorías, por lo que el peso del fruto debe ser considerado como una descripción del tipo de fruto (Gusmini, 2006).

El peso y el color en la superficie de la sandía son de gran importancia para el desarrollo de cultivares, junto con buena habilidad para su transporte, larga vida de anaquel, y apariencia atractiva. El azúcar contenido en la sandía es medido como total de sólidos solubles en grados Brix. Es de gran importancia para el sabor y puede variar desde uno a 16 grados Brix (Gusmini, 2006).

El color rojo de la carne es influenciado por un gen recesivo pero su herencia es más compleja. Esta característica ha sido uno de las dos más importantes en el proceso de la domesticación junto con un sabor no amargo. La selección de los raros mutantes, que han eliminado la amargura y añadido color rojo, han sido responsables de la domesticación de cultivares en sandía (Mahla, 2014).

#### 2.3.2.1 Individual

Las perspectivas de futuro en cuanto a la comercialización radican en el tamaño del fruto, ya que este tiene el problema de ser demasiado grande para los tamaños familiares, los cuales se están reduciendo considerablemente. Es por ello que en el futuro la tendencia probablemente sea hacia frutos de pequeño tamaño (Casaca, A., 2005). Esto ya es una tendencia comercial en los Estados Unidos, como demanda de las familias más pequeñas (Hall, 2004). Las características ideales de las sandías mini son de forma redonda, con un diámetro de 15 a 18 centímetros, con poca corteza y de entre dos a tres kilogramos de peso por pieza (Meca, 2007).

### 2.3.3 Semilla

Es un fruto con numerosas semillas de seis a diez milímetros de largo piriformes, marrón oscuro, o incluso negra, rosada, blanca o moteada. Las semillas siguen madurando a medida que el fruto madura y la corteza se aclara en color (Mahla, 2014). Usualmente son clasificadas de acuerdo a su color y tamaño, ambos rasgos de gran interés para el agricultor. El color de la semilla puede afectar la apariencia de la fruta cortada, suele preferirse que el color de las semillas contraste con el de la carne, mientras su tamaño puede limitar lo comestible del fruto. Semillas grandes usualmente son removidas de la carne cuando se consume mientras que las pequeñas pueden ser ingeridas. La mayoría de los cultivares comerciales actuales tienen semillas de tamaño pequeño o mediano, más que grandes o diminutas (Gusmini, 2006).

### 2.4 Composición química y valor nutricional

**Cuadro 2.1** Composición nutracéutica del fruto de la sandía por cada 100 g de fruto comestible<sup>1</sup>. UAAAN-UL. 2016.

Agua	92,6 g
Proteínas	0,5 g
Grasas	0,2 g
Hidratos de carbono	6,4 g
Fibra	0,3 g
Calcio	7 mg
Fósforo	10 mg
Hierro	0,5 mg
Sodio	1 mg
Potasio	100 mg
Vitamina A	590 UI
Tiamina	0,03 mg
Riboflavina	0,03 mg
Niacina	0,20 mg
Ácido ascórbico	7 mg
Energía calórica	26 cal

<sup>1</sup>(Camacho, 2000).

La sandía tiene una extensa gama de actividades farmacológicas. Es ampliamente utilizado en varios sistemas tradicionales de medicina como medicamento. Se utiliza desde hace siglos como antibacteriano, antifúngico, antimicrobiano, antiulcerino, antioxidante, antiinflamatorio, gastroprotector, analgésico, laxante, antimiliarico y hepatoprotector contra la hiperplasia protésica y la aterosclerosis (Balakrishnan, 2015), es un magnífico diurético, su elevado poder alcalinizante favorece la eliminación de ácidos perjudiciales para el organismo. Está formada principalmente por agua, el color rosado de su carne se debe a la presencia de carotenoide licopeno, elemento que representa un 30 por ciento del total de carotenoides del cuerpo humano (Casaca, 2005), además esta planta tiene una fuente importante de varios tipos de compuestos como la cucurbitacina, triterpenos, esteroides y alcaloides, vitaminas y minerales. Sin embargo, se ha investigado poco al respecto (Balakrishnan, 2015).

### 2.5 Etapas fenológicas

Comprende desde la siembra hasta la emergencia de las plántulas y toma de siete a diez días dependiendo de las condiciones climáticas. El desarrollo vegetativo abarca aproximadamente 30 días. Surge el tallo principal que puede desarrollarse por varios metros, de ahí nacen las ramificaciones secundarias y posteriormente las terciarias o brazos. La etapa de floración se inicia a partir de los 30 días de germinación de la planta, las flores masculinas aparecen en primer lugar sobre las extremidades inferiores, luego las femeninas se ubican en las ramas secundarias y terciarias. La fructificación y madurez de los frutos toma aproximadamente unos 30, de los cuales veinte días se utilizan para alcanzar el tamaño normal del fruto y en los ocho días restantes se desarrollan importantes procesos bioquímicos que resultan en el incremento del contenido de azúcares. El fruto está listo para cosecharse de 60 a 75 días después

de la siembra dependiendo de la variedad y rindiendo por lo menos tres recolecciones (SAGARPA 2010).

## 2.6 Requerimientos

El crecimiento y desarrollo de la sandía describe el orden secuencial de las diferentes etapas de crecimiento alcanzados por el cultivo. La parte de crecimiento de la sandía incluye la etapa de emergencia, vegetativa, floración, la etapa de formación del rendimiento y la etapa de maduración. El crecimiento puede ser medido en longitud, anchura, volumen, peso fresco o seco de una planta. En cada una de estas etapas, se observa que el cultivo aumenta en altura, al igual las hojas se observan más largas mientras aumentan en área. También, la raíz comienza a ir más profundamente en el suelo para conseguir los nutrientes necesarios por el cultivo para su crecimiento y para mantener a la planta con firmeza al suelo.

Sin embargo, el crecimiento y desarrollo del cultivo depende mayormente de factores climáticos como la precipitación, la humedad relativa, la radiación solar, la evaporación, entre otras necesidades. Cada uno de estos factores climáticos afecta el crecimiento de los cultivos. Por ejemplo, la presencia o ausencia de precipitación tendrá un impacto, ya sea positivo o negativo, en el crecimiento del cultivo y su productividad (Ugoegbune, 2014).

### 2.6.1 Tipos de clima

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto (Casaca, 2005).

La sandía requiere clima cálido y seco para su crecimiento y desarrollo. Las áreas con alta humedad durante la fase de formación de la fruta y precipitaciones particularmente en la madurez no son adecuadas para su cultivo (Mahla, 2014).

### 2.6.2 Temperatura

El desarrollo óptimo lo alcanza a altas temperaturas, temperaturas promedio mayores a 21 grados centígrados con óptimas de 35 grados centígrados y máxima de 40.6 grados centígrados. Cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche son de 20 a 30 grados centígrados, se originan desequilibrios en las plantas: en algunos casos se abre el cuello y los tallos y el polen producido no es viable (Casaca, 2005).

Existen rangos de temperatura óptima requerida en cada fase del cultivo, en la germinación esta es de 25 grados centígrados como óptima y de 15 grados centígrados como mínima. Durante la época de floración la temperatura puede fluctuar de los 18 a los 20 grados centígrados. Por lo que respecta a su desarrollo, maduración y cosecha los rangos de temperaturas óptimas pueden ser de los 23 a los 28 grados centígrados (Montalván, 2007).

### 2.6.3 Humedad relativa

La humedad relativa óptima para la sandía se sitúa entre 60 y el 80 por ciento, siendo un factor determinante durante la floración (Casaca, 2005).

### 2.6.4 Suelo

No son especies muy exigentes en suelo, aunque los mejores resultados en cuanto a rendimiento y calidad se obtienen en suelos con alto contenido de materia orgánica, profundo, aireado y bien drenado. Requieren un pH entre 6 y 7. Son plantas

extremadamente sensibles a problemas de mal drenaje. Son moderadamente tolerantes a la presencia de sales tanto en el suelo como en el agua de riego. Valores máximos aceptables son: 2,2 Ds/m en el suelo y 1,5 Ds/m en el agua de riego (Escalona, 2009).

Los suelos franco arenosos a francos son los mejores para el desarrollo de las plantas, no obstante se pueden utilizar suelos franco arcillosos a arcillosos, estos últimos con enmiendas de materia orgánica. Se debe evitar cultivar sandía en la misma área todos los años. La rotación debe hacerse cada 3 años utilizando gramíneas como maíz, sorgo y pastos (Casaca, 2005).

#### 2.6.5 Luz

Su floración y el desarrollo de la fruta se promueven por la alta intensidad de luz (Mahla, 2014), requiere alrededor de diez horas luz al día (Casaca, 2005).

#### 2.7 Siembra

La siembra por lo general es directa, para el desarrollo de esta hortaliza, en condiciones de temporal se realiza en plano. Se toma como base un diseño de marco real o tresbolillo con distanciamiento entre dos a tres metros, tanto entre líneas como entre matas. La distancia entre plantas suele ser de un metro, dependiendo de la variedad.

En zonas de riego se trazan camas o bordos camellones, las camas se trazan con anchuras de 1.5 a dos metros, con una distancia entre surcos de dos a 2.5 metros. Con un fondo de canal de riego de 30 a 40 centímetros. Es necesario orientar las guías hacia las calles anchas dejándose una brecha en las calles angostas. La densidad de población oscila entre 3,200 y 5,000 plantas por hectárea.

El suelo debe estar a capacidad de campo para la siembra. En la siembra, es preferible que se usen los dedos para ahoyar y asegurar profundidades no mayores a dos centímetros. Para que la semilla quede en contacto con el suelo y sin cámaras de aire. Para siembras mecanizadas, hay que calibrar fuera del lote, regular hasta alcanzar la distancia entre semillas y luego en el campo regular la profundidad.

Es recomendable que diez días antes de la siembra se preparen algunas bandejas en el invernadero, equivalente a las pérdidas por porcentaje de germinación de la semilla y pérdidas o daños de campo, con plántulas para resembrar en el campo 12 a 15 días después de la siembra.

Lo ideal es que la actividad de resiembra no sea necesaria, pero de ser así lo más recomendable es hacerla con plántulas para mantener la uniformidad del crecimiento en relación a la primera siembra. Otra estrategia es poner doble semilla, si el costo de la semilla lo permite, en las siembras directas para deshijar más tarde y dejar plantas sanas, vigorosas y libres de virosis (Montalván, 2007).

No hay latencia en las semillas de sandía, por lo que pueden ser cosechadas en un día, limpiadas, secadas y plantadas al día siguiente (Mahla, 2014).

## 2.8 Trasplante

La plántula ideal es de tres hojas verdaderas, de color verde oscuro y rústicas, tallo grueso y de cinco centímetros de alto con abundante cantidad de raíces de color blanquecino, libre de virus y bacterias. Cuando se planifica la cantidad de semillas necesarias para la siembra, hay que incluir un porcentaje extra tomando en cuenta posibles fallas de germinación y trasplante. El ahoyado del plástico se debe hacer un día antes para evitar germinación de malezas en los agujeros. El ahoyado se hace con

tubos de PVC de dos a tres pulgadas afilados evitando dañar la manguera y siguiendo las marcas del tubo medidor. La humedad del suelo a capacidad de campo se debe completar entre 12 a 24 horas antes del trasplante, dependiendo el tipo de suelo. El ahoyado del suelo debe hacerse en el centro del hueco en el plástico y la profundidad debe ser ligeramente más grande que el pilón, para evitar que queden cámaras de aire. Al final, se debe sellar o tapar la plántula (Montalván, 2007).

## 2.9 Variedades e híbridos

En la sandía como en todas las hortalizas, el precio está fuertemente influenciado por la ley de la oferta y la demanda (Berzoza, 2009). Dicha oscilación es un problema que se origina por periodos de exceso de oferta. La variación temporal de los precios afecta a los productores del sector agrícola de diversas regiones de México, sobre todo de aquellas que ocupan un porcentaje considerable en la producción nacional (Ramírez, 2014).

Dada la trascendencia económica y social que tiene el cultivo es necesario cultivar en la época de escasez (Mendoza, 2002), puesto que la aparición temprana o tardía del fruto reditúa al productor buenos dividendos. Esto ha hecho que se hayan buscado formas de obtener su cosecha en temporadas que no son las más aptas para el cultivo. Los genetistas investigan sobre variedades que llevan consigo peculiaridades que permiten a los productores manejar sus cultivos fuera de las temporadas usuales (Masahumi, 2010).

Una de las decisiones más importantes que debe de tomar el productor es la selección de la variedad o variedades de sandía que pretende producir, puesto que un error en este renglón puede repercutir en bajas producciones, o que el tamaño, forma

del fruto, color de la cascara y color de la pulpa no sean los deseados por el consumidor (Sabori, 1998).

La sandía exhibe amplia variedad de germoplasma para variaciones en la morfología de la semilla, particularmente en el tamaño, la forma y el color. Sin embargo, en los últimos años, las sandías sin semilla son más aceptables entre los consumidores, y las compañías semilleras han hecho grandes esfuerzos en la cruce para la alta calidad de variedades en semilla de sandía (Pradeepkumar, 2011).

