

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EFFECTO DEL ÁCIDO GIBERÉLICO SOBRE EL CUAJE Y RENDIMIENTO DE SANDÍA PERSONAL
TESIS DE GRADO

MARVIN ARMANDO GODINEZ DE LEÓN
CARNET 21339-10

ZACAPA, NOVIEMBRE DE 2017
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS

EFFECTO DEL ÁCIDO GIBERÉLICO SOBRE EL CUAJE Y RENDIMIENTO DE SANDÍA PERSONAL
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
MARVIN ARMANDO GODINEZ DE LEÓN

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN CIENCIAS
HORTÍCOLAS

ZACAPA, NOVIEMBRE DE 2017
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. JOSÉ ÁNGEL URZÚA DUARTE

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ÁNGEL OTTONIEL CORDÓN GARCÍA
MGTR. JULIAN RAMIREZ DE ROSA
MGTR. YULMA YANILETH TOBAR SALAZAR

Zacapa, 2 de diciembre de 2017

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Marvin Armando Godínez De León, carné 21339-10, titulada: **“EFECTO DEL ÁCIDO GIBERÉLICO SOBRE EL CUAJE Y RENDIMIENTO DE SANDÍA PERSONAL”**.

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte

Colegiado No. 4181

Código URL No. 19223



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MARVIN ARMANDO GODINEZ DE LEÓN, Carnet 21339-10 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 06194-2017 de fecha 4 de noviembre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DEL ÁCIDO GIBERÉLICO SOBRE EL CUAJE Y RENDIMIENTO DE SANDÍA PERSONAL

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO EN CIENCIAS HORTÍCOLAS.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 27 días del mes de noviembre del año 2017.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por darme la vida, la sabiduría y las bendiciones que día con día se ha derramado sobre mí.

La Gloriosa Universidad Rafael Landívar, que fue parte vital de mi formación profesional y laboral.

Ing. Ángel Urzúa por asesorar todo el proceso de investigación y presentación de mi investigación.

Ing. Oscar Lima, por apoyo moral y formación de mi carrera laboral dentro de mi querida Empresa (BANDEGUA).

Ing. Oscar Fernandez, por los conocimientos que pude adquirir a lo largo de mi carrera profesional y laboral, por ese apoyo incondicional para llegar a cumplir mi tan ansiada meta de poder culminar mi ciclo universitario.

DEDICATORIA

A:

DIOS, quien me llena de bendiciones y me da la sabiduría para tomar las mejores decisiones, y ha estado con migo cuidándome todos los días de mi vida.

MIS PADRES, Armando Godínez y Zoila De León a quienes amo con todo mi corazón por haberme formado e inculcado principios y valores que me han llevado a alcanzar el éxito, y quienes me convirtieron en un hombre de bien, gracias por convertirse en mi ejemplo a seguir.

MIS HERMANOS, Melissa Godínez y Wilfredo Godínez a quienes amo y agradezco a Dios por darme la oportunidad de compartir con ellos esos momentos de alegría con ambos.

MI FAMILIA, Bisabuelos, Abuelos, tíos, primos, sobrinos, quienes contribuyeron desde el principio de mi formación moral y económicamente, quienes nunca me dieron la espalda en los momentos que más los necesite, solo me queda agradecer por creer en mí y decirles que les amo desde lo más profundo de mi corazón por cada granito de arena que aportaron para que yo pudiera formarme profesionalmente, y decirles mil gracias los llevo en mi corazón.

MIS AMIGOS, gracias por cada momento que compartimos, gracias por todo el apoyo que me brindaron en todo el proceso de formación como profesional, en especial a José Antonio De La Cruz: por todas las veces que me externaste que todo llegaba cuando tenía que llegar “gracias mi querido y eterno amigo” a Hugo Aldana, Elmer Suchite, Edwin Portillo, así a todos esos buenos amigos que siempre estuvieron con migo.

MI AMADA ESPOSA, quien ha sido el motivo de querer superarme día con día, la mujer que ha estado a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida, y que hoy puedo decir gracias mi vida por todas esas veces que supiste confortarme y alentarme y nunca perdiste la fe en mi persona.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
RESUMEN	i
1. INTRODUCCIÓN	01
2. MARCO TEÓRICO	02
2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICOA DEL CULTIVO DE SANDÍA	02
2.2 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL FRUTO	03
2.2.1 Sólidos solubles (grados brix)	03
2.2.2 Tamaño de los frutos	03
2.2.3 Frutos de primera calidad	04
2.2.4 Frutos de segunda calidad	04
2.2.5 Frutos de rechazo	04
2.3 DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DE SANDÍA TIPO PERSONAL	05
2.3.1 Clasificación botánica de la sandía tipo personal	05
2.3.2 Descripción morfológica de la planta de sandía	05
2.4 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS	08
2.4.1 Temperatura	08
2.4.2 Humedad Relativa	08
2.4.3 Suelos	08
2.5 PREPARACIÓN DEL SUELO	09
2.5.1 Drenajes	09
2.5.2 Arado	09
2.5.3 Rastreado	09
2.5.4 Surqueado	10
2.6 PLAGAS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE SANDÍA	10
2.6.1 Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	10
2.6.2 Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	11
2.6.3 Plagas de suelo	11
2.7 IMPORTANCIA DE LAS HORMONAS VEGETALES	12
2.7.1 Ácido giberélico	12

2.8 ANTECEDENTES	15
2.8.1 Antecedentes de Ácido giberélico	15
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	16
4. OBJETIVOS	18
4.1 General	18
4.2 Específico	18
5. HIPÓTESIS	19
6. METODOLOGÍA	20
6.1 LOCALIZACIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	20
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	20
6.2.1 Materiales diploides	20
6.2.2 Ácido giberélico (giberelina)	20
6.3 FACTOR ESTUDIADO	21
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	21
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	22
6.6 MODELO ESTADÍSTICO	22
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL	22
6.8 CROQUIS DE CAMPO	23
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO	23
6.10 VARIABLES DE RESPUESTA	24
6.10.1 Calidad	24
6.10.2 Rendimientos	24
6.10.3 Análisis beneficio/costo	24
6.11 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	25
6.11.1 Análisis Estadístico	25
6.11.2 Análisis económico	25
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
7.1 RENDIMIENTO TOTAL	26
7.2 NÚMERO DE FRUTOS POR M2	27
7.3 GRADOS BRUX POR FRUTO	28
7.4 CONSISTENCIA DEL FRUTO	29

7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO	30
8. CONCLUSIONES	31
9. RECOMENDACIONES	32
10. BIBLIOGRAFÍA	33
11. ANEXOS	36

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1.	Diámetro de las sandías en relación al número de sandías por caja.	04
2.	Taxonomía del cultivo de la sandía.	05
3.	Tratamientos evaluados en el cultivo de sandía.	22
4.	Análisis de varianza del rendimiento (kg/ha) de sandía tipo personal variedad Extazy con diferentes dosis de ácido giberélico.	26
5.	Análisis de varianza del número de frutos de sandía Extazy por m ² con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.	27
6.	Análisis de varianza de los grados brix en el fruto de sandía Extazy con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.	28
7.	Análisis de varianza de la consistencia del fruto de sandía con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.	29
8.	Resumen de costos de producción por hectárea de sandía tipo personal en Zacapa con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.	30

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1.	Consumo de sandía en Estados Unidos, por entidades.	02
2.	Consumo de sandía por región y población de E.E.U.U.	03
3.	Elaboración de croquis de campo.	23
4.	Rendimiento de sandía tipo personal con diferentes dosis de ácido giberélico.	26
5.	Número de frutos de sandía tipo personal por m ² con diferentes dosis de ácido giberélico.	27
6.	Concentración de grados brix en el fruto de sandía tipo personal con diferentes dosis de ácido giberélico.	28
7.	Consistencia del fruto de sandía tipo personal con diferentes dosis de ácido giberélico.	29
8.	Formación de frutos de sandía tipo personal.	36
9.	Fruto de sandía con aplicación de ácido giberélico.	36
10.	Herramientas para la medición de la consistencia del fruto.	37
11.	Instrumentos de medición en el fruto de sandía tipo personal.	37
12.	Medición del rendimiento de sandía en kilogramos.	38
13.	Medición de consistencia del fruto de sandía.	38

EFFECTO DEL ÁCIDO GIBERÉLICO SOBRE EL CUAJE Y RENDIMIENTO DE SANDÍA PERSONAL

RESUMEN

La investigación se realizó en el área de práctica agrícola dentro de las instalaciones de la universidad Rafael Landívar, departamento de Zacapa. El estudio tuvo como objetivo evaluar cinco dosis de ácido giberélico vía foliar, para determinar su efecto sobre el cuajado de frutos y rendimiento. La variedad de sandía utilizada fue Extazy tipo personal para exportación, la hormona fue aplicada directamente a la flor femenina y las dosis empleadas fueron las siguientes 0, 2000, 5000, 8000 y 12000 ppm. El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables de respuesta planteadas fueron el número de frutos por metro cuadrado, rendimiento, concentración de azúcares por fruto (grados brix) y consistencia (PSI). El análisis de los datos recopilados en campo indicó que la aplicación de 12000 ppm de ácido giberélico reportó los mejores resultados en cada una de las variables estudiadas. Por lo anterior, se recomienda el uso la hormona compuesta por ácido giberélico, con una dosis de 12000 ppm, debido a que los frutos formados mostraron características deseables que superan al testigo absoluto, lo que representa mayor beneficio económico para el agricultor al percibir Q.2,83 por cada quetzal invertido.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de sandía, es de importancia económica en distintas partes del mundo, principalmente en Centro América. La sandía personal (triploide) es uno de los frutos frescos de mayor consumo en Estados Unidos y Europa, por lo que en Guatemala los productores de este cultivo, han incrementado las áreas de producción considerablemente (Gregor, 1987).