Los métodos de mejora genética aplicadas a los cultivos de especies autógamas son distintas de las que los cultivos de polinización cruzada. Los métodos comunes para la mejora de cultivos empleado en la sandía son: granjas de selección y la selección recurrente (Kumar, 2011).

Para lograr una elección se requiere tener en cuenta ciertos criterios tales como las exigencias de los mercados de destino; las características de la variedad comercial como lo son el vigor de la planta, características del fruto, resistencias a enfermedades; o los ciclos de cultivo y alternancia con otros cultivos.

Tradicionalmente las variedades cultivadas son diploides, que producen semillas negras o marrones de consistencia leñosa y que cuentan con diversas formas de frutos como alargados, de corteza verde con bandas de color más claro; frutos redondos de corteza de color verde oscuro o negro, estos son los ejemplares más cultivados aunque están siendo desplazadas por las variedades sin semillas; y las sandías triploides o sin semillas, que son variedades que tienen unas semillas tiernas de color blanco que pasan desapercibidas al comer el fruto. Se caracterizan por tener la corteza verde clara con rayas verdes oscuras y la carne puede ser de color rojo o amarillo (Casaca, 2005).

Es común la utilización de semillas mejoradas e híbridos que se adapten mejor a cada región en función de condiciones climáticas, tecnología aplicada y precio de la semilla, además de algo muy importante que es la demanda del consumidor final. En toda la república mexicana es común encontrar empresas de semillas que la importan de Estados Unidos (Canales, 2003).

En los últimos años han salido al mercado, un número importante de variedades híbridas distribuidas por diferentes compañías semilleras, con características propias y que deben ser probadas en los campos antes de hacer siembras en grandes superficie. Más recientemente destaca la introducción de variedades de sandía híbrida triploide, antes mencionada, principalmente para el mercado de exportación (Escalona, 2009).

El éxito en la obtención de híbridos altamente heterogéneos y creación de variabilidad para la eficiente selección de útiles recombinantes en programa de cría depende del grado de divergencia entre los padres seleccionados. A mayor diversidad entre los parentales más serán las posibilidades de efectos heterogéneos pronunciados y un mayor espectro de variabilidad en la segregación de generaciones (Mahla, 2014).

#### 2.10 Biología reproductiva

Las poblaciones de plantas se clasifican como autóгамas, alogámicas o mixtas. Todas las especies de cucurbitáceas se clasifican como alógamas, que realizan polinización cruzada, incluyendo la sandía, que tiene hábitos monoicos y andromonoicos en su floración (Kumar, 2009).

La forma en que la planta se reproduce depende de su expresión sexual, esto es importante en cucurbitáceas por que cuentan con diferentes tipos de expresiones sexuales. Un solo par de alelos determina la expresión del sexo en la sandía. La sandía

es considerada alógama por que tanto las formas andromonoicas como monoicas promueven la polinización cruzada. (Kumar, 2011).

A pesar de ser controlado genéticamente, la expresión sexual está también afectada por otros factores tales como temperatura, humedad, fertilización y reguladores de crecimiento. Estudios en sandía han demostrado que poblaciones monoicas y andromonoicas, en el inicio eran flores masculinas y femeninas y después eran machos y hermafroditas (Justiniano, 2002). Como sea, ambas formas sexuales muestran ciertos grados variables de auto polinización (Kumar, 2011).

### 2.10.1 Polinización

El transporte del polen de las anteras al estigma de la flor se llama polinización. Este traslado se lleva a cabo por diversos medios como son el viento, el agua, la gravedad, los murciélagos, colibríes y por supuesto los insectos (Reyes-Carrillo, 2000).

#### 2.10.1.1 Generalidades

El transporte del polen a la parte femenina no garantiza que se forme el fruto pues el proceso siguiente es la fertilización. En la fertilización el grano del polen germina y desarrolla un tubo polínico que permite la unión de los gametos masculinos y femeninos.

La polinización cruzada o alogamia es el paso del polen de los estambres de una flor a otra de la misma planta o de una planta distinta de la misma especie.

Cuando las abejas visitan las flores para acopiar néctar y polen, transfieren este último entre las estructuras reproductivas y así iniciar el proceso de formación de semillas o frutos (Reyes-Carrillo, 2000).

Aproximadamente el 80 por ciento de todas las especies de plantas con flores están especializadas para la polinización por animales, principalmente entomófila. El impacto negativo de la pérdida de polinizadores se hace sentir fuertemente en la biodiversidad agrícola. El papel de los polinizadores es, entre otras cosas, asegurar la reproducción, el desarrollo del fruto y la dispersión en las plantas, tanto en los agroecosistemas como en los ecosistemas naturales. A su vez, las plantas necesitan existir para que los polinizadores puedan alimentarse. De hecho, algunas especies de plantas dependen de unos pocos tipos de polinizadores para proporcionar servicios de polinización. Algunos polinizadores, como las abejas, también proporcionan alimentos e ingresos adicionales para las familias rurales, en forma de miel y otros subproductos, por lo que la disminución del impacto de las poblaciones de polinizadores sobre los medios de vida sostenibles de las familias rurales. Una disminución en las poblaciones de polinizadores también afecta la biodiversidad de las plantas. Las especies indígenas, en particular, han sido objeto de presiones externas como la destrucción de hábitats y la fragmentación resultante de actividades como el desmonte de tierras con fines agrícolas, el uso de plaguicidas, el turismo y la introducción de especies exóticas (Vandame, 2006).

Existen multitud de factores que afectan la polinización inherente a la planta o al polinizador en relación con el medio ambiente. El conocimiento de los principales factores nos ayuda a resolver situaciones particulares de cada condición (Reyes-Carrillo, 2000).

#### 2.10.1.2 Importancia

Aproximadamente tres cuartas partes de los cultivos en todo el mundo dependen en cierta medida de los polinizadores para producir semillas, frutas y verduras. Polinizadores promueven ya sea la cantidad o calidad de rendimiento de los cultivos.

Muchos cultivos frutales requieren un insecto polinizador para ayudar a asegurar la polinización. Tener suficientes polinizadores durante la floración es esencial para producir un cultivo sostenible (Pashte, 2015). Una buena polinización define la calidad del fruto (Montalván, 2007). La polinización adecuada aumenta el tamaño del fruto, acelera la madurez, y produce formas más simétricas de frutas. La mejora de la polinización también puede reducir el tiempo entre la floración y el cuajado de los frutos, lo que reduce el riesgo de exponer la fruta a las plagas, las enfermedades, el mal tiempo, agroquímicos y el ahorro en agua (Pashte, 2015). Los problemas de corazón partido, deformaciones y abortos están ligados a malas polinizaciones (Montalván, 2007).

De las actividades de polinización total, más del 80 por ciento son realizadas por insectos. Las abejas son muy importantes para la polinización de cultivos en todo el mundo y los rendimientos de algunos cultivos de frutas, semillas y nueces pueden disminuir en más del 90 por ciento sin estos polinizadores (Pashte, 2015).

#### 2.10.1.3 Productividad

En los ciclos agrícolas de los principales estados productores, existen combinaciones o patrones de cultivos diferentes, que en el caso que no ocupa incluyen uno o más cultivos de cucurbitáceas. No es raro, que el melón se acompañe dentro del mismo rancho o en la vecindad por los cultivos de sandía, calabacita o pepino.

En términos prácticos esto no representa mayor dificultad por competencia, ya que el interés del productor es la polinización de cada uno de ellos.

No obstante, si dentro de la misma unidad de producción agrícola tenemos un cultivo atractivo para las abejas, como el cártamo, las abejas concentrarán su actividad allí y no visitarán el cultivar de interés.

Dado que las cucurbitáceas son plantas poliníferas, serán muy atractivas para la colecta por colmenas con gran necesidad de polen, es decir, con gran número de crías en desarrollo.

Cientos de insectos visitan las flores de plantas en búsqueda de polen o miel o ambos pero relativamente pocos son buenos polinizadores.

Para que un insecto que visita las flores sea considerado como un buen polinizador debe visitar muchas flores de la misma especie en sucesión, moverse de una flor a otra frecuentemente, acarrear el polen en todo su cuerpo y frotarse contra los estigmas para dejar el polen.

Las poblaciones de abejas silvestres y otros insectos se han vuelto insuficientes para polinizar los cultivos en la mayoría de las zonas agrícolas del mundo y su disminución se debe por razones como que el cultivo intensivo ha eliminado o disminuido los lugares naturales de anidar o invernar, los insectos han muerto por el uso indiscriminado de insecticidas o que las flores de las cuales se alimentan se destruyen con herbicidas o cultivos.

Mientras que muchos países tropicales mantienen todavía pequeños campos de cultivos con gran variedad de plantas que crecen en gran proximidad, la gran mayoría ha cambiado sus hábitos de cultivo con extensiones muy grandes de cultivos individuales que hace insuficientes a los polinizadores.

La tendencia a cultivar en áreas compactas concentra gran disponibilidad de polen y néctar para los polinizadores, pero por períodos muy cortos de tiempo que pasado el período de floración, son incapaces sostener la fauna nativa (Reyes-Carrillo, 2000).

#### 2.10.1.4 Polinización en cucurbitáceas

La presencia de insectos es indispensable para la transferencia de las anteras al estigma pues aunque existe compatibilidad y hermafroditismo en la mayoría de los cultivares el polen es pesado y pegajoso, y no es posible su traslado (Reyes-Carrillo, 2000).

Las abejas existen en forma natural en algunas regiones productoras donde las condiciones ambientales favorecen su desarrollo, pero en regiones desérticas similares a la nuestra, la existencia de ellas en forma natural es muy limitada, por lo cual para asegurar una buena producción en las cucurbitáceas es necesario colocar en el campo colmenas domesticadas (Sabori, 1998).

Los frutos de las cucurbitáceas tienen muchas semillas y cada una de ellas se forma de la unión de un grano de polen con un óvulo simple, de ahí que los frutos deformes y pequeños sean consecuencia de una mala polinización, que representa un bajo número de óvulos fertilizados. La exitosa producción de frutos requiere de la transferencia de 500 a 1,000 granos de polen viable, grandes y pegajosos de las flores masculinas al estigma de las flores femeninas. Para que esto pueda realizarse cada flor debe de ser visitada por los insectos de 10 a 15 veces (Sabori, 1998).

Del total de factores integrantes de un sistema de producción de cucurbitáceas, el uso de agentes polinizadores es el de mayor importancia, considerando las

características florales de la misma y el bajo aprovechamiento que los agricultores hacen de este recurso. Pocos productores utilizan colmenas en sus cultivos o las manejan en forma inadecuada para obtener los resultados deseados (Reyes-Carrillo, 2000).

#### 2.10.1.5 Polinización en sandía

La sandía típica es una planta monoica que tiene flores masculinas y femeninas separadas y fácilmente diferenciables. Para que la polinización ocurra, es necesario que el polen de una flor masculina, llegue al estigma de la flor femenina donde crecerá y se desarrollará el fruto. Las flores productoras de frutos no son capaces de polinizarse ya que el polen es muy pesado (Sabori, 1998), por lo que no es transportado por el viento (McGregor, 1976). Esta labor de polinizado la realizan de forma natural los insectos (Montalván, 2007). La polinización es igualmente efectiva si el polen es traído de una flor estaminada adyacente del mismo brote o de otra planta (McGregor, 1976).

Las flores masculinas caen después de haber estado abiertas por un día, sin que esto tenga efecto sobre el rendimiento. Las flores femeninas abren temprano en la mañana y generalmente son receptivas únicamente ese día, de tal forma que una producción continua y uniforme de frutos necesita de la actividad diaria de las abejas ya que las flores que no se polinizan ese día son abortadas por la planta (Sabori, 1998). La mayor parte del polen es removido por polinizadores dos horas después de la antesis en sandía (Kumar, 2011).

Los primeros frutos que se producen son los de mejor calidad por lo que es muy importante colocar las abejas antes de que aparezcan las primeras flores femeninas, con el fin de adaptarlas a su nuevo hábitat, porque si no, es muy probable que la primera generación de flores femeninas se pierda (Sabori, 1998). Una sola visita es suficiente

para inducir fructificación (Kumar, 2011), a pesar de esto la sandía tiene la necesidad de múltiples visitas por polinizadores (Taha, 2009).