Actualmente en el oriente de Guatemala, se ha venido desarrollando el cultivo de la sandía sin semillas tipo personal, por su buena aceptación en el mercado nacional e internacional; por tal motivo las empresas exportadoras se han dedicado a su producción, utilizando insectos polinizadores (abejas principalmente). En ocasiones no se logra la polinización adecuada, ya que la formación de flores femeninas es muy escasa o no se encuentra al alcance del polinizador, disminuyendo en el rendimiento (Saavedra, 2015).

En la zona nor-oriental se cultivan aproximadamente 12,000 hectáreas de cucurbitáceas, de las cuales el 10% corresponden a sandía tipo personal (triploides). Para obtener mejor cuaje de frutos y mayor rendimiento en la producción de sandía personal, las empresas y productores hacen uso de reguladores del crecimiento tanto naturales como sintético, que ayuden a incrementar el rendimiento y calidad del fruto.

Por lo anterior, se considera necesario investigar sobre el uso adecuado de las hormonas, entre ellas la denominada ácido giberélico al 10% (giberelina), proponiendo para ello, evaluar concentraciones de 20, 50, 80 y 120 g, debido a que la mayoría de productores desconocen su efecto en el rendimiento y su viabilidad económica.

Con esto se pretende obtener mayor cantidad de cuajes de frutos, lo que representaría un aumento en el rendimiento y calidad en la producción. La investigación se llevó a cabo en el área agrícola de la Universidad Rafael Landívar, con sede en el departamento de Zacapa.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE SANDÍA

Según Worlwide (2007), Estados Unidos de Norteamérica comercializó 313.5 billones de dólares en concepto de fruta de sandía en el año 2006; lo cual equivale a un consumo per cápita de 13 libras. En el mismo año produjo 3.8 billones de libras de sandía; siendo insuficiente para cubrir la demanda anteriormente descrita.

En ese sentido, Guatemala ocupa el segundo lugar en la demanda de importación de sandía de los Estados Unidos, después de México; identificando un aproximado de 2500 hectáreas producción por año; utilizando mano de obra, calificada como no calificada, lo que permite generar empleos, divisas y desarrollo del país (Duran, 2010).

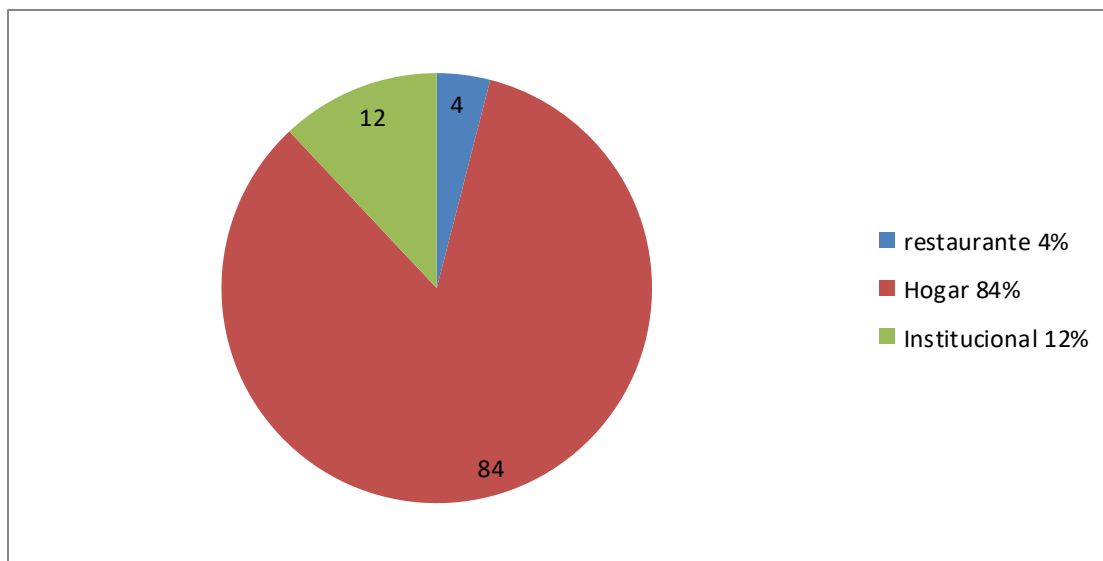


Figura 1: Consumo de sandía en Estados Unidos, por entidades (Worlwide, 2007).

En la figura 2 se observa el consumo de sandía en los Estados Unidos de Norteamérica por región; donde se puede identificar que el consumo en la parte Este del país supera considerablemente al consumo como región y a su vez como consumo per cápita a las otras.

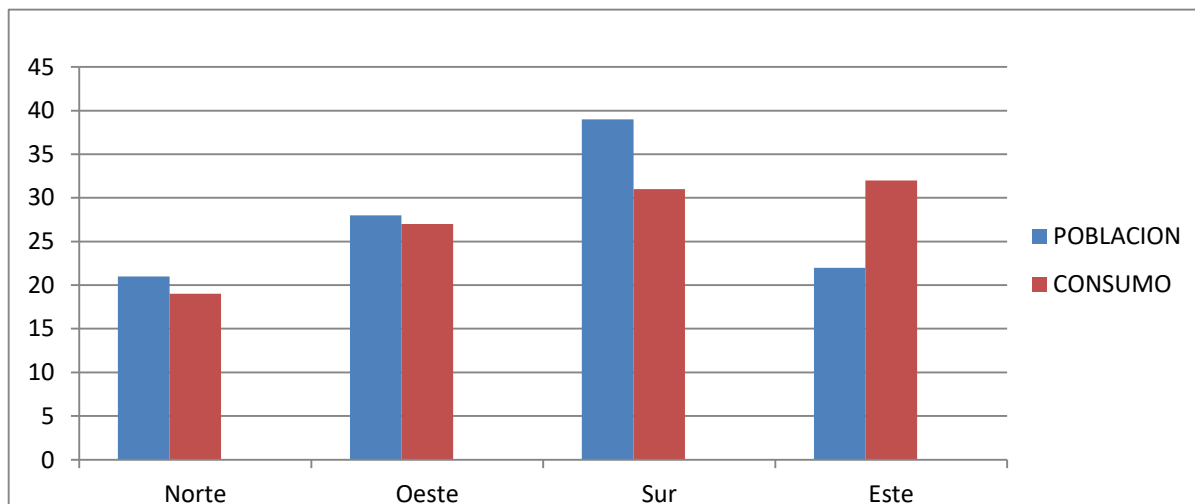


Figura 2. Consumo de sandía por región y población de E.E. U.U. (Worlwide, 2007).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL FRUTO PARA SU EXPORTACIÓN

2.2.1 Sólidos solubles (grados brix)

Los sólidos solubles o azúcares, dependen de la capacidad de la planta para producir suficientes compuestos por medio de la fotosíntesis para satisfacer sus propias necesidades metabólicas, además de un exceso para almacenar en el fruto. Los factores que limitan la producción y traslado de los azúcares hacia la fruta incluyen: reducción del área foliar, por causas de menores hojas, debido a enfermedad, ataque de insectos y daños mecánicos; así como una inadecuada densidad de siembra. Otra causa que afecta la capacidad de producir azúcares es la reducción de la fotosíntesis, debido a días nublados o fríos; deficiencia de agua en la planta o cuando se traslada humedad excesiva hacia el fruto, debido a lluvia o frecuencia de riego (Durán, 2010).

2.2.2 Tamaño de los frutos

Es un factor determinante en el rendimiento, en la sandía tipo personal el objetivo no es cosechar los frutos más grandes debido a que estos no cumplen con los de exportación para el mercado Norteamericano. Los tamaños van de 6, 8, 9, 10 y 11 sandias por caja para exportación esto dependerá del lugar de destino (Durán, 2010).

Cuadro 1. Diámetro de las sandías en relación al número de sandías por caja.

Sandías por caja de exportación	Diámetro según su tamaño en cm
6	17 – 18.5
8	15 – 17
9	14 – 15
10	13 – 14
11	12 – 13

2.2.3 Frutos de primera calidad

Para (Durán 2010), son los frutos que cumplen con los estándares de calidad, establecidos por el país importador; los estándares son los siguientes: sólidos solubles (azúcares o grados brix) siendo estos mayor de 9, libres de suciedad o manchas producidas por la tierra, libres de daños que puedan ser ocasionados por insectos, libres de cicatrices ocasionadas por el sol, poseer una cavidad cerrada (no deformes); todo esto relacionado a los tamaños anteriormente mencionados”

2.2.4 Frutos de segunda calidad

La sandía de segunda es aquella que en su estándar de calidad, tiene tolerancia a factores tales como: quemaduras producidas por el sol, o bien el contacto del plástico con la materia prima, cicatrices leves (frutos lacrados) producida por insectos la cual debe de ser menor a 20 mm de envergadura y 2 mm de profundidad (Durán, 2010).

2.2.5 Frutos de rechazo

Esta sandía es caracterizada por poseer sólidos solubles menores a los 8 grados brix, daños producidos por insectos mayores a 20 mm de largo, fruta mal formada, tamaños menores o mayores a los comercializados, producción o bien fruta que no ha alcanzado el punto idóneo de maduración (Durán, 2010).

2.3 DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO DE SANDÍA TIPO PERSONAL

Tanto Estados Unidos como en Japón investigaron para obtener frutos de sandía sin semilla procedentes de híbridos (triploides); una de las características de mayor relevancia es que la semilla de los frutos queda sin conformarse, presentando coloración blanca y en menor número (Camacho, 1998).

En Estados Unidos se han producido híbridos sin semilla. Sin embargo, se han mejorado las variedades, debido al incremento de la demanda de los consumidores, creando un rápido crecimiento de las variedades sin semilla (Elmstrom 1996).

2.3.1 Clasificación botánica de la sandía tipo personal

Cuadro 2. Taxonomía del cultivo de la sandía

Reino	Vegetal
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Dillidae
Orden	Violales
Familia	Cucurbitaceae
Género	Citrullus
Especie	Citrullus lannatus

(ITIS, 2014)

2.3.2 Descripción morfológica de la planta de sandía

a) Planta

El desarrollo de la planta comienza con un brote principal hasta completar 5-6 hojas bien formadas. A partir de ese momento se inician la brotación de segundo orden, que nacen en los nudos del tallo principal. De estos nudos nacen, a su vez, ramas de tercer orden que van conformando la planta (Marmol, 2000).

b) Raíz

Las raíces de la sandía son muy ramificadas, con posibilidades de desarrollarse en profundidad y diámetro de acuerdo con el tipo de suelo y otros factores. En suelos profundos, con buena textura y grado de fertilidad puede alcanzar hasta 0.80 m ó más de profundidad y 2 m o más de diámetro, llegando a formar un diámetro radical de aproximadamente 4 metros. Sin embargo, en suelos de poca profundidad, las raíces se sitúan, mayormente en la capa superficial (Franco, 2015).

c) Tallos

Los tallos son herbáceos (blandos y verdes), tendidos, trepadores y largos; con zarcillos caulinares, cuyo extremo puede ser bífido o trifido (según que esté hendido en dos o tres partes). El tallo es cilíndrico, asurcado longitudinalmente y muy peloso; los pelos inclinados, cortos y finos, relucen como la seda (Marmol, 2000).

d) Hojas

Peciolada, pinnado-partida, dividida en 3-5 lóbulos que a su vez se dividen en segmentos redondeados, presentando profundas entalladuras que no llegan al nervio 4 principal. El haz es suave al tacto y el envés muy áspero y con nerviaciones muy pronunciadas. El nervio principal se ramifica en nervios secundarios que se subdividen para dirigirse a los últimos segmentos de la hoja, imitando la palma de la mano (Franco, 2015).

Las hojas son pecioladas y lobuladas. El limbo o porción laminar de la hoja tiene el haz, o cara superior, muy suave al tacto, y el envés, o caída inferior, muy áspero y con las nerviaciones muy pronunciadas, destacándose perfectamente los nervios secundarios y hasta las últimas nerviaciones o nérvulos, que tienen forma de mosaico (Marmol, 2000).

f) Flores

En las axilas de las hojas nacen unas yemas que están protegidas por hojitas colocadas en forma imbricada. Estas yemas son floríferas y dan lugar a flores masculinas y femeninas. Estas últimas son las que, una vez polinizadas, darán origen al fruto, diferenciándose fácilmente unas de otras porque las femeninas poseen un ovario ínfero que se aprecia notablemente. Las flores de la sandía son de color amarillo solitarias, pedunculadas y axilares; atrayendo a los insectos por su color, aroma y néctar (flores entomógamas). La flor de la sandía puede ser masculina o estaminada y femenina o pistilada, es decir, los dos sexos coexisten en una misma planta monoica, pero en flores distintas, o sea, unisexuales monoicas (Marmol, 2000).

g) Fruto

La sandía es una baya grande con placenta carnosa y epicarpio quebradizo, generalmente liso, de color, forma y tamaño variables, esférico, ovalado más o menos largo y que puede llegar a los 20 kg de peso. No obstante, los tamaños más frecuentes oscilan entre 6-8 kg de peso (medianos). Los de peso superior a 12 kg (muy voluminosos) son poco comerciales. Pulpa más o menos dulce y color que va del rosa claro al rojo intenso. En su interior se encuentran gran número de semillas y un porcentaje de agua entre el 90% y 95%. La piel, como se decía antes, presenta diferentes colores según la variedad cultivada, generalmente, de color verde claro a verde muy oscuro y reticulado, igualmente, más o menos oscuro (Duran, 2010).

h) Semilla

Son generalmente de forma elipsoidal siendo más finas del lado del hilo, con superficie lisa, áspera y color variado (castaño oscuro o claro, negro, blanco, etc.). La madurez fisiológica de las semillas se obtiene a los 10-15 días después de la maduración de la parte comestible del fruto (pulpa). El sacarlas antes o después de este tiempo disminuye su facultad germinativa (Valdez, 1991)

2.4 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMATICOS

2.4.1 Temperatura

El desarrollo óptimo lo alcanza a altas temperaturas, temperaturas promedio mayores a 21°C con óptimas de 35°C y máxima de 40.6°C. Cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche son de 20- 30°C, se originan desequilibrios en las plantas: en algunos casos se abre el cuello y los tallos y el polen producido no es viable (Saavedra, 2015).

2.4.2 Humedad Relativa

La humedad relativa óptima para la sandía se sitúa entre 60 % y el 80 %, siendo un factor determinante durante la floración y requiere alrededor de 10 horas luz al día (Dicta, 2005).

2.4.3 Suelos

Un suelo óptimo debe poseer un buen drenaje para el desarrollo del cultivo y por ende evitar el estrés hídrico. 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. Se debe evitar cultivar sandia en la misma área todos los años. La sandía tiene un óptimo desarrollo en pH desde 5.0 a 6.8 (tolera suelos ácidos y al mismo tiempo se adapta a suelos débilmente alcalinos. Suelos de textura franca con alto contenido de materia orgánica son los más apropiados para el desarrollo de este cultivo (Dicta, 2005).

La sandía es sensible a temperaturas menores de 7°C, ya que pierde su sabor y pueden aparecer huecos en la pulpa, la vida útil de anaqueles es de 14 a 21 días, en condiciones óptimas. La sandía almacenada a temperaturas de 7 a 10 °C por tres semanas, puede mejorar su sabor y colorido (Gregor, 1987).

2.5 PREPARACIÓN DEL SUELO

Para lograr una buena cosecha es necesario realizar una preparación del suelo, se deben destruir las malezas y residuos de cosechas anteriores que puedan encontrarse en el área de siembra, de esta manera se eliminan plagas y hospederos de patógenos que atacan el cultivo. Con la roturación del suelo, éste se acondiciona para facilitar la germinación de la semilla y el posterior desarrollo de la planta. Antes de preparar el área de cultivo se debe conocer la profundidad de la capa arable del terreno. En suelos pocos profundos se deben efectuar las labores de manera superficial, en ocasiones es preferible rastrillarlos en vez de ararlos (Aldana, 2015).

2.5.1 Drenajes

Son necesarios en los suelos mal drenados que no pueden prepararse adecuadamente. Los suelos bien drenados permiten la circulación del aire, el cual es necesario para las plantas, micro flora y micro fauna benéficas mejorando su desarrollo, es indispensable reconocer que un buen drenaje permite reducir el estrés hídrico (Cordon, 2015).

2.5.2 Arado

Los suelos deben prepararse 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 cm. Cuando la siembra se hace con riego por gravedad la aradura deberá hacerse en la dirección que correrá el agua de riego (Dicta, 2005).

2.5.3 Rastreado

Se realiza después del arado; la condición del suelo determina la clase de implemento que debe utilizarse; 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 un factor determinante para la eficiencia de los implementos a utilizar (Coronado, 2015).

2.5.4 Surqueado

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 5 a 6, luego a los 4 días la humedad sube por capilaridad hasta un nivel de 10 a 12 cm de profundidad. Las camas altas o bancos se hacen de 15 a 28 cm de alto y de 2 m. de centro a centro (Dicta, 2005).