Los productores de cultivos hortícolas y frutales prácticamente dependen de la abeja melífera para cumplir con los requerimientos de polinización de sus huertas y sembradíos (Reyes-Carrillo, 2000). Desafortunadamente, las flores de sandía no siempre son atractivas para las abejas melíferas. Dado que se requiere de más de una visita del polinizador a la flor, los productores necesitan proveer los polinizadores adecuados para alcanzar el nivel de carga en el momento requerido, pues bajo ciertas condiciones la ventaja numérica de las abejas es reducida por la presencia de otras flores que atraigan a las abejas y las alejen del cultivo (Dogterom, 2000). Si ciertos tipos de otras plantas están floreciendo en el área, las abejas melíferas cambian de visitar la sandía a visitar las otras plantas. Consecuentemente, los cultivadores de sandía necesitan recurrir a otros métodos para aumentar las visitas de las abejas melíferas a las flores esperadas. La mejor manera de lograr esto es aumentando el número de colonias por hectárea de sandía cultivada. Otros criadores han utilizado atrayentes en el esfuerzo de impulsar a las abejas a visitar las flores. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre atrayentes de abejas y polinización por abejas melíferas en sandía no han mostrado un beneficio en usar atrayentes.

En términos largos, será mejor para el productor trabajar con un apicultor para determinar la mejor población posible de abejas y su ubicación para optimizar la polinización en sandía (Sanford, 2010). A pesar de esto, podemos decir que el número de colmenas recomendadas es de un promedio de 2.6 por hectárea, que sería a una proporción de una abeja por cada 100 flores (Reyes-Carrillo, 2000).

Es necesario entender la importancia de la riqueza de especies polinizadoras en su hábitat natural, y que las actividades humanas deben ser sometidas a su conservación (Pashte, 2015). Aunque algunas cucurbitáceas, como las sin semillas y partenocarpicas, no necesitan polinizadores (Mussen, 1979).

#### 2.10.1.6 Polinización controlada

Para asegurar la polinización controlada, es necesario proteger las flores de las abejas visitantes. Generalmente, las flores se abren poco después del amanecer y permanecen abiertas durante todo el día. Por lo general, una flor pistilada y la flor estaminal proximal a ella abren el mismo día, haciendo posible la polinización a través de las hormigas. Las flores estaminadas y pistiladas pueden cubrirse con lana de algodón, tapas de plástico o bolsas de papel (Kumar, 2011).

#### 2.10.2 Autogamia

Cuando el polen pasa del estambre al estigma de la misma flor, se conoce como autopolinización o autogamia (Reyes-Carrillo, 2000). Las especies autógamas son aquellas que se reproducen por autofecundación, es decir, los gametos que se unen para formar el cigote proceden de la misma planta (Paredes, W., 2007).

Las formas sexuales andromonóicas promueven la autogamia a causa de la presencia de flores hermafroditas, mientras que las formas sexuales monoicas promueven la alogamia. Las cucurbitáceas domesticadas son más autógamas que alógamas porque sus poblaciones originales consistían solo en algunos individuos durante la domesticación. Además, porque sus hábitos de crecimiento, polinización cruzada entre individuos relacionados puede ser común, aumentando los niveles de

endogamia, y guiando a la purga de genes recesivos perjudiciales. Eso, en turno, puede explicar la falta de depresión endogámica en sandía (Kumar, 2011).

La autopolinización es la más sencilla y segura, en partículas para las numerosas especies que colonizan el territorio repitiendo muchas veces una misma composición genética. Pero estas especies que producen descendencia siempre uniforme corren el riesgo de sufrir el exterminio de toda su población por algún evento negativo en la evolución.

La polinización cruzada produce una descendencia más variada y mejor equipada para afrontar los cambios del medio. Asimismo, las plantas que se reproducen a través de polinización cruzada suelen producir semillas de mejor calidad (Reyes-Carrillo, 2000).

### 2.11 Fertilización

Para lograr obtener altas cosechas de sandía, existe la necesidad de aumentar el estatus de nutrientes en el suelo, de conocer las necesidades del cultivo y desde ahí mantener la fertilidad del suelo. Una de las formas de aumentar el estatus es impulsando el contenido de nutrientes en el suelo ya sea con el uso de materiales orgánicos tales como abono de aves de corral, desperdicios animales y el uso de composta o con el uso de fertilizantes inorgánicos (Ajayi, 2009).

La fertilización razonada tiene como objetivo principal establecer una estrategia de manejo integral que permita elevar y mantener el estado óptimo de los suelos en forma económica y así alcanzar una nutrición en los cultivos sin afectar la sustentabilidad del sistema.

Un análisis de fertilidad de suelo, normalmente entrega la disponibilidad en el suelo de nitrógeno, fósforo y potasio, más otros antecedentes como pH, contenido de materia orgánica y conductividad eléctrica. Para obtener resultados analíticos de los demás elementos que intervienen en la nutrición vegetal, es necesario pedirlos en forma específica.

Con dicho resultado se calcula cuanto se requiere aplicar para alcanzar el nivel crítico de cada elemento en el suelo. Con ello solo se estaría reponiendo al suelo la cantidad de elementos minerales para lograr su estado de fertilidad natural (Escalona 2009).

#### 2.11.1 Nutrientes

Con el fin de realizar adecuadamente sus funciones, la planta requiere un contenido mínimo de nutrientes en sus diferentes órganos, y que será diferencial de acuerdo al tipo de hortaliza a producir. La demanda de cada cultivo está basada principalmente en la habilidad para absorber una cantidad de nutrimentos necesarios para obtener una meta de producción y los cuales se contabilizan por la concentración en la materia seca de los productos cosechados, es decir frutos y follaje (Grageda, 1999).

En cultivos de ciclo corto y de fertilización intensiva con fertirrigación, las curvas de absorción permiten hacer un ajuste muy preciso entre la aplicación y el consumo de nutrientes. Los estudios de curvas de absorción hacen fácil establecer las diferencias de comportamiento fenológico y nutricional de variedades o híbridos de un mismo cultivo (Bertsch, 2005).

En melón y sandía, los períodos críticos son floración y amarre de frutos, manteniéndose el nivel de absorción a los largo del crecimiento del fruto. El nitrógeno

influye directamente en la producción, aunque pueden ser contraproducente aplicaciones excesivas durante floración y amarre, ya que esto dificulta el cuajado de ellos. El fósforo acelera el desarrollo inicial y favorece la floración y maduración del fruto, mientras que el potasio aumenta el número de frutos, el contenido de azúcares y la resistencia a enfermedades (Grageda, 1999). En estudios de absorción se ha observado que el fruto completa el consumo de tres micronutrientes, zinc, hierro y cobre, antes de empezar la maduración. Por esta razón, no es conveniente realizar aplicaciones tardías de estos elementos posterior a seis meses después del pico de floración (Bertsch, 2005). Por la poca movilidad de potasio en el suelo, el efecto de la colocación de este nutriente con relación a las raíces es de mucha importancia práctica, especialmente en suelos con una extrema deficiencia en potasio (Bull, 2004).

El enriquecimiento del suelo con una combinación de composta y fertilizantes resulta en un aumento significativo del rendimiento (Woltering, 2008). El uso extensivo de fertilizantes inorgánicos tiene un efecto depresivo en los rendimientos. Esto causa reducción en el número de frutos, retraso y reducción en el cuajado de los frutos que subsecuentemente retrasa la madurez y lleva a un crecimiento vegetativo lento (Ajayi, 2009).

## 2.12 Riego

De la producción de sandía 55 por ciento se obtiene en riego por gravedad y el restante 45 por ciento en áreas de bombeo (SIAP-Sagarpa, 2013). Las regiones que

producen bajo riego de gravedad dependen de las fechas de riego del algodón para obtener el agua proveniente de las presas de la región (Ramírez-Barraza, 2014).

Antes de la plantación se debe dar un riego abundante, y posteriormente de dar riegos cortos y frecuentes hasta que la planta esté bien enraizada. Durante el desarrollo de la planta y hasta la floración los riegos son largos y escasos, en floración cortos y diarios, durante el cuajado y desarrollo del fruto son largos y frecuentes y en el período de maduración se van alargando progresivamente los intervalos de riego y el volumen de agua (Casaca 2005).

Si la planta está estresada por agua cuando comienza a desarrollar el fruto, estos serán pequeños y la posibilidad de pudrición apical aumentará. Demasiada agua provocará división del fruto cuando este se encuentre entre los cuatro y seis kilos o más grande. Las sandías responden bastante favorable al riego por goteo. Aplicar agua regularmente aumenta el cuajado de fruto, el tamaño y el rendimiento (Mayberry, 1996).

El agua requerida durante el ciclo del cultivo es de mínimo 38 centímetros, la frecuencia de riego puede variar de siete a diez días, en el caso de suelos arenosos se deben continuar los riegos aún después del inicio de la maduración.

El riego por goteo es el sistema más extendido en sandía en invernadero, con aporte de agua y nutrientes en función del estado fenológico de la planta, así como del ambiente en que ésta se desarrolla, como es el tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego (Casaca 2005). En el riego por goteo, cada gota de agua va directamente al suelo y a las raíces que alimentan la planta; entregando la cantidad requerida de agua que esta última necesita (Angeles, 2002).

### 2.13 Acolchado

A partir de los años cuarenta, el uso de materiales plásticos en las actividades agrícolas inició una modificación profunda en la tecnificación de la producción de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. En los años siguientes se lograron notables mejoras tecnológicas que ampliaron la durabilidad y la aplicación de los materiales plásticos. En la actualidad, se aplican técnicas de agroplasticultura a más de 300 mil hectáreas de cultivos de alto ingreso económico en todo el mundo. Esta tecnología estudia para incrementar la eficiencia de los cultivos en el uso de los insumos de producción, como nutrimentos, agua de riego y agroquímicos principalmente, con el fin de maximizar rendimientos, calidad del fruto y precocidad de la cosecha.

Obtener la cosecha primero que le resto de los productores de la región le reditúa al productor buenos dividendos. Esto ha hecho que el productor haya buscado formas de obtener su cosecha lo más temprano o lo más tarde posible. Como una alternativa tecnológica para lograr producir temprano aparecieron los llamados acolchados, que son materiales para cubrir el suelo y que pueden ser desde hojas o residuos de plantas hasta plásticos. En nuestro caso nos referimos a materiales plásticos, los cuales pueden ser de diferentes colores, desde negros hasta transparentes (Espinoza-Arellano, 2003).

En el caso de la Comarca Lagunera los acolchados plásticos más utilizados son los negros. Estos se extienden sobre la cama de siembra cubriendo la superficie del suelo. El uso de acolchados le proporciona al productor numerosas ventajas. Algunas de ellas son la inducción de precocidad debido al calentamiento del suelo; reducción de la pérdida de humedad del suelo debido a la reducción de la evaporación, reducción en la infestación de maleza debido a que se reduce la cantidad de luz que llega al suelo previniendo el desarrollo de las malas hierbas; y mejoramiento de la calidad del productor ya que se evita el contacto directo del fruto con el suelo húmedo (Cuéllar, 1997). En cuando a precocidad, el inicio de cosecha puede adelantarse de siete a 14 días,

dependiendo de las condiciones del clima (McCraw, 2000). Algunas desventajas de los acolchados son los altos costos de adquisición, instalación y manejo y la contaminación de los suelos. Sin embargo, para resolver éste último problema ya se han desarrollado plásticos fotobiodegradables (De la Rosa, 2000).

Solamente el 35 por ciento de los productores de sandía en la Comarca Lagunera utilizan acolchados plásticos; el restante 65 por ciento siembra a suelo desnudo. Ese 35 por ciento de los productores se localiza totalmente en los municipios de Matamoros y Viesca (ASERCA, 1999).

#### 2.14 Afecciones

Bajo condiciones de secano en zonas áridas no hay problemas serios de insectos plagas o enfermedades, particularmente en situaciones de cultivo mixto. Pero cuando el cultivo está creciendo como monocultivo, algunas enfermedades de hongos y bacterias pueden afectar (Mahla, 2014).

##### 2.14.1 Desórdenes fisiológicos

Los desórdenes fisiológicos son causados por agentes no patogénicos que afectan el fruto y la calidad de la semilla y por último el rendimiento. La causa puede ser uno o combinación de factores ambientales, genéticos o nutricionales.

###### 2.14.1.1 Corazón blanco

En este desorden aparecen bandas blancas de carne indeseable en el centro del fruto esto es causado por exceso de humedad y probablemente por demasiado nitrógeno durante la maduración del fruto. Es un desorden que varía según variedades. El fruto

puede también deformarse a causa de una polinización pobre llevando al extremo del vástago a un crecimiento restringido.

#### 2.14.1.2 Putrefacción

Es una deterioración del final de la flor. El orden usual de desarrollo es reblandecimiento, ligero engrosamiento, oscurecimiento café o negro y algunas veces desintegración secundaria. Vientos calientes y secos, problemas de nematodos, fertilizante excesivo, y bajos niveles de calcio en el suelo son factores contribuyentes al factor de deterioro.

#### 2.14.1.3 Sobre llenado de fruto

Puede resultar de una tasa de crecimiento desigual, que es particularmente asociado con lluvias pesadas o riegos cuando el fruto está madurando. Sin embargo, el porcentaje es usualmente bajo, las frutas de tipo redondo son más susceptibles.