2.6 PLAGAS QUE AFECTAN AL CULTIVO DE SANDÍA

2.6.1 Araña roja (*Tetranychus urticae*)

Se presenta en el envés de las hojas causando decoloraciones, punteaduras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso defoliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos de la planta. Las temperaturas elevadas y la baja humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga (Cenida, 2015).

a) Métodos preventivos y técnicas culturales

- Desinfección de suelo previo a la plantación en parcelas con historial de araña roja.
- Eliminación de malas hierbas y restos de cultivo.
- Evitar los excesos de nitrógeno.
- Vigilancia de los cultivos durante las primeras fases del desarrollo (Cenida, 2015).

b) Control biológico

Mediante enemigos naturales principales especies depredadoras de huevos, larvas y adultos de araña roja (*Amblyseius californicus*, *Phytoseiulus persimilis*, *Feltiella acarisuga*) (Cenida, 2015).

c) Control químico

Será necesario monitorear por lo menos tres veces por semana, con el propósito de identificar a tiempo plagas o enfermedades; como también para detectar la calidad de las aplicaciones y la efectividad de los productos. Con los monitoreos lograremos también, utilizar el plaguicida específico y las dosificaciones adecuadas para un mejor control. Otro factor importante que puede influir en la calidad de una aplicación, es conocer el PH del agua que se utiliza para asperjar (usar reguladores de pH) (Cenida, 2015).

2.6.2 Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Las partes jóvenes de las plantas son colonizadas por los adultos, realizando las puestas en el envés de las hojas. De éstas emergen las primeras larvas, que son móviles. Tras fijarse en la planta pasan por tres estadios larvarios y uno de pupa, este último característico de cada especie. Los daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la proliferación de neegrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y depreciando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas. Otros daños indirectos se producen por la transmisión de virus (*Trialeurodes vaporariorun*) provocando amarillamiento en cucurbitáceas (Cenida, 2015).

2.6.3 Plagas de suelo

Gallina Ciega *Phyllophaga* sp., Gusano cortador *Agrotis* sp. Se alimentan de las raíces de las plantas y pueden destruir completamente el sistema radicular; a excepción de los gusanos cortadores que causan el daño a nivel del suelo, cortando el tallo de la planta; como control cultural, se recomienda la destrucción de malezas y/o laboreo algunas semanas antes de sembrar. Como control químico se pueden utilizar insecticidas granulados antes o en la postura al momento de la siembra (Cenida, 2015).

2.7 IMPORTANCIA DE LAS HORMONAS VEGETALES

Las hormonas vegetales son sustancias orgánicas que se encuentran a muy baja concentración, se sintetizan en determinado lugar de la planta y se translocan a otro, que es donde ejercen sus efectos reguladores; pero todavía no se conoce el mecanismo preciso mediante el cual funcionan (Lluna Duval, 2006).

Se han logrado identificar cinco grupos de reguladores de crecimiento, tanto naturales como sintéticos, de acuerdo a las diferencias en sus estructuras y efectos: 1) auxinas, 2) giberelinas, 3) citocininas, 4) etileno, e 5) inhibidores. Siendo las tres primeras hormonas estimuladoras y las dos restantes hormonas inhibidoras.

Los procesos de elongación celular (auxinas y giberelinas), división celular (giberelinas y citocininas) y desarrollo vegetativo; se caracterizan por un predominio de estimuladores. Los procesos de maduración, detención del crecimiento, senescencia y abscisión, por una preponderancia de inhibidores del crecimiento (Pérez, 1994).

Existen numerosas sustancias sintéticas que pueden ser análogas o no en estructura química a las cuales suelen presentar una actividad biológica muy similar a ciertas hormonas vegetales. Se concederán reguladores de crecimiento a los compuestos orgánicos, naturales o sintéticos, que modifiquen o inhiban en cierta cantidad el crecimiento o desarrollo de la planta, siempre que lo haga de manera similar a como actúan las hormonas vegetales (Lluna Duval, 2006).

2.7.1 Ácido giberélico

a) Giberelina

Actualmente hay más de 90 giberelinas aisladas de tejidos vegetales, que han sido identificadas químicamente. Varían en estructura y también en actividad. La mejor conocida del grupo es la GA3 (ácido giberélico), producida por el hongo *Giberella fujikuroi*, cuya actividad fue descubierta por Kurosawa (Lluna Duval, 2006).

Las giberelinas son un grupo de sustancias reguladoras que fueron descubiertas en la década de 1930 a partir de estudios realizados con plantas de arroz en Japón. Estas plantas enfermas se caracterizaban por una excesiva elongación del tallo, lo que les impedía sostenerse por sí misma. Esta enfermedad era causada por el hongo *Gibberella fujikuroi* (estado asexual de *Fusarium moniliforme*) (Cabrera Vásquez, 1999).

Las giberelinas son todos ácidos carboxílicos diterpenoides tetracíclicos, se las denomina ácidos giberélicos y se las representa como GAs, distinguiéndose una de otra por un subíndice: GA13, GA 20, GA 52, etc. Hasta hoy se han caracterizado unas 125 giberelinas. Todas tienen 19 o 20 átomos de carbono agrupados en sistemas de 4 o 5 anillos. Las de 20 carbonos son las que tienen mayor actividad; las de 19 carbonos surgen cuando las de 20 pierden un carbono, y llevan un anillo de g - lactona.

Una planta puede producir varias giberelinas, aunque no todas ellas sean activas. Se forman en ápices de tallos y raíces, en hojas jóvenes, partes florales, semillas inmaduras, embriones en germinación. En general las partes vegetativas contienen menos GA que las partes reproductivas, así las semillas inmaduras son ricas en GAs, aunque dichos niveles disminuyen a medida que éstas maduran (Soberón, 2012).

b) Transporte

Por el floema junto con los productos de la fotosíntesis y también por el xilema probablemente por desplazamiento radial desde el floema al xilema. Generalmente se movilizan a tejidos jóvenes en crecimiento tales como puntas de tallos y raíces y hojas inmaduras. No exhiben una polaridad en el transporte como en el caso de las auxinas.

Según Soberón (2012), las giberelinas localizadas en las hojas se desplazan junto con los productos de la fotosíntesis en el floema, aunque también puede haber transporte en el xilema probablemente por desplazamiento radial desde el floema al xilema.

c) Productos químicos utilizados

Se formula como un polvo soluble en las formulaciones de 10%, 20% y 90%. El ingrediente activo (ácido giberélico) es una hormona respetuoso del medio ambiente, se encuentra naturalmente en las plantas. La función principal de BIOGIBB es promover el crecimiento y el alargamiento de las células y ayuda a las plantas a crecer, mejora la floración y producción de frutos. Los efectos sobre el desarrollo de la planta de son:

- ✓ Aumenta la tasa de germinación de semillas.
- ✓ Estimula el crecimiento rápido del tallo y follaje de las plantas.
- ✓ Puede producir etapas de floración y fructificación uniformes en las plantas.
- ✓ Estimula las células de germinación de semillas. Activa la germinación de las semillas que de otro modo permanecerían latentes.
- ✓ Supera la latencia y causar una germinación rápida de las semillas.
- ✓ Induce a la floración prematura.
- ✓ Aumento de producción de frutos.
- ✓ Protege contra el efecto de heladas en los árboles frutales en plena flor o cuando las flores empiezan a marchitarse.
- ✓ Mejora la formación de raíces.
- ✓ Es seguro para el operador, los animales domésticos, medio ambiente, etc.
- ✓ Tiene poco o ningún efecto sobre los seres humanos, la vida silvestre, polinizadores, y los insectos beneficiosos.
- ✓ El ingrediente activo (ácido giberélico) de BIOGIBB es una hormona de planta producido naturalmente por la fermentación del hongo *Gibberella fujikuroi*.
- ✓ Es rápidamente biodegradable en el medio ambiente.

2.8 ANTECEDENTES

2.8.1 Antecedentes de Ácido giberélico

Según el departamento de investigación de la empresa Agromundial S.A, para realizar la cosecha de sandía de la variedad tipo Extazy, es necesaria la aplicación de la hormona denominada ácido giberélico, la cual promueve el crecimiento de la planta, formación y cuaje de fruto, además disminuir los efectos negativos que provoca la temperatura, en el desarrollo del cultivo (Saavedra, 2015).

León (2015) realizó una evaluación de ácidos giberélico y naftalenacético, por diferentes métodos de aplicación, determinando que la utilización de estimulantes de crecimiento aumenta considerablemente el rendimiento del cultivo, por la aceleración de la multiplicación celular, que se da en los frutos. Según los datos estadísticos de la investigación, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, pero analizando las pruebas de medias de esta variable se determinó que el tratamiento cuatro obtuvo un rendimiento de 116,719.20 kg/ha. El cual fue el más alto entre todos los tratamientos (Franco, 2015).