#### 2.14.1.4 Quemadura de sol

Resulta de la exposición a intensas radiaciones solares que lleva a deshidratación y daño por sobrecalentamiento en el tejido de la corteza. Las quemaduras por sol pueden ser evitadas cubriendo el fruto con el cultivo o con materiales como paja. Esta afección ocurre más frecuentemente en variedades que tienen la corteza verde oscuro. Follaje saludable ayuda a disminuir los daños por quemaduras de sol así como a favorecer al buen rendimiento y la calidad. Vientos fuertes pueden hacer volar plantas no protegidas con fruto en desarrollo a lo largo de las orillas de las parcelas y causar exposición completa del fruto al sol.

#### 2.14.1.5 Necrosis de la corteza

Es un desorden interno que daña la sandía. Sus síntomas son manchas café de textura marchita en la corteza que pueden crecer para formar largas bandas de decoloración que raramente se extienden hasta la carne. La causa de la necrosis de la corteza es desconocida. Ha sido reportado infecciones de bacterias y estrés por sequía también es reportado por predisponer a las sandías a la necrosis de corteza (Mahla, 2014).

#### 2.14.2 Plagas

Globalmente está estimado que el diez por ciento del rendimiento en la agricultura será destruido por plagas antes de ser cosechado, a pesar de medidas intensivas de protección a cultivos incluyendo el uso extensivo de pesticidas químicos. Aunque el uso de plaguicidas químicos ha aumentado de 15 a 20 veces en los últimos 40 años, las pérdidas estimadas de los cultivos a causa de las plagas también han aumentado significativamente, y el control exitoso de las plagas por agentes biológicos naturales es de importancia económica y ecológica clave (Martin, 2013).

##### 2.14.2.1 Mosquita blanca

*Bemisia tabaci* más comúnmente conocido como mosquita blanca de la hoja plateada, es un serio problema fitosanitario en la Comarca Lagunera desde 1995, ya que ha causado entre 40 y 100 por ciento de pérdidas en el rendimiento de cultivos hortícolas y un incremento en el número de aplicaciones de insecticidas.

Esta plaga puede causar los siguientes tipos de daño a sus plantas hospederas: succión de la savia, lo que reduce el vigor de la planta y su producción; excreción de mielecilla, sobre la cual se desarrollan hongos de color negro que interfieren con la actividad fotosintética de las hojas y pueden disminuir la calidad de la cosecha;

transmisión de enfermedades virales e inyección de toxinas, las cuales inducen desórdenes fisiológicos en las plantas (Nava-Camberos, 2000).

#### 2.14.2.2 Nemátodo agallador

El agente causal es *Meloidogyne spp.*, su ciclo de vida es de tres semanas hasta varios meses, depende de las condiciones agroclimáticas. El daño principal asociado a ésta plaga, se relaciona con la formación de nódulos en las raíces, las cuales restringen el paso de agua y nutrientes a la planta, provocando un escaso desarrollo, debilitamiento generalizado y un aspecto de deshidratación y una severa reducción de la producción, tanto en cantidad como en calidad. Además se le asocia la transmisión de ciertos virus y también favorece el ataque de hongos saprofitos. La hembra inicia la postura de huevos en la raíz o en el suelo, en una masa gelatinosa, de hasta 500 huevos.

Para evitarlo se pueden usar variedades tolerantes, sembrar plantas antagónicas dentro de los cultivos, como la flor de muerto o marigold. También es posible calentar el suelo por medio de plástico transparente y el sol, practicar el barbecho en período de sequía, limpiar las herramientas y maquinarias para evitar la entrada del nemátodo a otras áreas y mantener un ambiente adecuado para aumentar parásitos y depredadores de huevos, juveniles y adultos. En casos de emergencia se llega a aplicar un nematicida y algunos fumigantes son biosidas que no solamente controlan nemátodos sino plagas en general.

#### 2.14.2.3 Minador de la hoja

*Liriomyza sativae* es su agente causal, su larva penetra la epidermis y se alimenta succionando la savia, en este proceso ella deja un rastro bien característico al cual debe su nombre. Los minadores dejan galerías en el tejido foliar de forma estrecha y sinuosa.

Cuando el ataque es severo, los minadores pueden provocar que las hojas se sequen y caigan. Para evitar dicho problema se puede alimentar y guardar bien las plantas para aumentar su resistencia, eliminar las malezas hospederas dentro y alrededor del área de cultivo, sembrar tomate en asocio con frijol, minimizar las aplicaciones de plaguicidas para conservar los enemigos naturales y aplicar un plaguicida cuando más del 20 por ciento del área foliar de la planta esté afectada (Casaca 2005).

#### 2.14.2.4 Trips

Es una plaga de gran importancia, debido a que éstos actúan como vector para virosis, los cuales consideran a las especies *Frankliniella occidentalis* y a *Thrips tabaci* como las más comunes. Los trips prefieren alimentarse de los tejidos jóvenes de las plantas o de las hojas que están apenas emergiendo. Cuando las hojas crecen, los sitios dañados con anterioridad se alargan dejando espacios vacíos en la superficie de la hoja. La apariencia de las áreas dañadas es como manchones o rayas plateadas que brillan con el sol. Cuando el daño es severo estos pequeños parches pueden ocupar la mayoría del área foliar y la planta no puede realizar adecuadamente la fotosíntesis.

Los trips no requieren copular para reproducirse. Las hembras que no son apareadas producen solamente hembras como progenie. Cada hembra puede producir hasta 80 huevos. En algunas oportunidades, toda la población de trips está compuesta solamente por hembras. Este aspecto reproductivo es muy importante, ya que de una sola hembra puede generarse una población en poco tiempo. Existen variadas alternativas de pesticidas para realizar su control, y en base a los antecedentes de la plaga, queda de manifiesto que más que el tipo de producto, la efectividad de su control dependerá de la detección temprana de las poblaciones de trips en el cultivo, gracias al monitoreo, el uso de adherentes que aumenten la capacidad humectante de la solución

y el estado de la planta que favorezca el contacto del insecto con el pesticida (Escalona, 2009).

### 2.14.3 Enfermedades

La nutrición mineral de las plantas influye en su sensibilidad a la enfermedad. Éstas son más receptivas cuando la alimentación nitrogenada es importante; al contrario, con aportes mayores de potasio y de calcio se observarán menos plantas afectadas (Escalona 2009).

#### 2.14.3.1 Oídio

Los síntomas de esta enfermedad primero aparecen en las hojas y tallos en la forma de puntos blancos o grises después se vuelven polvosos y cubren toda la planta en un severo ataque fúngico para terminar en una caída general de hojas. El fruto permanece pequeño de tamaño con algunas semillas marchitas y causa severas pérdidas de rendimiento. Para controlar esta enfermedad fúngica el campo debe mantenerse limpio y las plantas afectadas deben ser quemadas inmediatamente.

#### 2.14.3.2 Mildiu veloso

La etapa inicial se presenta como puntos angulares que pueden ser observados en la parte superior de las hojas, incluso en casos de daño severo se encuentra esparcido en la superficie de la parte baja. Alta humedad relativa y temperatura son muy agradables para el para el desarrollo de enfermedades fúngicas. Por protección, las semillas deben ser tratadas con fungicida antes de ser sembradas (Mahla, 2014).

#### 2.14.3.3 Mancha Bacteriana

Esta enfermedad se detectó por primera vez en Estados Unidos en 1987, y desde entonces ha causado pérdidas económicas significativas en ese país. Esta enfermedad puede causar pérdidas del 90 al 100 por ciento de la cosecha. Ocasiona una pudrición en el fruto, tallos y hojas, y tiene la particularidad de diseminarse por semilla. De ahí la importancia de que los países importadores de semilla de sandía de los Estados Unidos, como México, tengan métodos de diagnóstico que detecten al organismo (Rueda-Puente, 2006).

#### 2.14.3.4 Muerte súbita

El colapso o muerte súbita es una de las principales enfermedades que afectan la producción de cucurbitáceas, principalmente melón y sandía. Esta enfermedad está asociada a la presencia de varios hongos del suelo. En sandía el colapso es menor que en melón, incluso puede no ser observado; sin embargo, en sandía se tiene un crecimiento raquítrico de la planta y una producción muy baja. Todos los reportes de éste hongo han sido de regiones relativamente calientes, y secas del mundo, los suelos de estas áreas tienden a ser alcalinos y con acumulación de sales (Chew, 2014).

#### 2.14.3.5 Marchitez de la sandía

Los síntomas de marchitez por *Fusarium* son similares en todas las cucurbitáceas y dependen de varios factores, incluyendo la cantidad de inóculo en el suelo, las condiciones ambientales, los nutrientes particularmente el nitrógeno y la susceptibilidad del huésped. Esta enfermedad se caracteriza por la pérdida de turgencia en las plantas, Estas pueden recuperarse durante la noche, pero finalmente se marchitan permanentemente. El síntoma diagnóstico primario es una decoloración del sistema

vascular conocido como xilema, que se puede observar fácilmente en sección longitudinal o transversal de raíces o tallos. La sandía y otras cucurbitáceas también son susceptibles a una enfermedad de marchitez vascular causada por el hongo *Verticillium dahliae* que puede confundirse con marchitez de *Fusarium*, ya que los síntomas son muy similares. Ninguno de estos hongos esporula fácilmente sobre la superficie de la planta y la confirmación del agente causal puede requerir el aislamiento del patógeno de la planta enferma sobre un medio de crecimiento de agar y la observación subsiguiente bajo un microscopio (Egel, 2013).

## 2.15 Prácticas culturales

Una planta de sandía rara vez produce más de dos a tres frutos cosechables. Mientras que es demasiado costoso quitar todo el exceso de fruta, la fruta deformada y partida se puede sacrificar en el campo para permitir que las plantas canalicen los alimentos en fruta comercializable.

### 2.15.1 Control de hierba

La mayoría de los productores usan solo cultivo mecanizado y desbrozadora manual para el control de malezas en las regiones de baja desertificación. Sin embargo, se usan herbicidas con incorporación poco profunda. Usualmente los herbicidas de post emergencia se usan para controlar gramíneas. La mayor parte del trabajo de deshierbado se hace manualmente (Mayberry, 1996).

### 2.15.2 Drenajes

Para terrenos bajos, esta operación es necesaria, ya que los suelos mal drenados no pueden prepararse adecuadamente. Los suelos bien drenados permiten la circulación

del aire, el cual es necesario para las plantas, microflora y microfauna benéficas que hacen disponibles algunos nutrientes a las plantas.

### 2.15.3 Arado

Los suelos superficiales deben profundizarse gradualmente hasta lograr la profundidad deseada; se debe evitar el vuelco de subsuelo a la superficie; la profundidad de la aradura es de 20 a 30 centímetros. Cuando la siembra se hace con riego por gravedad la aradura deberá hacerse en la dirección que correrá el agua de riego.

### 2.15.4 Rastreado

Se hace después de la aradura; la condición del suelo determina la clase de implemento que debe hacerse; en suelos pesados hay que utilizar la rastra de discos. Es necesario utilizar una rastra de dientes para nivelar un poco la superficie y afinarlo. La humedad del suelo es determinante para la eficiencia de la rastra.

### 2.15.5 Surcado

Se hace con surcadores, arados de doble vertedera, que desplazan tierra a los lados dejando una zanja o surco, la parte superior de éste se utiliza para sembrar las semillas y la inferior para riego de germinación. El número de pases de rastra varía de cinco a seis, luego a los cuatro días la humedad sube por capilaridad hasta un nivel de diez a 12 centímetros de profundidad. Las camas altas o bancos se hacen de 15 a 28 centímetros de alto y de dos metros de centro a centro.

### 2.15.6 Poda

Esta operación se realiza de modo optativo, según el marco elegido, ya que no se han apreciado diferencias significativas entre la producción de sandías podadas y sin podar, y tiene como finalidad controlar la forma en que se desarrolla la planta, eliminando brotes principales para adelantar la brotación y el crecimiento de los secundarios. Consiste en eliminar el brote principal cuando presenta entre cinco y seis hojas, dejando desarrollar los cuatro o cinco brotes secundarios que parten de las axilas de las mismas, confiriendo una formación más redondeada a la planta (Casaca, 2005).

### 2.16 Cosecha

Estos frutos se cosechan a mano, ya que poseen cáscara tierna que se daña fácilmente durante la cosecha y el acondicionamiento. Por tanto todas las operaciones de manejo deben realizarse cuidadosamente para prevenir daños en la cáscara y pérdida de la calidad visual de la fruta, mayor deshidratación y de podredumbres. Para reducir estos daños físicos es fundamental minimizar la manipulación de los frutos durante su manejo (Escalona 2009).

La madurez de la fruta en la planta se puede juzgar por el cambio de color de verde a marrón oscuro o la sequedad del zarcillo cercano a la fruta. El otro índice de madurez es el cambio de color completo de la parte inferior de la fruta que toca el suelo (Mahla, 2014). La mayoría de los cultivos se cosechan al menos dos veces. Algunos cultivos pueden ser cosechados una tercera o cuarta vez dependiendo de la condición de campo y los precios de mercado.