Pérez (2014) evaluó el efecto de cinco métodos de desmane y dos dosis de ácido giberélico al 4% (160 mg/L y 288 mg/L) en racimos de banano. Determinando que, el tratamiento que presentó un mayor rendimiento en cuanto a peso neto y mejor ingreso neto fue el tratamiento falsa más cuatro con 160 mg/L de ácido giberélico (AG3), por lo que se recomienda la implementación del mismo. Sin embargo la mala utilización de hormonas de crecimiento ha contribuido en que el porcentaje de frutas de rechazo por malformaciones alcance un 11%; debido a que los productores desconocen la metodología de aplicación adecuada para obtener los resultados esperados en la aplicación de dichos productos. (Tomando en cuenta la edad del cultivo, el tipo de hormona y la concentración a utilizar). Lo que repercute directamente en la rentabilidad de la empresa por el descenso de la cantidad de frutos vendidos cumpliendo las especificaciones de calidad que exige el mercado (Ramirez, 2012).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El cultivo de sandía *Citrullus lannatus* es de importancia económica en distintas partes del mundo, como Estados Unidos, México, y especialmente en Centro América, Sin embargo, para su producción se necesario el uso de tecnología como: polinización, uso de fertilizantes, controles fitosanitarios y especialmente la aplicación de hormonas, sobre éste último, se considera necesario investigar su efecto en sandía tipo personal sobre el uso adecuado de ácido giberélico en variedades triploides.

El cultivo de sandía (triploide) es uno de los frutos frescos de mayor consumo en Estados Unidos y Europa, debido a esto en Guatemala los productores de cultivares sin semilla han incrementado las áreas de producción considerablemente, ya que es un cultivo relativamente nuevo en la región oriental.

En la actualidad en el valle del Motagua aproximadamente 12,000 ha son destinadas para el cultivo de melón y sandía, de la cual el 50% está destinado para la producción de sandía, y de estos un 10% a un 20% son destinados para la producción de sandías tipo personal, dicha sandía no tiene una demanda considerable a nivel nacional. Sin embargo, a nivel internacional posee una demanda muy alta. Cabe mencionar que, el rendimiento óptimo de la sandía tipo personal es de 2300 cajas/ha/año. No obstante, el rendimiento actual ha sido de 1800 cajas/ha/año. Debido a la falta de rendimiento y calidad, se ha ocasionado una disminución en la producción y exportación a tal grado que no se cubren la demanda del mercado.

En la actualidad se ha venido desarrollando el cultivo de la sandía sin semillas tipo personal, ya que ha sido de buena aceptación en el mercado extranjero; por tal motivo las empresas exportadoras se han dedicado a la producción de dicho cultivo, pero por ser necesario el empleo de insectos polinizadores (abejas principalmente), para transportar el polen desde la flor masculina a la femenina. En ocasiones no se logra la polinización adecuada, ya que la formación de flores femeninas es muy escasa o no se encuentra al alcance del polinizador, lo que provoca una disminución en el rendimiento.

Este tipo de sandía tipo personal, es relativamente nuevo en el país, con alrededor de 5 a 6 años de estar siendo utilizado para fines de exportación y durante este tiempo se han presentado diversos problemas principalmente el cuajado de frutos, por la susceptibilidad a cambios de temperatura y por ende la calidad del fruto y rendimientos caja/ha/año.

Con esta investigación se pretende evaluar el ácido giberélico con el objetivo de estimular la floración, y mejorar el cuajado de frutos, ya que de allí depende el rendimiento del cultivo. Considerando que el rendimiento óptimo de cuajado por metro lineal es de 3.5 frutos y por factores adversos antes mencionados en el valle de Zacapa ha disminuido a 2.5 frutos cuajados por metro lineal. Además, con la utilización de esta hormona, se podría retardar la caída de las hojas y el envejecimiento de la planta, ya que se inducen a la diferenciación celular y formación de nuevos tejidos.

Con el objetivo de disminuir el aborto de flor y obtener mejor cuaje de frutos y mayor rendimiento en la producción de sandía personal, las empresas y productores individuales se ha venido implementando el uso de reguladores del crecimiento tanto naturales como sintéticos. Por lo que al evaluar 4 dosis de ácido giberélico en el cultivo de sandía personal, se pretende obtener mayor cantidad de cuajes de frutos, obteniendo un aumento en el rendimiento y calidad de la producción.

Por lo cual, se realizó la presente investigación para contribuir a mejorar el rendimiento y calidad de los frutos de sandía tipo personal, ya que con la ayuda de hormonas reguladoras de crecimiento se optimizaron los resultados en cuanto a: rendimiento en kg/ha, número de frutos por metro cuadrado, calidad del fruto (grados brix y consistencia).

4. OBJETIVOS

4.1 General

- Evaluar el efecto de la aplicación de ácido giberélico sobre la calidad y rendimiento del cultivo de sandía personal, en el valle del Motagua, Zacapa.

4.2 Específico

- Determinar el efecto de las dosis de ácido giberélico sobre el rendimiento del cultivo de sandía personal (kg/ha).
- Evaluar el efecto de las dosis de ácido giberélico en la calidad del fruto (consistencia y grados brix) en el cultivo de sandía personal.
- Realizar el análisis beneficio/costo de la aplicación de ácido giberélico sobre el cultivo de sandía tipo personal en el valle del Motagua, Zacapa.

5. HIPÓTESIS

Al menos uno de las dosis de ácido giberélico mostrará diferencias significativas en el rendimiento de sandía tipo personal.

Al menos uno de las dosis de ácido giberélico mostrará diferencias significativas en el número de frutos por metro cuadrado en el cultivo de sandía tipo personal.

Al menos uno de las dosis de ácido giberélico mostrará diferencias significativas en la calidad del fruto (consistencia y grados brix) en el cultivo de sandía tipo personal.

Al menos un tratamiento presentará diferencias en relación al beneficio costo de la sandía tipo personal.

6. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en el municipio de Zacapa del departamento de Zacapa, ubicado a 161 km de la ciudad capital de Guatemala, en las instalaciones del área agrícola del campus San Luis Gonzaga, Rafael Landívar, el cual se encuentra a 3.4 km de la cabecera departamental de Zacapa. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: 14°59'24.5436" de Latitud Norte, y 89°32'5.0856" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

La variedad de sandía que se utilizó fue la variedad Extazy (triploide). Según Seeds (2006) la variedad Extazy es un híbrido triploide el cual tiene un excelente sabor, rendimiento óptimo de frutos de buena calidad, su forma es globosa, y la corteza con una coloración verde intenso con estrías de color verde oscuro, la pulpa es de color rojo brillante, el peso va de 2 a 3 kg/fruto, esta variedad no posee semilla, el ciclo de vida es de un aproximado de 67 días después del trasplante.

6.2.1 Materiales diploides

Se utilizan con la finalidad de proporcionar a la planta el polen necesario para fecundar las flores femeninas de los híbridos triploides que son altamente estériles. El material polinizador debe de tener ciertas características externas que lo difieran de la otra variedad para evitar confusiones al momento de ser cosechada, de los materiales diploides el que tiene más demanda por sus altas cantidades de polen viable es el híbrido Mickey lee (Duran, 2010).

6.2.2 Ácido giberélico (giberelina)

Es una hormona fitoreguladora de crecimiento, que actúa en el proceso de germinación promoviendo el crecimiento en el embrión de una semilla. El embrión libera la giberelina y esta viaja hasta la región del endospermo de la semilla. Luego permite la inducción enzimática de la amilasa, haciendo que el almidón se desintegre hasta convertirse en azúcar que usará el embrión. Posteriormente se emplea el azúcar para sintetizar las proteínas de la planta y terminar con el estado de inactividad.

6.3 FACTOR ESTUDIADO

Se estudió un solo factor, siendo en este caso las dosis de 2000, 5000, 8000 y 12000 ppm de ácido giberélico, para lo cual se utilizó giberelina a una concentración de 10%.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Las dosis evaluadas de ácido giberélico fueron planteadas con base a la revisión de antecedentes usados en campo. Según la experiencia del gerente de campo de una melonera reconocida, se ha utilizado un rango que varía entre 6000 a 12000 ppm sin haber logrado definir la dosis adecuada.

Según las instrucciones de aplicación del producto, se recomienda aplicar de 2000 a 5000 ppm por lo que se utilizaron las dosis de 2000, 5000, 8000, y 12000 ppm. Considerando que estas dosis se encuentran en la media de las aplicaciones recomendadas para el producto (BIOGIB) y estrechamente relacionadas con las aplicaciones realizadas por empresas que se dedica a la producción y exportación de frutas frescas a países como: Estados Unidos, México y Europa (Saavedra, 2015).

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el cultivo de sandía, Zacapa 2015.