### 2.17 Poscosecha

No deben presentar cicatrices, quemaduras de sol, abrasiones por el tránsito, áreas sucias u otros defectos de la superficie. La temperatura óptima es entre diez y 15 grados centígrados. Generalmente, la vida de almacenamiento es de 14 días a 15 grados centígrados y de hasta 21 días a una temperatura de siete a diez grados centígrados. Su gruesa corteza le permite aguantar en condiciones de temperatura ambiental durante bastantes días. Las condiciones comúnmente recomendadas y consideradas como prácticas aceptables de manejo para el almacenamiento de corto plazo o el transporte a mercados distantes son de 7.2 grados centígrados a una humedad relativa del 85 al 90 por ciento por siete días. Sin embargo, a esta temperatura las sandías son propensas al daño por frío. Muchas sandías todavía se embarcan sin enfriamiento o sin refrigeración y se les mantiene así durante el tránsito. Estas frutas deben venderse rápidamente pues su calidad se reduce rápidamente en estas condiciones (Casaca 2005).

#### 2.18 Especificaciones Comarca Lagunera

El cultivo de la sandía, a pesar de no sembrarse en grandes extensiones como la alfalfa o el algodón, tiene relevante importancia económica y social para la Comarca Lagunera, debido a la movilización del producto a los estados de México y su exportación a los Estados Unidos de América (Cenobio-Pedro, 2006).

En la Región Lagunera, como en el resto de las zonas áridas o semiáridas de México, es inaplazable sustituir los cultivos de alto consumo de agua por otros más eficientes y lograr una agricultura de riego altamente tecnificada. Al respecto, el riego por goteo es una opción viable para tratar de equilibrar la extracción y la recarga de los acuíferos y evitar colapsos en estas regiones (Mendoza-Moreno, 2005).

En zonas de riego como la Comarca Lagunera, la mayoría de los cultivos tienen poco margen de ganancia bajo los sistemas de producción actuales debido

principalmente a los altos costos de extracción del agua del subsuelo (Pérez-González, 2003).

El rendimiento de la sandía se incrementa hasta cuatro veces y se mejora significativamente la calidad del fruto cuando se utiliza riego por goteo comparado al riego superficial.

Los tratamientos con acolchado adelantan el inicio de la cosecha en siete días en promedio con respecto a los tratamientos sin cobertura plástica. El establecimiento de la sandía con acolchado y trasplante a inicio de guías permite adelantar la cosecha siete y 14 días con respecto al trasplante a dos hojas verdaderas y siembra directa con acolchado, respectivamente y 22 días con respecto a la siembra directa y sin acolchado. Los altos rendimientos y productividad generada por el agua son atribuidos al incremento en la temperatura del suelo generado por el acolchado plástico y al establecimiento del cultivo mediante trasplante (Pérez-González, 2003).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación geográfica**

La Región Lagunera localizada en el Centro-Norte de México, comprendida entre los Estados de Coahuila y Durango; ubicada en los meridianos 102° 00' y 104° 00' longitud Oeste y los paralelos 24° 22' y 26° 23' Latitud Norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 metros.

#### **3.2 Especificaciones de la zona**

La región se caracteriza por tener un clima de tipo cálido seco clasificación BWh (desierto árido caliente), con lluvias en verano y una precipitación invernal entre cinco y diez por ciento. La temperatura media anual es de 20 a 22 grados centígrados, la máxima de 30. 4 grados centígrados y una precipitación media anual de 300 milímetros (Díaz, 2005).

### 3.3 Localización del cultivo

El presente estudio se llevó acabo en el ejido el Tajito, ubicado en el municipio de Matamoros en el estado de Coahuila, ciudad considerada como parte de la Comarca Lagunera. Dentro del ejido se establecieron cuatro hectáreas de cultivo de sandía de la variedad en estudio.

### 3.4 Muestreo de suelo

Se realizó un muestreo de suelo en la zona de cultivo, de este se puede concluir que el rango es óptimo, con un pH medianamente alcalino de 7.96, un porcentaje de materia orgánica de 1.22 por ciento por lo que se puede afirmar que dicho nivel es pobre, además se observaron 6.40 partes por millón de nitratos de nitrógeno considerado como suelo bajo, en cambio de un nivel medio en el fósforo disponible con un 17.50 partes por millón y de igual manera medio en potasio con 139 partes por millón, un nivel alto en

carbonatos totales con 19.20 por ciento y un resultado de 0.56, 0.55 y 2.95 partes por millón de cobre, zinc y manganeso respectivamente.



**Figura 3.1** Técnica para muestreo de suelo con barrena en el campo a utilizarse durante el experimento con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

### 3.5 Zona de experimento

Dentro de estas hectáreas se seleccionó un espacio de 18 por 40 metros, equivalentes a nueve camas de cultivo de dos metros de ancho cada una.

### 3.6 Diseño experimental

Los testigos se lograron colocando una tela llamada Agribon® el día 24 de abril, 30 días después de la siembra y cuatro días antes de la primera flor macho observada, para aislar las flores y evitar la polinización cruzada causada por insectos o por el viento, las camas cubiertas fueron la primera, cuarta y séptima. La separación entre plantas seleccionada para los resultados estadísticos fue de .75 metros entre ellas. Se seleccionaron tres repeticiones con estas características de cuatro posibles que había.

A continuación se muestra una serie de fotografías de como fue colocado el agrivelo para el cumplimiento del tratamiento junto con una descripción gráfica del experimento en donde se muestra la ubicación de los tratamientos.



**Figura 3.2** Primer paso para colocación de agrivelo en tratamiento cubierto, para evitar polinización entomófila, durante el experimento con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



**Figura 3.3** Distribución de agrivelo para tratamiento cubierto en experimento con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



**Figura 3.4** Colocación de agrivelo con el uso de azadón para tratamiento cubierto, para evitar polinización entomófila, en experimento con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

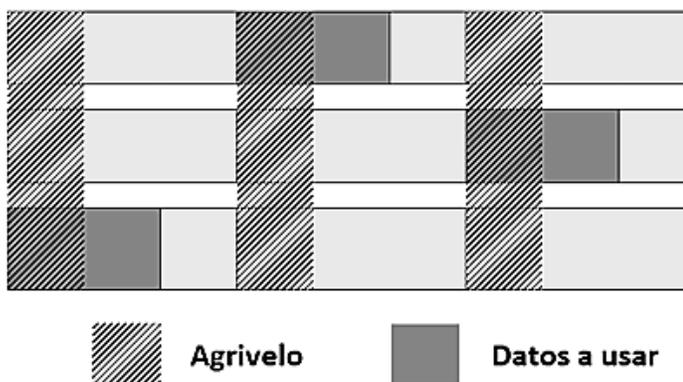


**Figura 3.5** Agrivelo colocado en totalidad para tratamiento en experimento con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



**Figura 3.6** Agrivelo colocado en totalidad con plantas ya desarrolladas y sin presencia de frutos en experimento con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

**Cuadro 3.1.** Descripción gráfica de tratamientos en el experimento, establecido en el ejido el Tajito, de cultivo en sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



### 3.7 Material vegetal

La semilla fue distribuida por la empresa de los Países Bajos llamada Rijk Zwaan, la variedad seleccionada fue una sandía individual conocida como Tigrinho RZ F1, la cual es descrita como redonda y rayada de tres a cuatro kilogramos, con microsemillas. Se menciona que la variedad tiene un tamaño posible de 20 por 19 centímetros y posee entre 11 y 12 grados Brix. Se considera buen polinizador por lo que suele ser recomendado para el cuaje de triploides y se comenta que no necesita polinizadores por posible autogamia. Todas estas características son declaraciones hechas por la empresa, como se muestra en la Figura 3.7, y por los distribuidores.



**Figura 3.7** Imagen y acercamiento de la página de la empresa afirmando la no necesidad de polinizadores por parte de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

### 3.8 Siembra

La siembra se realizó de forma directa, el día miércoles 25 de marzo del 2015, con una sola hilera de plantas y con distancias de .5, .75 y un metro de distancia entre ellas. Para análisis se utilizaron exclusivamente aquellas que tenían una separación de .75 metros. Se prepararon también charolas con plántula para las fallas de germinación que se presentaron en el terreno.

### 3.9 Manejo de cultivo

Los surcos contaban con acolchados plástico de color negro y eran tratados con riego y fertiriego por medio de cintilla colocada bajo el acolchado.

En el cuadro 3.2 se presentan las actividades que se llevaron a cabo durante el cultivo y los meses en los que estas se realizaron.

**Cuadro 3.2.** Cronograma de actividades realizadas durante el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

Actividad a realizar / Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Siembra			X	X								
Trasplante			X	X								
Toma de datos			X	X	X	X	X					
Presencia de agrivelo y colmenas				X	X	X						
Sexado de flores					X	X						
Conteo de frutos						X	X					

### 3.10 Polinización

Se colocarán ocho colmenas de abejas para asegurar la correcta polinización del sembradío y poder tener la certeza de que el experimento era concluyente.



**Figura 3.8** Fotografía de seis de las ocho colmenas de abejas colocadas en el campo usado para el experimento con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

### 3.11 Fertilización

Se hizo una aplicación el día 31 de marzo, en donde se inyectaron cuatro unidades de urea granulada disuelta por medio del riego, cuatro unidades de nitrógeno por hectárea y ocho unidades de ácido fosfórico por hectárea.

### 3.12 Cosecha

La cosecha se realizó por primera vez el día 73 del cultivo y se continuó para su comercialización, de esto se tomaron 20 frutos para sus pertinentes análisis.

### 3.13 Variables evaluadas

Las variables a observar en cuanto a fenología y rendimiento fueron, la emergencia de plántula, la aparición de la primera, tercera y quinta hoja, día de aparición de flor macho y flor hembra, número de plantas, días para amarre de fruto, número de sandías cosechadas, plantas por hectárea, número de frutos por hectárea y rendimiento del cultivo.

Las variables observadas en cuanto a calidad fueron peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grados Brix, grosor de cáscara y resistencia del fruto.

### 3.14 Herramientas de medición

Para tomar los datos de dichas variables se utilizó vernier, báscula de precisión, cuchillo, regla milimétrica, penetrómetro y refractómetro.

### 3.15 Análisis estadístico

Para el presente trabajo los datos fueron analizados bajo un diseño experimental de bloques al azar, de dos tratamientos con tres repeticiones.

Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión, 6.12.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado hablaremos de los resultados obtenidos a lo largo de la investigación, dichos datos estarán divididos en dos partes. La primera enfocada a los resultados de fenología y rendimiento del cultivo y la segunda será exclusivamente de la calidad observada en cosecha.

Es importante mantener en mente que la mayoría de los resultados no tienen variación puesto que el tratamiento que diferencia unas repeticiones de otra se verá manifestado únicamente en el sexado de flores, la cosecha y amarre de frutos. Posterior a eso, los resultados observados nos ayudan a conocer la variedad, sus características y fenología.

### 4.1 Resultados de fenología y rendimiento

Los resultados encontrados en este apartado están enfocados en su totalidad en la fenología de la variedad y el rendimiento que esta alcanzó con las variables que se tuvieron a lo largo del cultivo.

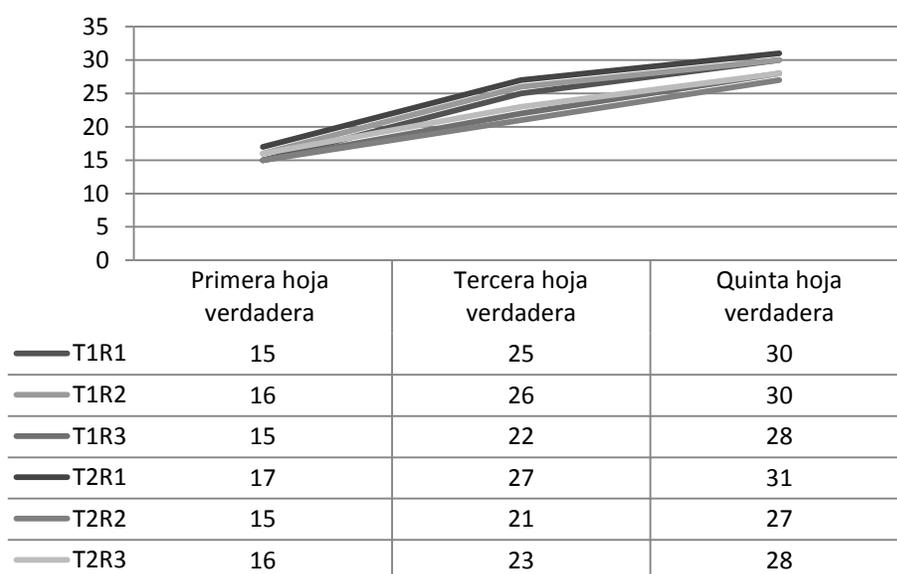
#### 4.1.1 Emergencia de la plántula

El cultivo se mantuvo en observación desde el día 25 de marzo en que se sembró la semilla, la emergencia de la plántula ocurrió durante el quinto y sexto día después de la fecha de siembra. Se observa que se superaron las expectativas indicadas por SAGARPA en 2010, donde se señala que la emergencia de la plántula desde la siembra toma de siete a diez días, aunque aclara que esta expectativa de tiempo depende de las condiciones climáticas por lo que estas pudieron ser causantes de las diferencias obtenidas.

#### 4.1.2 Hojas verdaderas

La observación de las hojas verdaderas fue realizada utilizando como variables la primera, tercera y quinta hojas verdaderas aparecidas en días después de sembrada la semilla. Tras el análisis de datos resultantes durante la investigación, presentados en la gráfica 4.1, podemos comentar que la primera hoja tuvo una aparición alrededor del día 16 después de la siembra. Posteriormente, la plántula continuó su desarrollo para llegar a la aparición de la tercera y quinta hoja verdadera entre los días 21 y 31, respectivamente. En la gráfica se puede observar que, en general, no hubo grandes variaciones en el desarrollo de las plántulas, sin embargo el tratamiento dos repetición uno fue, por una diferencia insignificante, el más tardío, teniendo también una amplia distancia, de seis días, con respecto a la aparición de la tercera hoja verdadera del tratamiento dos repetición dos que fue el más precoz.

**Gráfica 4.1.** Comparación de la aparición en días de hojas verdaderas en los tratamientos del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



#### 4.1.3 Flor macho y productora

Como fue mencionado por Casaca en el 2005, las primeras flores en aparecer son las masculinas. Es importante mencionar que días antes del inicio de floración, el Agrivelo que permitió los testigos fue colocado.

A la flor caracterizada por un ovario inferior le llamaremos productora como fue referido por Mussen en 1979 y Reyes-Carrillo en el año 2000, dado que se desconoce si la variedad consta de flores hembra o hermafroditas. A pesar de que la planta de sandía es comúnmente monoica, también pueden existir del tipo andromonoico, como lo comenta Mahla en el 2014, dando lugar a una posible autogamia como lo menciona para esta variedad la empresa semillera en cuestión.

Fue posible observar que durante el principio de floración hubo una baja coincidencia de flores estaminadas y pistiladas en tiempo.

#### 4.1.4 Plantas por tratamiento

Para conocer el rendimiento de la variedad es imprescindible mantener una observación con respecto al número de plantas que se obtuvieron de cada hilera, el promedio encontrado fue de doce plantas por repetición.

#### 4.1.5 Sexado de flores

Una de las partes más importantes de esta investigación es la observación de la naturaleza sexual que se desarrolla durante la floración de esta variedad. Por lo tanto, al principio de la floración se tomaron muestras de flores de manera aleatoria para su observación en el microscopio. Esto se hizo para verificación a pesar de que su naturaleza era observable a simple vista.

En la Figura 4.1 se puede observar con claridad una flor estaminada, su clasificación como masculina sucede desde la observación a simple vista puesto que no solo tiene estambres si no que carece de ovario en la parte inferior.



**Figura 4.1.** Sexado de las plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. Flor masculina; con carencia de ovario y poseedora de estambres. UAAAN-UL. 2016.

La Figura 4.2, a diferencia, contiene una flor que posee un ovario inferior perfectamente definido, y es posible observar que no es una flor estaminada pero cuenta con pistilos, lo que la define invariablemente como femenina.



**Figura 4.2.** Sexado de las plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. Flor femenina, con ovario y pistilos observables a simple vista. UAAAN-UL. 2016.

La figura 4.3 corresponde a una flor colectada de un cultivo aledaño de melón (*Cucurbita melo*), dicha especie tiene la característica de poseer flores hermafroditas, también conocidas como perfectas. Esta es adjuntada para su comparación.



**Figura 4.3.** Sexado de flor de planta de melón (*Cucumis melo*) de cultivo aledaño para comparación. Flor perfecta, que goza de estambres, pistilos y óvulos a la vez. UAAAN-UL. 2016.

A pesar de los resultados, después de las observaciones anteriores considerar la investigación por terminada no era posible, había que esperar a cosecha para confirmación. Esto a causa de que Justiniano en el 2002 comentó que existen estudios en sandía que han demostrado poblaciones monoicas y andromonoicas, que en el inicio eran flores masculinas y femeninas y después eran machos y hermafroditas. Además de tener a Kumar en el 2011 hablando de como ambas formas sexuales muestran ciertos grados variables de auto polinización.

#### 4.1.6 Días para amarre de fruto

Como se mencionó con anterioridad, en el tratamiento uno se colocó el agrivelo que sirvió para evitar la polinización, para que en caso de que la planta no tuviera la capacidad de autopolinizarse, no existiera amarre de fruto ni cosecha alguna. A lo largo del experimento, el agrivelo utilizado tuvo ciertos desperfectos permitiendo la entrada de polinizadores a solo ciertas áreas de dicha zona, y por lo tanto causando una polinización y un amarre del fruto que se vio localizado específicamente en las zonas de error.

En el tratamiento dos, el cual carecía de agrivelo, el amarre de frutos se observó en un promedio de 51 días después de la siembra. Esta variable fue tomada en cuenta cuando el fruto tuvo como mínimo el tamaño de una nuez. Para los casos en donde el tratamiento con agrivelo falló permitiendo la polinización por insectos, el amarre de frutos se observó en un promedio de 60 días después de la siembra, mismo momento en el que el error tuvo cabida. En la variable número de sandías observaremos la cantidad de frutos que se produjeron en dichos errores.



**Figura 4.4** Primeros frutos con tamaño de una nuez, considerados como fecundados, del cultivo con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

#### 4.1.7 Número de sandías

Para el tratamiento dos, el cual carecía del agrivelo, la cosecha tuvo un buen número de frutos por planta, en comparación con los resultados esperados puesto que Mussen en 1979 comenta que aunque cada tallo puede teóricamente producir de dos a cuatro frutos, la experiencia en el campo sugiere esperar un promedio de uno a dos frutos por planta. Esto indica que las plantas expresaron, si no su máxima, una alta capacidad. La cosecha observada fue desde 32 hasta 52 frutos por tratamiento, dando como resultado un promedio de 3.5 frutos por planta.



**Figura 4.5** Frutos en desarrollo en cultivo con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

En el caso del tratamiento uno, el cual contaba con el agrivelo que cubría las plantas, la tasa de cosecha fue casi nula. Con excepción de dos errores en la repetición uno y dos en donde se obtuvo una cosecha de seis y un fruto, respectivamente. En ambos casos, la cosecha se dio justamente donde estaban los errores en el agrivelo. En la repetición tres donde el tratamiento cubierto con agrivelo no contaba con error alguno no hubo aparición de fruto.

En las siguientes Figuras se exponen los errores del experimento en donde se pueden observar frutos en desarrollo en las zonas con agrivelo, en las Figura 4.6 los errores son obvios puesto que la alta tasa de desarrollo vegetativo de la variedad rebaso la capacidad del agrivelo abriéndolo y permitiendo la polinización de las flores al alcance. En cambio, en la Figura 4.7 el error no fue tan notorio y en un principio fue una sorpresa la observación. Fue cuando se retiró el agrivelo para la toma de muestras y el conteo de resultados que se encontró, junto al fruto en desarrollo, una abeja (*Apis mellifera*) muerta y atrapada en el agrivelo, como se muestra en la Figura 4.8.



**Figura 4.6** Errores en agrivelo con posible visualización de frutos en desarrollo en repetición con tratamiento en el cultivo con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



**Figura 4.7** Error en agrivelo con posible visualización de único fruto en desarrollo en repetición con tratamiento del cultivo con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



**Figura 4.8** Fotografía de abeja (*Apis mellifera*) muerta y atrapada en agrivelo dentro del tratamiento que contenía error no explicable a simple vista en el cultivo con plantas de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

Se hace énfasis en que este dato es de suma importancia para las conclusiones que el conjunto de resultados crea.

#### 4.1.8 Plantas por hectárea

La distancia entre surcos que se utilizó dentro del cultivo fue de dos del cual se seleccionó la observación para el experimento una distancia entre plantas de 75 centímetros, dando una superficie de 1.5 metros cuadrados ocupados por cada planta. Por consiguiente, para conocer la cantidad de plantas por hectárea, se debe dividir una hectárea, que son 10 mil metros cuadrados, entre el espacio ocupado por cada planta, dicho cálculo da como resultado 6,666 plantas por hectárea.

#### 4.1.9 Frutos por hectárea

Para conocer el número de frutos por hectárea se requiere multiplicar el número de sandías por planta por el número de plantas por hectárea, obteniendo así el resultado buscado, que en este caso es 23,331 números de frutos por hectárea.

#### 4.1.10 Rendimiento

Para conocer el rendimiento de un cultivo es necesario saber la cantidad de frutos por hectárea y el peso promedio del fruto, que en este caso es de 4.796 kilogramos multiplicados por número de frutos da como resultado un rendimiento de 111 toneladas por hectárea.

#### 4.2 Resultados de Calidad

Estos resultados están meramente enfocados en la cuestión de calidad de la cosecha. Para su estudio se realizaron dos muestreos de diez frutos cada uno y se analizaron como parte de la descripción de la variedad.

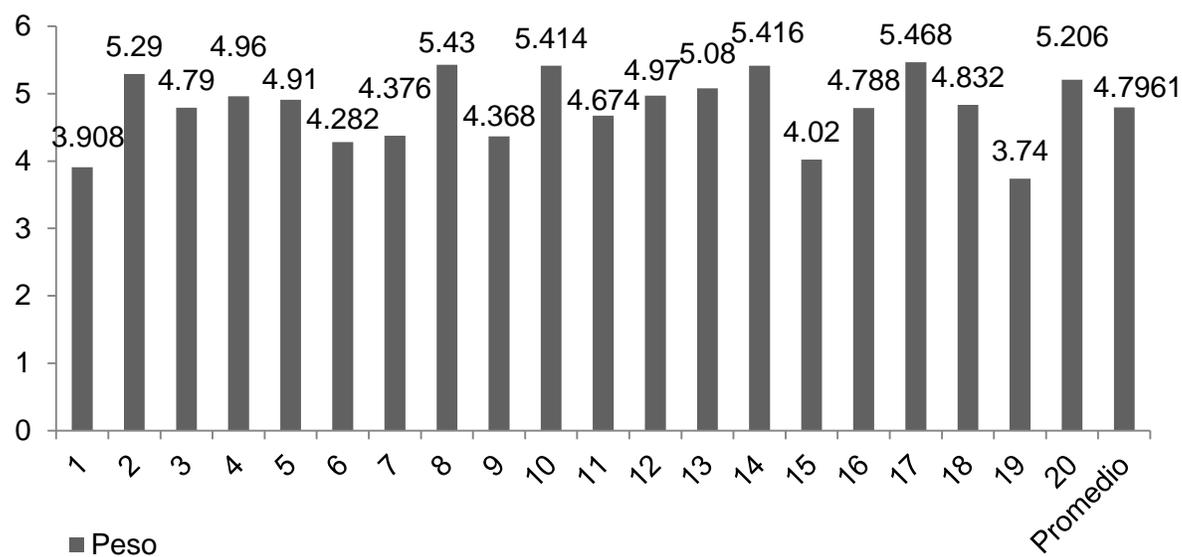


**Figura 4.9** Frutos cosechados y usados como muestra para la evaluación de la variedad de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

### 4.2.1 Peso

El peso promedio de los frutos observados fue de 4.796 kilogramos por fruto. Un poco más alto de lo esperado según la descripción hecha por la empresa.

**Gráfica 4.2** Pesos encontrados en los frutos muestra de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



#### 4.2.2 Diámetro polar y ecuatorial

En las medidas tomadas al fruto el promedio que se encontró del diámetro polar fue de 22.795 centímetros. Y para el diámetro ecuatorial el promedio fue de 19.385 centímetros, creando por lo tanto un fruto semiredondo, como es esperado por las características descritas por la empresa.