Tratamiento	Nombre comercial	Ingrediente Activo	Dosis/ha	
1	Biogib 10 PS	Giberelina	20 g	2000 ppm
2	Biogib 10 PS	Giberelina	50 g	5000 ppm
3	Biogib 10 PS	Giberelina	80 g	8000 ppm
4	Biogib 10 PS	Giberelina	120 g	12000 ppm
5	Testigo absoluto	-----		

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, para evaluar cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado es el siguiente: $Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \sum_{ij}$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de la ij-ésima unidad experimental,

μ = Efecto de la media general,

β_j = Efecto del j-ésimo bloque,

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento,

\sum_{ij} = Error experimental en ij-ésima unidad experimental (Alvizures, 2007).

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por tres camas de 1.8 m entre surco, es decir 5.4 m de ancho por 3.5 m de largo, formando una área de 18.9 m² por tratamiento. Se utilizó un distanciamiento de 0.50 m entre planta y 1.80 m entre surco, en la parcela neta se establecieron 39 plantas en un área de 5.4 metros cuadrados con un área bruta de 432 metros cuadrados siendo un total de 420 plantas.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

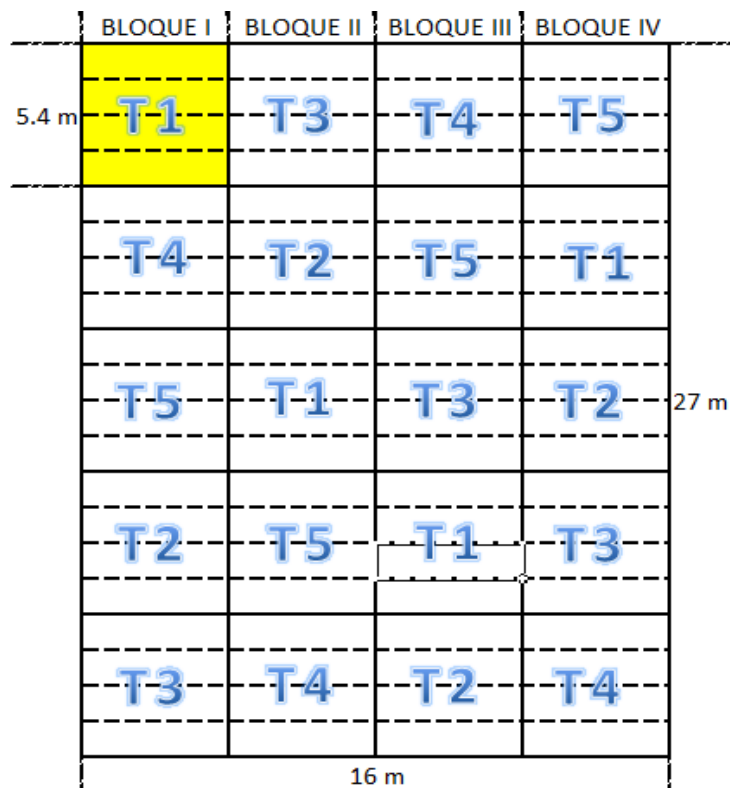


Figura 3. Elaboración de croquis de campo.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

El trasplante se realizó en las mesas de siembra cuando los pilones tenían 18 días de edad, colocándolos con una relación 4 a 1, es decir; cuatro plantas triploides y una diploide o polinizadora. La aplicación de la hormona ácido giberélico se hizo en la planta a los 27 y 45 días después del trasplante, dejando al testigo absoluto sin aplicación. La fertilización se hizo a través del riego, aplicando 150 kg/ha de nitrógeno, 90 kg/ha de fósforo y 150 kg/ha de potasio, el control fitosanitario fue el mismo para todo el experimento. Se asperjó el ácido giberélico directamente a la flor femenina con atomizador de 1 litro, para que la aplicación sea más efectiva. El conteo para determinar la cantidad de frutos por m², se realizó a los 50 días después del trasplante y también se hizo un segundo conteo a los 60 días, ya que a esta edad los frutos están mejor definidos en cuanto a tamaño.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTA

6.10.1 Calidad

Para determinar la calidad de los frutos se tomaron en cuenta dos aspectos importantes: sólidos solubles (grados brix) y consistencia.

a) Sólidos solubles (grados brix)

Para determinar la cantidad de azúcares o grados brix en el cultivo de sandía personal se utilizó un refractómetro, de la forma siguiente: se cortó un pedazo de pulpa del mesocarpio hasta la cavidad central, para exprimir el jugo en el cristal del refractómetro para determinar la cantidad de sólidos solubles, se debe de tomar en cuenta que para frutas de exportación el mínimo es 9 grados brix.

b) Consistencia

La consistencia de los frutos se determinó a través de un aparato llamado penetrómetro, esto sirvió para medir las libras de pulgada cuadrada de presión (PSI) necesarias para romper o penetrar el fruto.

6.10.2 Rendimientos

El rendimiento del cultivo de sandía se determinó en kg/ha, sumando los pesos del número total de frutos obtenidos en la producción.

6.10.3 Análisis beneficio/costo

Este análisis se realizó con el objetivo de determinar cuál de las dosis a evaluadas presenta ventajas significativas en cuanto a beneficio económico para el agricultor.

6.11 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis Estadístico

Se hizo mediante el análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos, si existiera diferencia significativa se procederá a realizar la prueba de medias de Tukey ($p=0.05$).

6.11.2 Análisis económico

Para determinar el análisis económico se empleó la relación beneficio/costo, la cual se determina obteniendo un cociente, dividiendo el valor actual de los ingresos netos o beneficios netos (VAI) entre el valor actual de los costos de inversión (VAC).

Fórmula beneficio costo:

$$\mathbf{B/C = VPi / VPe}$$

Donde:

VPi= Valor presente de los ingresos

VPe= Valor presente de los egresos

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 RENDIMIENTO TOTAL

El análisis de varianza del cuadro 4 muestra que existen diferencias altamente significativas entre las concentraciones de ácido giberélico en el cultivo de sandía tipo personal. Por lo que se acepta la hipótesis alternativa, donde se indica que al menos una de las concentraciones mostrará diferencias en el rendimiento.

Cuadro 4. Análisis de varianza del rendimiento (kg/ha) de sandía tipo personal variedad Extazy con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

F. de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	F ₀₅	F ₀₁	Pr>F
Bloques	3	135330578,512	45110192,84	1,36	3,49	5,95	ns
Dosis	4	7545454545,45	1886363636,36	57,06	3,26	5,41	**
Error	12	396694214,876	33057851,24				
Total	19	8077479338,84	425130491,52				
% C.V.		6,67					

La figura 4 muestra los resultados de rendimiento obtenidos por cada concentración evaluada, observando que la aplicación de 12000 ppm presentó mayor cantidad de kg/ha de frutos de sandía. Según Franco (2015) la hormona giberalina al 4,5% cuantificó 102000 kg/ha, sin embargo, su aplicación al 10% favoreció el incremento del rendimiento.

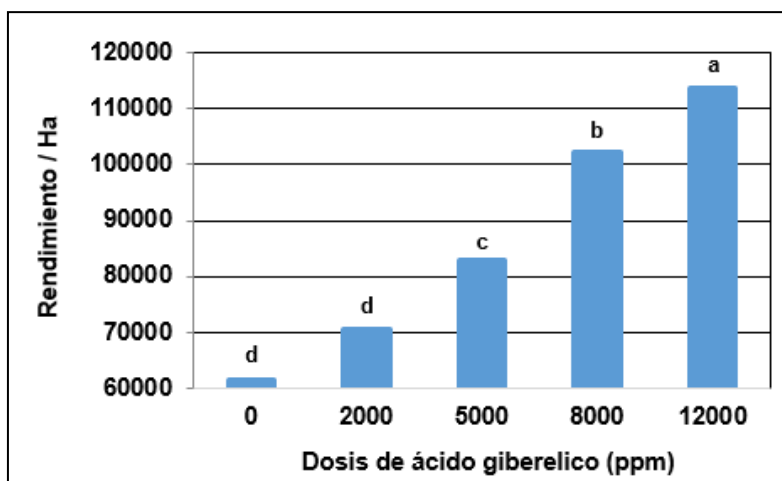


Figura 4. Rendimiento de sandía tipo personal con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

7.2 NÚMERO DE FRUTOS POR M²

El análisis de varianza del cuadro 5 indico que existen diferencias significativas entre las concentraciones de ácido giberélico sobre el número de frutos de sandía tipo personal por metro cuadrado. Se acepta la hipótesis alternativa ya que al menos una de las concentraciones mostró diferencias en el número de frutos por metro cuadrado.

Cuadro 5. Análisis de varianza del número de frutos de sandía Extazy por m² con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

F. de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	F ₀₅	F ₀₁	Pr>F
Bloques	3	0,400	0,13	0,62	3,49	5,95	NS
Dosis	4	5,00	1,25	5,77	3,26	5,41	**
Error	12	2,600	0,22				
Total	19	8,00	0,42				
% C.V.		15,52					

Seguidamente al análisis de varianza, se realizó la prueba de tukey con un intervalo de confianza del 95%. Observando en la figura 5 que la planta de sandía tipo personal desarrollo más frutos por m² con la dosis de 12000 ppm de ácido giberélico, por lo que se interpretó que el uso de dicha hormona estímulo a la planta para su mejor desarrollo y rendimiento.

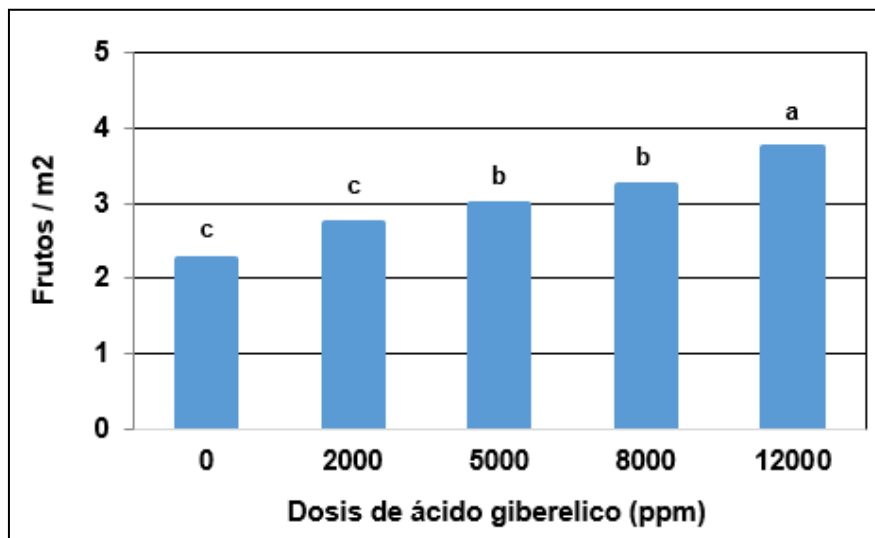


Figura 5. Número de frutos de sandía tipo personal por m² con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

7.3 GRADOS BRIX POR FRUTO

El análisis de varianza del cuadro 6 indica que existen diferencias significativas entre las concentraciones de ácido giberélico con relación a los grados brix en el fruto de sandía. Por lo que se acepta la hipótesis alternativa porque al menos una de las concentraciones mostró diferencias en la cantidad de grados brix.

Cuadro 6. Análisis de varianza de los grados brix en el fruto de sandía Extazy con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

F. de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	F ₀₅	F ₀₁	F>P
Bloques	3	0,025	0,01	0,08	3,49	5,95	ns
Dosis	4	11,67	2,92	26,18	3,26	5,41	**
Error	12	1,337	0,11				
Total	19	13,03	0,69				
% C.V.	3,88						

Con base a la prueba de Tukey con un intervalo de confianza del 95% se muestra en la figura 6 que la dosis de 12000 ppm reportó la mayor cantidad de grados brix en el fruto de sandía. Según Franco (2015) con una concentración de hormona de ácido giberélico al 4,5% se obtiene entre 10 y 11 grado, sin embargo al utilizar una concentración al 10% se reportaron niveles entre 8 y 10 grados brix en el fruto de sandía.

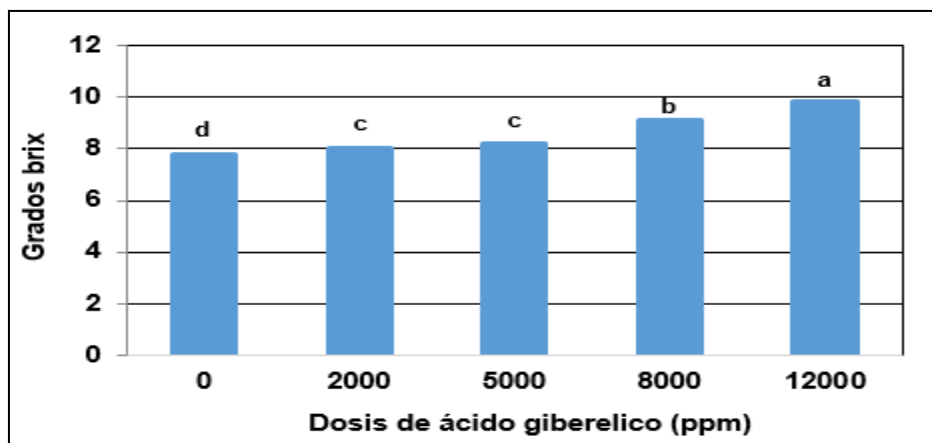


Figura 6. Concentración de grados brix en el fruto de sandía tipo personal con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

7.4 CONSISTENCIA DEL FRUTO

El análisis de varianza del cuadro 7 muestra que existen diferencias significativas entre las dosis de ácido giberélico con relación a la consistencia del fruto. Según Franco (2015) el fruto de sandía muestra una consistencia de

Cuadro 7. Análisis de varianza de la consistencia del fruto de sandía con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

F. de variación	G.L	S.C.	C.M.	Fc	F05	F01	Pr>F
Bloques	3	0,177	0,06	0,93	3,49	5,95	NS
Dosis	4	5,90	1,47	23,13	3,26	5,41	**
Error	12	0,764	0,06				
Total	19	6,84	0,36				
% C.V.	11,73						

Según la agrupación de la prueba de medias por Tukey, que se observa en la figura 7 indica que los resultados de PSI fueron más significativos utilizando la dosis de 12000 ppm de ácido giberélico. Por lo anterior se interpretó que el uso de dicha hormona mejora la calidad del fruto, los cuales mostraron mayor consistencia a medida que se incrementaba la dosis de aplicación.

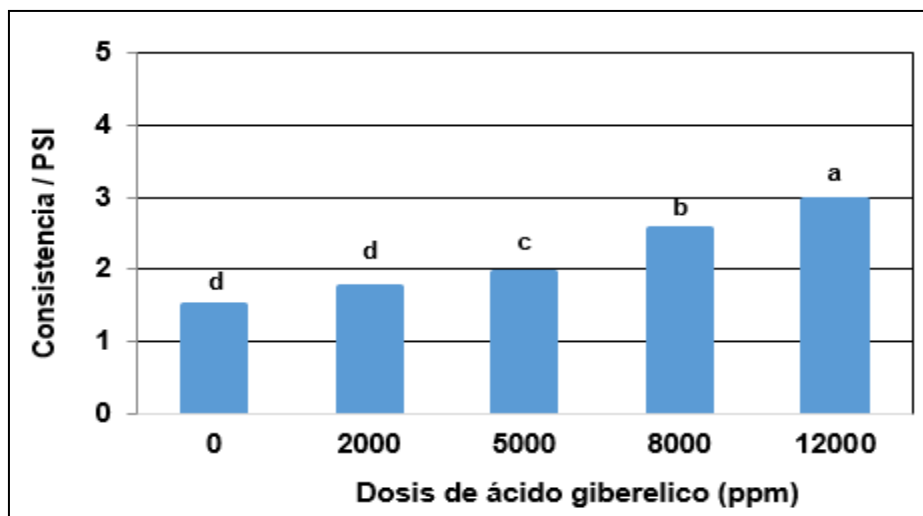


Figura 7. Consistencia del fruto de sandía tipo personal con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

A continuación se presentan los costos de manejo y producción en campo definitivo de sandía triploide tipo personal Extazy, con cinco dosis de ácido giberélico, el cual se describe de la manera siguiente:

Cuadro 8. Resumen de costos de producción por hectárea de sandía tipo personal en Zacapa con diferentes dosis de ácido giberélico, Zacapa 2017.

CONCEPTO	0 g	20 g	50 g	80 g	120 g
MANO DE OBRA (Q.)	7100	7400	7850	8100	8600
Preparación del terreno	1500	1500	1500	1500	1500
Siembra	500	500	500	500	500
Fertilización	800	800	800	800	800
Control de plagas	800	800	800	800	800
Control de enfermedades	1200	1200	1200	1200	1200
Control de malezas	600	600	600	600	600
Riego	700	700	700	700	700
Cosecha	1000	1300	1750	2000	2500
INSUMOS (Q.)	8800	8835	8890	8940	9000
Pilones	3000	3000	3000	3000	3000
Fertilizantes	800	800	800	800	800
Fungicidas/bactericidas	2000	2000	2000	2000	2000
Insecticidas	2500	2500	2500	2500	2500
Colmenas	500	500	500	500	500
Foliares (hormonas)	0	35	90	140	200
COSTOS TOTALES (Q.)	15900	16235	16740	17040	17600
RENDIMIENTO (kg/ha)	61364	70455	82955	102273	113636
INGRESO VENTAS (0,75 Q/kg)	46022,73	52840,91	62215,91	76704,55	85227,27
INGRESO NETO (Q.)	30122,73	36605,91	45475,91	59664,55	67627,27
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	1,89	2,25	2,72	3,50	3,84

Con base al análisis económico del cuadro 8, se determinó que el tratamiento que ofrece mayor beneficio al agricultor es la concentración de 12000 ppm de ácido giberélico con el cual se generó un ingreso neto de Q67,627.27, superando al testigo absoluto. Por otro lado, el cálculo de la relación beneficio costo el tratamiento de 120 gramos obtuvo un resultado de 3,84, lo que se interpreta como la obtención de Q2,84 por cada quetzal invertido en el costo de producción.