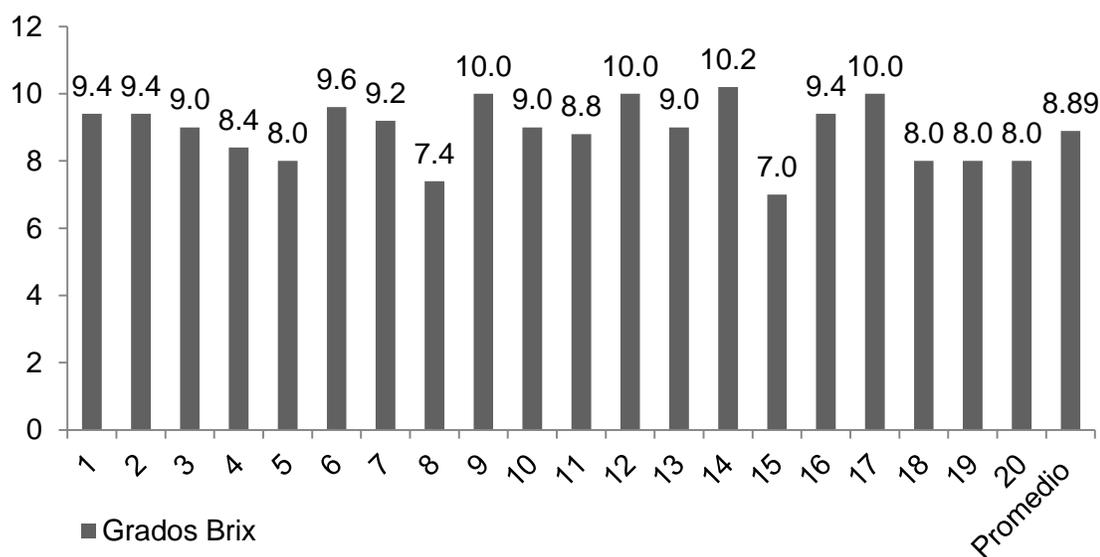


**Figura 4.10** Medición de diámetro polar y ecuatorial con el uso de reglas de los frutos cosechados y usados como muestra para la evaluación de la variedad de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

### 4.2.3 Grados Brix

La empresa describe la variedad con un posible alcance a los 11 e incluso 12 grados Brix, por lo que se debe hacer hincapié en que en ningún momento, ninguno de los frutos analizados, alcanzó dicho nivel, el mayor valor alcanzado fue de 10.2 grados Brix y el promedio fue de 8.89 grados Brix. Muy por debajo de lo mencionado. En la Gráfica 4.3 podemos observar los datos obtenidos de los frutos observados.

**Gráfica 4.3** Grados Brix observados en los frutos muestra de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



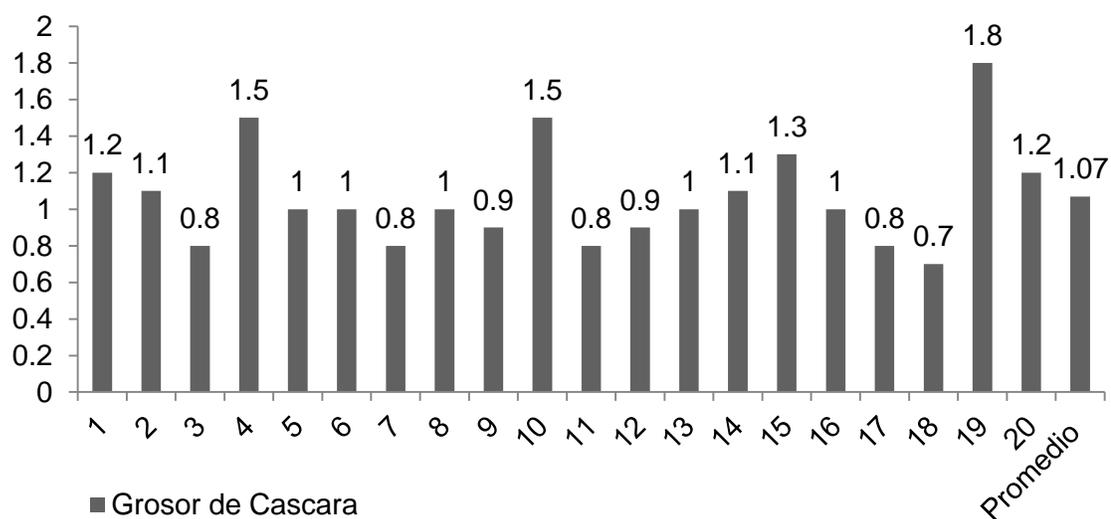
#### 4.2.4 Grosor de la cáscara

En promedio el grosor encontrado en la cáscara, medido con regla como se muestra en la Figura 4.11, tuvo unas variaciones que fueron de 0.7 a 1.8 centímetros, con un promedio de 1.07 centímetros, aunque el grosor más observado fue de un centímetro, como podemos verlo en la Gráfica 4.4



**Figura 4.11** Medición de grosor de cáscara de los frutos cosechados y usados como muestra para la evaluación de la variedad de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

**Gráfica 4.4** Medición de grosor de cáscara de los fruto en la planta de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.



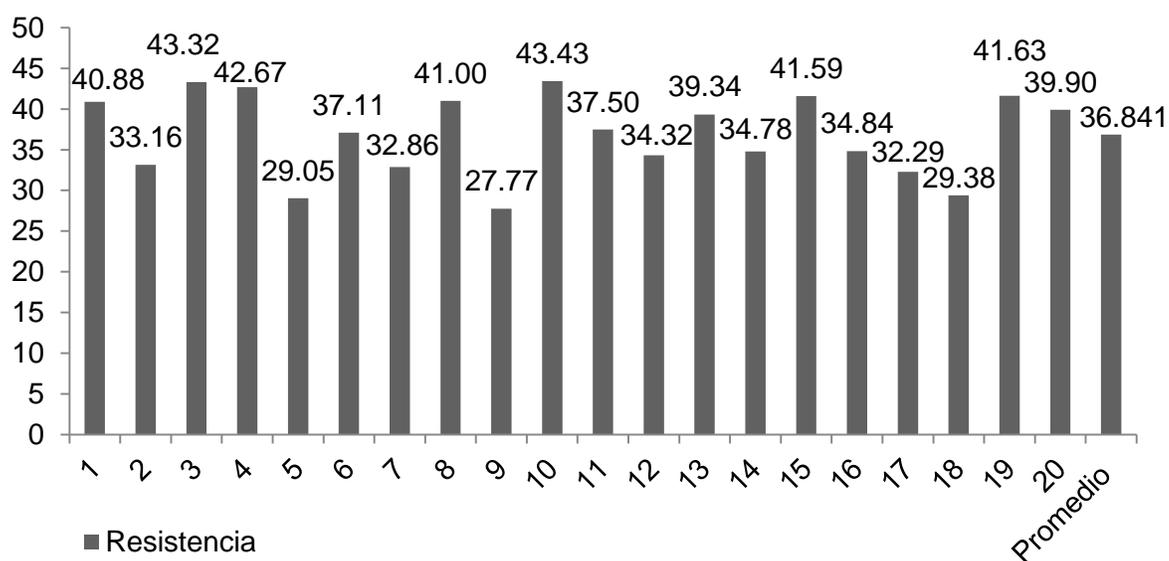
#### 4.2.5 Resistencia

Esta variable es de suma importancia dentro de la calidad de una variedad puesto que una resistencia alta permite el transporte de la cosecha sin mayor dificultad. El rango de resultados salió en un promedio de 36.841 kilogramos por centímetro cuadrado. Enseguida se muestran la metodología y los resultados obtenidos.



**Figura 4.12** Toma de resistencia, con el uso del penetrómetro, de frutos cosechados y usados como muestra para la evaluación de la variedad de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016.

**Gráfica 4.5** Resultados con respecto a resistencia de los frutos de la planta de sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Mansf.) de la variedad Tigrinho RZ. UAAAN-UL. 2016



## 5. CONCLUSIONES

Desde la observación de los resultados obtenidos a lo largo del experimento, su análisis y discusión podemos deducir las siguientes conclusiones.

Las flores encontradas en la variedad fueron exclusivamente masculinas y femeninas, dando lugar a una planta sin duda monoica.

No se observó caso alguno en el que la planta experimentara fecundación dentro de los tratamientos que carecían de polinizadores.

A causa de esto, podemos dar por concluido el experimento, aceptando que la variedad no puede producir frutos por autogamia, como es descrito por la empresa, o de ninguna otra forma que no sea a través del transporte del polen.

En cuanto al aspecto descriptivo de la variedad, con excepción de los grados Brix y la capacidad de autogamia antes mencionada, las características de la planta descritas por la compañía semillera fueron superadas con creces.

### Recomendaciones

Mantener los cultivos al alcance de polinizadores que permitan la buena fertilización de las flores hembra productoras de fruto para así alcanzar un buen rendimiento y alta calidad de fruta en el híbrido de sandía Tigrinho RZ.

## 6. LITERATURA CITADA

- Ajayi, F. A.; Dauda, S. N.; Ndor, E. Growth and yield of water melon (*Citrullus lanatus*) as affected by poultry manure application. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry 8 (4). Nigeria, 2009.
- Alvarado, P. Manual del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo* L.) InnovaChile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Chile, 2009.
- Angeles, V.; et. al. Microirrigación: elementos básicos de riego presurizado para productores. Universidad Autónoma del Estado de México. México, 2002.
- ASERCA. La Sandía, una Tradición Exportadora. Revista Claridades Agropecuarias Núm. 75. México, 1999.
- Balakrishnan, N.; Varughese, M.; Subash, P. A review on *Citrullus lanatus* Thunb. Intern Journal of Pharmaceutical Sciences Letters. Vol. 5 (3). India, 2015.
- Bertsch, F. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Costa Rica, 2005.
- Berzoza, M., Chávez, N. Producción de sandía con riego por goteo y acolchado plástico. Campo Experimental Delicias. INIFAP. Folleto para productores. Núm. 13. México, 2009.
- Bull, L. T.; Novello, A. Dosis y formas de aplicación de fósforo en ajo. Reporte de investigación reciente. Sci. Agri. 61 (5): 516-521. Brasil, 2004.

- Camacho, F.; Fernández, E. El cultivo de sandía apirena injertada, bajo invernadero, en el litoral mediterráneo español. Caja Rural de Almería. España, 2000.
- Casaca, A. El cultivo de la sandía. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. 17. Costa Rica, 2005.
- Canales, R. Guía para producir sandía bajo riego por goteo. Campo Experimental EDZNÁ. INIFAP. Folleto técnico. México, 1998.
- Canales, R.; Sánchez, J. A. Caracterización de los eslabones de la cadena e identificación de los problemas y demandas tecnológicas. Cadena Agroalimentaria de Sandía. INIFAP. Campeche, 2003.
- Cenobio-Pedro, G.; et. al. Acolchado plástico de color en sandía con riego por goteo. Terra Latinoamerica. Vol. 24, núm. 4. Chapingo. México, 2006.
- Chew, Y. Tecnologías para el control integrado de la muerte súbita en cucurbitáceas: una enfermedad emergente para melón y sandía en México. Fundación Produce Coahuila. México, 2014.
- Cuéllar, D. G.; et. al. Tipo de siembra y acolchado en el establecimiento, crecimiento, producción y calidad del melón. Ciencias Agropecuarias FAUANL. México, 1997.
- Davis, A.; Fish, W. L-citrulline levels in watermelon cultivars from three locations. Cucurbit Genetics Cooperative Report. 33-34. E.U.A., 2011.
- De la Rosa, M.; et. al. Use of photodegradable and photobiodegradable plastic mulchs in the growth of melon crop. Proceedings of the Fifteenth International Congress for Plastics in Agriculture and the Twenty-Ninth National Agricultural Plastics Congress. E.U.A., 2000.

- Delgado, R. M. y Nava C. U. Manejo integrado de plagas del melón. Memorias de I Simposio. Producción moderna de melón y de tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Torreón, Coahuila. México, 2009.
- Diaz, M. T.; Luna, I. T. Efecto de la cetosis subclínica posparto en la eficiencia reproductiva en vacas Holstein Fresian de la Comarca Lagunera. Revista Chapingo Serie Zonas Aridas. México, 2005.
- Dogterom, M. H.; Winston, M. L. y Mukai, A. Effect of pollen load size and source (self, outcross) on seed and fruit production in high-bush blueberry cv "Bluecrop" (*Baccinium corinbosum*, Ericaceae). Am. J. Bot. 87(11) Canadá, 2000.
- Egel, D. Fusarium wilt of watermelon and other cucurbits. The Plant Health Instructor. Department of Botany and Plant Pathology Purdue University. E.U.A., 2013.
- Escalona, V.; et. al. Manual del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) y melón (*Cucumis melo* L.). Nodo Hortícola. InnovaChile CORFO. Facultad de Agronómicas. Universidad de Chile. Chile, 2009.
- Espinoza, J. J.; Cano-Ríos, P.; Omna, I. Utilización de tecnologías de producción modernas para obtener ventajas de mercado: Los casos del acolchado plástico y semillas híbridas en melón en la Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Agronegocios. Vol. 12 Torreón, Coahuila. México, 2003.
- Galazka, J.; Niemirowicz-Szczyttm, K. Review of research on haploid production in cucumber and other cucurbits. Folia Horticultura 25 (1) Polish Society for Horticulture Science. Poland, 2013.