8. CONCLUSIONES

La aplicación de 12000 ppm de la hormona ácido giberélico mostró mayor rendimiento en el cultivo de sandía tipo personal, en el valle del Motagua, del departamento de Zacapa; superando los resultados mostrados por el tratamiento sin su aplicación.

En función del número de frutos por metro cuadrado se observó mayor cantidad en las parcelas tratadas con ácido giberélico, observando además frutos mejor cuajados, asociando dicho resultado al efecto de la hormona utilizada, a diferencia de las plántulas sin aplicación, las cuales desarrollaron frutos más pequeños.

Con relación a la concentración de azúcares, los tratamientos con ácido giberélico obtuvieron mayor concentración de grados brix por fruto, observando mejores resultados con la aplicación de 12000 ppm de hormona con el cual se reportaron valores mayores a 9.

Los frutos de sandía más consistentes se identificaron en el tratamiento con la aplicación de 12000 ppm de ácido giberélico, además de observar que dichos frutos se encontraron mejor formados, lo que influyó significativamente en la calidad de los mismos.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de 12000 ppm de ácido giberélico para la producción de sandía tipo personal, en el valle del Motagua del departamento de Zacapa, debido a que las plantas tratadas con esta hormona muestran mayor rendimiento y mejor calidad.

Con base a la estimación del beneficio económico que percibe el agricultor, se recomienda el uso de la hormona de ácido giberélico con una dosis de 12000 ppm, debido a que muestra un ingreso de Q.2.84 por cada quetzal invertido en el sistema de producción.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, H. (sabado de octubre de 2015). Uso y Manejo se suelos en cultivo de sandía.
(G. D. Armando, Entrevistador)
- Alvizures, M. S. (2007). *Investigación Agrícola*. Guatemala: ENCA. anónimo. (Domingo de Septiembre de 2015). *Las Hormonas en vegetales*. Obtenido de http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/reino_vegetal/contenidos10.htm
- Cabrera Vásquez, W. (1999). *ASPECTOS FISIOLÓGICOS ES LA FORMACION DE RAICES ADVENTICIAS*. Zacapa: Univerdad Rafael Landivar. Camacho, j. (1998). *cultivo de la sandía triploide en españa*. españa: tesis evaluacion de rendimiento de sandia, Carlos Estuardo Duran Salazar universidad Rafael Landivar pag 2.
- Cenida. (2015). *Guía para el cultivo de sandía (Citrullus Lanatus)*. Centro Nacional De Información y Documentación Agropecuaria.
- Cordon, R. (lunes de diciembre de 2015). Uso de Implementos Agrícolas en siembra de Sandía. (G. D. Armando, Entrevistador)
- Coronado, p. (martes de diciembre de 2015). Preparacion de suelos en cultivo de sandía . (G. D. Armando, Entrevistador)
- De La Cruz, J. (domingo de septiembre de 2015). *MANEJO DE SUELOS EN CULTIVO DE SANDIA*. (M. A. Godínez De León, Entrevistador)
- Dicta. (2005). *El cultivo de la sandía*. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria.

- Dubón, O. R. (2006). *Principales plagas del cultivo de melón y sus enemigos naturales en el Valle de la Fragua, Zacapa, Guatemala*. Guatemala: Informe de Post-grado de Especialización en Protección de Plantas de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala y la Universidad de Vicosa de Brasil. 120 p.
- Duran, C. (2010). *Evaluación del rendimiento de tres Híbridos de minisandía*. Zacapa: Universidad Rafael Landívar.
- Elmstrom (1996). *sandías triploides*. tesis Evaluación de rendimiento de sandía, Carlos Estuado Duran Salazar, Universidad Rafael Landívar Pagina 2.
- Franco, C. (2015). *EVALUACIÓN DE ÁCIDOS GIBERÉLICO Y NAFTALENACÉTICO, EN SANDIA*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Gregor, M. (1987). *manual de productos tropicales*. USDA agricultural handbook.
- INSIVUMEH. (SABADO de OCTUBRE de 2015). *INSIVUMEH.COM*.
- ITIS, S. I. (lunes de octubre de 2014). *INFORMACIÓN TAXONÓMICA (NOMBRE CIENTIFICO) DE LA SANDIA*. Obtenido de <http://www.itis.gov>.
- León, C. L. (1991). *EVALUACIÓN DE ÁCIDOS GIBERÉLICO Y NAFTALENACÉTICO, EN EL CULTIVO DE SANDIA*. Zacapa: Universidad Rafael Landívar.
- Leon, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. costa rica: tesis, Carlos Estuardo Duran Salazar, evaluación de sandía universidad Rafael Landívar, pagina 6.
- Lluna Duval, R. (2006). *HORMONAS VEGETALES: CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA*. España: Universidad Rafael Landívar.

Mármol, J. (2000). *cultivo intensivo de la sandía*. España: Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación.

Pérez, F. (1994). *INTRODUCCION A LA FISIOLOGIA VEGETAL*. ESPAÑA: UNIVERSIDAD.

PROMOSTA. (2005). *GUIAS TECNOLÓGICAS DE FRUTAS Y VEGETALES*.
<http://www.zamorano.edu/gamis/frutas/sandia.pdf>.

Ramírez, J. (2012). *MÉTODOS DE APLICACIÓN DE HORMONAS VEGETALES EN EL CULTIVO DE SANDÍA*. ZACAPA GUATEMALA: Tesis: Evaluación de ácido giberélico y naftalenacético por diferentes métodos de aplicación sobre fruto de sandía, Carlos Luis Franco Córdón, Universidad Rafael Landívar página 25.

Saavedra, W. A. (31 de Octubre de 2015). Problemas de la producción con la sandía personal variedad Extasy en el valle de Zacapa. (M. A. Godínez De León, Entrevistador)

Seeds, H. (2006). *Semillas Campeonas para Centroamérica*. Revista productores de Hortalizas para Centroamérica.

Soberón JR, QE. (2012). *GIBERELINAS*. San Miguel de Tucumán Argentina.

Valdez (1991). *EVALUACIÓN DE ÁCIDOS GIBERÉLICO Y NAFTALENACÉTICO, EN SANDÍA*. Zacapa: Universidad Rafael Landívar. w, S. J. (s.f.).

Worldwide, T. (2007). *Comercializadores de Minisandía*. Estados Unidos: Tesis: Evaluación de rendimiento de sandía, Carlos Estuardo Durán Salazar universidad Rafael Landívar página 4 .

11. ANEXOS



Figura 8. Formación de frutos de sandía tipo personal



Figura 9. Fruto de sandía con aplicación de ácido giberélico



Figura10. Herramientas para la medición de la consistencia del fruto



Figura 11. Instrumentos de medición en el fruto de sandía tipo personal

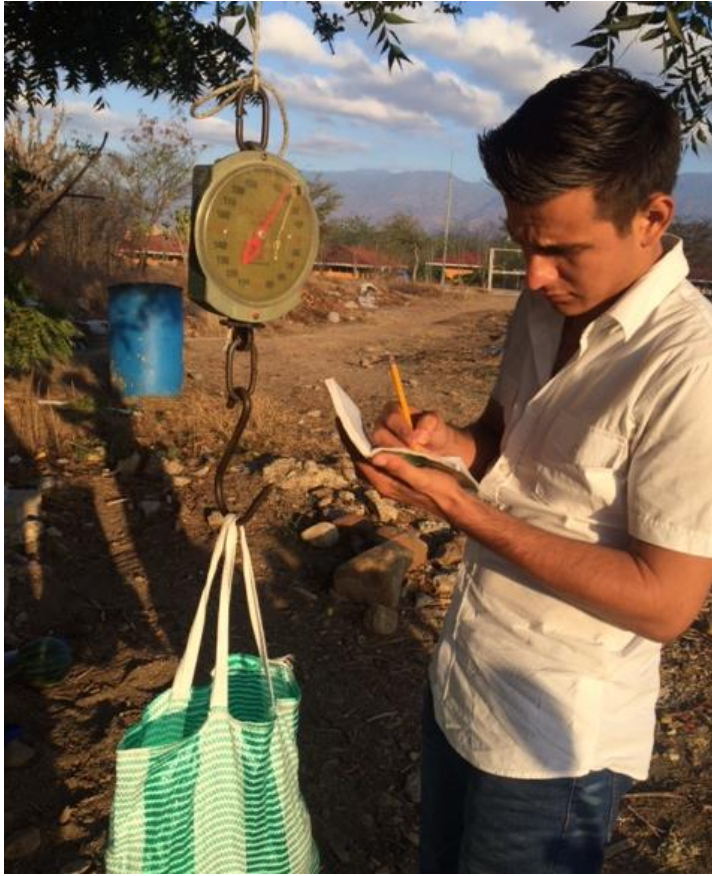


Figura 12. Medición del rendimiento de sandía en kilogramos



Figura 13. Medición de consistencia del fruto de sandía