- García, A.; et. al. El mercado de la sandía en México: un estudio de caso sobre excesos de oferta y volatilidad de precios. *Región y Sociedad*. Vol. 23, Núm. 52. Hermosillo. México, 2011.
- Grageda, J. La fertilización en hortalizas. INIFAP. Campo experimental Costa de Hermosillo. México, 1999.
- Gusmini, G.; Wehner, T. Review of watermelon genetics for plant breeders. North Carolina. E.U.A., 2006.
- Hall, Charles. Watermelons as food in the 22 century. Food security and vegetables – A global perspective. Ed. Prem Nath. Iowa, E.U.A., 2004.
- Justiniano, M. A.; et. al. Sexual expression and mating system in watermelon: implications for breeding programs. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. Vol. 2, núm. 1. Brasil, 2002.
- Kumar, R. Inheritance of fruit yield and other horticulturally important traits in watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsun. & Nakai). *Horticultural Science*. E.U.A., 2009.
- Kumar, R.; Wehner, T. Natural outcrossing in watermelon – A review. Department of Horticultural Science. North Carolina State University, Raleigh. North Carolina. E.U.A., 2011.
- Mahla, H. R.; Singh, J. P.; Roy, M. M. Seed purpose watermelon in arid zone. Central Arid Zone Research Institute. ICAR. Jodhpur. India, 2014.
- Martin, E. A. Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 110 (14). E.U.A., 2013.

- Mayberry, K.; Hartz, T.; Valencia, J. Watermelon production in California. Vegetable Research And Information Center. Vegetable Production Series. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7213. Oakland, California. E.U.A., 1996.
- McCraw, D. y Montes, J. Use of plastic mulch and row covers in vegetable production. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. Oklahoma State University. E.U.A., 2000.
- McGregor, S. E. Insect pollination of cultivated crop plants. Agricultural Research Service Western Region. Tucson, Arizona, E.U.A., 1976.
- Meca, D., et. al. Ensayo de cultivares de sandía mini (*Citrullus lanatus* Thunb.) entutorada y rastrera en invernadero. Estación Experimental de la Fundación de Cajamar. Almería. España, 2007.
- Mendoza, F.; Sánchez, I. Producción de sandía con riego localizado tipo cintilla y acolchado plástico. CENID – RASPA. Folleto para productores Núm. 1. Durango. México, 2002.
- Mendoza, F.; et. al. Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 28, núm. 004. Chapingo. México, 2005.
- Montalván, E. C.; Arias, S. Manual para la producción de sandía. Programa de Diversificación Económica Rural USAID. Honduras, 2007.
- Moo, F. J.; Brito, E. E.; Cuevas, V. B. Caso de estudio de la producción y comercialización de sandía de la comunidad de Puerto Arturo, Quintana Roo. 20°

Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México. AMECIDER – CRIM, UNAM. Cuernavaca. México, 2015.

Mussen, E.; Thorp, R. Honey bee pollination of cantaloupe cucumber and watermelon. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7224. Oakland, CA. E.U.A., 1979.

Nava-Camberos, U.; Cano-Ríos, P. Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en La Comarca Lagunera, México. Agrociencia. Texcoco. México, 2000.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo. Roma, 2012.

Pashte, V. V.; Kulkarni, S. R. Role of pollinators in qualitative fruit crop production: A review. Trends in Biosciences 8 (15). Maharashtra. India, 2015.

Paredes, W. Mejoramiento genético en plantas. Universidad Nacional de San Agustín. Perú, 2007.

Pérez-González, J. L.; et. al. Productividad y rendimiento de sandía por efecto del agua en diferentes condiciones de manejo. Revista Chapingo. Serie Horticultura 9 (2). México, 2003.

Pradeepkumar, T. Characterization of M1 generation of polyploids in watermelon variety "Sugar Baby". Cucurbit Genetics Cooperative Report. 33-34. E.U.A., 2011.

Ramírez, B. Producción de melón y sandía en la Comarca Lagunera: un estudio de planeación para reducir la volatilidad de precios. Institución de Enseñanzas e

Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México, 2014.

Ramírez-Barraza, B. A.; García-Salazar, J. A.; Mora-Flores, J. S. Producción de melón y sandía en la Comarca Lagunera: un estudio de planeación para reducir la volatilidad precios. Ciencia ergo-sum. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca. México, 2015.

Reyes-Carrillo, J. L.; Cano-Ríos, P. Manual de polinización apícola. Coordinación General de Ganadería. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Programa nacional para el control de la abeja africana. Tlahualilo, Durango. México, 2000.

Reyes-Carrillo, J. L.; Cano-Ríos, P.; Nava-Camberos, U. Periodo óptimo de polinización del melón con abejas melíferas. Agricultura Técnica en México. Vol. 35 Núm. 4 México, 2009.

Rueda-Puente, E. O.; et. al. Producción de antisuero contra la mancha bacteriana del fruto (*Acidovorax avenae* pv. *Citrulli* (Schaad, Sowell, Goth, Colwell y Webb) Willems, Goor, Thielemans, Gillis, Kersters y de Ley) y su detección en el cultivo de sandía (*Citrullus vulgaris* Schrad.) en la Comarca Lagunera, México. Revista Mexicana de Fitopatología. Vol. 24, núm. 2. México, 2006.

Ruíz, J. El cultivo de la sandía en la Comarca Lagunera. Campo Agrícola Experimental de la Laguna. Matamoros, Coahuila. México, 1985.

Sabori, R.; et. al. Guía para la producción de cucurbitáceas en la costa de Hermosillo, Sonora. INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Sonora. México, 1998.

- SAGARPA. Información técnica de melón mexicano para exportación. Departamento de Análisis de Riesgos de Plagas. México, 2010.
- Sanford, M. T.; Ellis, J. Beekeeping: Watermelon Pollination. Institute of Food and Agriculture Sciences. University of Florida. E.U.A., 2010.
- SEMARNAT. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego año agrícola 1999-2000. Segundo informe estadístico. CONAGUA. D.F. México, 2000.
- SIAP-SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Avance de siembras y cosechas. México, 2013.
- Taha, E. A.; Bayoumi, Y. A. The value of honey bees (*Apis mellifera*, L.) as pollinators of summer seed watermelon (*Citrullus lanatus colothyntoides* L.) in Egypt. Acta Biologica Szegediensis. Vol. 53 (1). Kafr El-Sheikh, Egypt, 2009.
- Ufoegbune, GC, et. al. Growth and development of watermelon in response to seasonal variation of rainfall. Climatology & Weather Forecasting. Nigeria, 2014.
- Vandame, J. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture through an ecosystem approach. National Agricultural Biodiversity Programme. Lao PDR Ministry of Agriculture and Forestry. Lao. Asia, 2006.
- Woltering, L.; Fatondji, D.; Pasternak, D. Watermelon production on stored rainwater in Sahelian sandy soils. African Journal of Plant Science. Vol. 2 (12) Nigeria, 2008.
- Woodcock, T. S. Pollination in the agricultural landscape. Canadian Pollination Initiative (NSERC-CANPOLIN) University of Guelph. Canadá, 2012.

## 7. APÉNDICE

### 7.1 Resultados de Fenología y Rendimiento

**Cuadro 1A.** Análisis de varianza para la variable emergencia de la plántula en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

---

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	1	0.1666	0.1666	1	0.4226 NS
Repetición	2	1.0000	0.5000	3	0.2500 NS
Error	2	0.3333	0.1666		
Total	5	1.5000			

Coeficiente de variación: 7.4226  
NS = No significativo

**Cuadro 2A.** Análisis de varianza para la variable aparición de primera hoja en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	1	0.6666	0.6666	.57	0.5286 NS
Repetición	2	0.3333	0.1666	.14	0.8750 NS
Error	2	2.3333	1.1666		
Total	5	3.3333			

Coeficiente de variación: 6.894405  
NS = No significativo

**Cuadro 3A.** Análisis de varianza para la variable aparición de la tercera hoja en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	1	0.6666	0.6666	0.09	0.7892 NS
Repetición	2	13.000	6.5000	0.91	0.5244 NS
Error	2	14.3333	7.1666		
Total	5	28.0000			

Coeficiente de variación: 11.1544  
NS = No significativo

**Cuadro 4A.** Análisis de varianza para la variable aparición de la quinta hoja en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	1	0.6666	0.6666	0.31	0.6349 NS
Repetición	2	7.0000	3.5000	1.62	0.3824 NS
Error	2	4.3333	2.1666		

Total 5 12.0000

Coeficiente de variación: 5.0757

NS = No significativo

**Cuadro 5A.** Análisis de varianza para la variable día de aparición de flor macho en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	1	2.6666	2.6666	1.23	0.3828 NS
Repetición	2	3.0000	1.5000	0.69	0.5909 NS
Error	2	4.3333	2.1666		
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>10.0000</b>			

Coeficiente de variación: 4.0887

NS = No significativo

**Cuadro 6A.** Análisis de varianza para la variable día de aparición de flor hembra en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	1	0.0000	0.0000	0.00	1.0000 NS
Repetición	2	1.0000	0.5000	0.33	0.7500 NS
Error	2	3.0000	1.5000		
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>4.0000</b>			

Coeficiente de variación: 3.2230

NS = No significativo

**Cuadro 7A.** Análisis de varianza para la variable número de plantas en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento	1	0.0000	0.0000	0.00	1.0000 NS
Repetición	2	1.0000	0.5000	1.00	0.5000 NS
Error	2	1.0000	0.5000		

Total 5 2.0000

Coefficiente de variación: 5.8925

NS = No significativo

**Cuadro 8A.** Análisis de varianza para la variable días para amarre de fruto en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Tratamiento	1	181.50000	181.5000	0.27	0.6537 NS
Repetición	2	1121.3333	560.6666	0.84	0.5429 NS
Error	2	1332.0000	666.0000		
Total	5	2634.8333			

Coefficiente de variación: 56.3061

NS = No significativo

**Cuadro 9A.** Análisis de varianza para la variable número de sandías en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Tratamiento	1	2400.0000	2400.0000	27.91	0.0340 *
Repetición	2	49.3333	24.6666	0.29	0.7771 NS
Error	2	172.0000	86.0000		
Total	5	2621.3333			

Coefficiente de variación: 41.5236

NS = No significativo

\* = Significativo

**Cuadro 10A.** Análisis de varianza para la variable plantas por hectárea en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Tratamiento	1	0	0	.	. NS
Repetición	2	0	0	.	. NS
Error	2	0	0		
Total	5	0			

Coeficiente de variación: 0  
NS = No significativo

**Cuadro 11A.** Análisis de varianza para la variable número de fruto por hectárea en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Tratamiento	1	600000000.0	600000000.0	27.91	0.0340 *
Repetición	2	12333333.3	6166666.7	0.29	0.7771 NS
Error	2	43000000.0	21500000.0		
Total	5	655333333.3			

Coeficiente de variación: 41.5236  
NS = No significativo  
\* = Significativo

**Cuadro 12A.** Análisis de varianza para la variable rendimiento en los tratamientos de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Tratamiento	1	13800.9696	13800.9696	27.91	0.0340 *
Repetición	2	283.6866	141.8433	0.29	0.7771 NS
Error	2	989.0694	494.5347		
Total	5	15073.7256			

Coeficiente de variación: 41.5236  
NS = No significativo  
\* = Significativo

## 7.2 Resultados de Calidad

**Cuadro 1A.** Análisis de varianza para la variable peso en los resultados de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Muestra	1	1.0110	0.0110	0.04	0.8488 NS

Error	18	5.3180	0.2954
Total	19	5.3290	

Coeficiente de variación: 11.3321  
NS = No significativo

**Cuadro 2A.** Análisis de varianza para la variable diámetro polar en los resultados de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Muestra	1	0.1415	0.1445	0.11	0.7496 NS
Error	18	24.7650	1.3758		
Total	19	24.9095			

Coeficiente de variación: 5.1456  
NS = No significativo

**Cuadro 3A.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial en los resultados de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Muestra	1	0.0245	0.0245	0.06	0.8073 NS
Error	18	7.2010	0.4000		
Total	19	7.2255			

Coeficiente de variación: 3.2628  
NS = No significativo

**Cuadro 4A.** Análisis de varianza para la variable grados Brix en los resultados de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

Causa de variación	GL	Suma <sup>2</sup>	Suma media	F-Valor	Significancia
Muestra	1	0.0500	0.0500	0.06	0.8151 NS
Error	18	15.9880	0.8882		
Total	19	16.0380			

Coeficiente de variación: 10.6013  
NS = No significativo

**Cuadro 5A.** Análisis de varianza para la variable grosor de cáscara en los resultados de sandía estudiada. UAAAN-UL. 2016

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Muestra	1	0.0020	0.0020	0.02	0.8786 NS
Error	18	1.5000	0.0833		
Total	19	1.5020			

Coeficiente de variación: 26.9789  
NS = No significativo

**Cuadro 6A.** Análisis de varianza para la variable resistencia en los resultados de sandía estudiada. UAAAN-UL. 201

<b>Causa de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Suma <sup>2</sup></b>	<b>Suma media</b>	<b>F-Valor</b>	<b>Significancia</b>
Muestra	1	1.7405 00	1.7405 0	0.07	0.7999 NS
Error	18	473.5290	26.3071		
Total	19	475.2695			

Coeficiente de variación: 13.9206  
NS = No significativo

**GRACIAS**