

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

EVALUACIÓN DE ÁCIDOS GIBERÉLICO Y NAFTALENACÉTICO,  
POR DIFERENTES MÉTODOS DE APLICACIÓN, SOBRE FRUTOS DE SANDÍA  
TESIS DE GRADO

**CARLOS LUIS FRANCO LEÓN**  
CARNET 20437-08

ZACAPA, MAYO DE 2015  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

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

EVALUACIÓN DE ÁCIDOS GIBERÉLICO Y NAFTALENACÉTICO,  
POR DIFERENTES MÉTODOS DE APLICACIÓN, SOBRE FRUTOS DE SANDÍA  
TESIS DE GRADO

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

POR  
**CARLOS LUIS FRANCO LEÓN**

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

ZACAPA, MAYO DE 2015  
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.  
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**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
ING. RIGOBERTO VENTURA TOBAR

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. RAMIRO ARNOLDO LOPEZ PINEDA  
ING. ÁNGEL OTTONIEL CORDÓN GARCÍA  
ING. JOSÉ ÁNGEL URZÚA DUARTE

Guatemala 25 de mayo de 2015

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 Carlos Luis Franco León, carné: 20437-08, titulada: "Evaluación de ácido giberélico y naftalenacético, por diferentes métodos de aplicación, sobre frutos de sandía". La Fragua – Zacapa, Guatemala.

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

Atentamente,

  
Ing. Rigoberto Ventura Tobar  
Colegiado no. 1720



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06289-2015

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante CARLOS LUIS FRANCO LEÓN, Carnet 20437-08 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 0625-2015 de fecha 11 de abril de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE ÁCIDOS GIBERÉLICO Y NAFTALENACÉTICO,  
POR DIFERENTES MÉTODOS DE APLICACIÓN, SOBRE FRUTOS DE SANDÍA**

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 18 días del mes de mayo del año 2015.

  
ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar



## AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por haberme regalado sabiduría e inteligencia para poder alcanzar mis metas.

La Universidad Rafael Landívar por medio de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser ente de mi formación.

Ing. Rigoberto Ventura Tobar, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Ángel Ottoniel Cordón García por su apoyo, asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Gerente General de Agroexportadora ZACAPAEXPO S.A, Osmani Giron, por brindarme apoyo en el desarrollo de la presente.

## DEDICATORIA

A:

- Dios: Por sus demostraciones de amor, paciencia, fortaleza para sobrellevar los obstáculos en toda mi vida y bendecirme grandemente al brindarme el apoyo de buenas personas a mi alrededor.
- Mis padres: Carlos Humberto Franco Fajardo y Gilma Eugenia León de Franco quienes me han apoyado desde el inicio de mi vida, por su amor, por sus sacrificios para sacarme adelante y por sus buenos ejemplos y consejos.
- Mi hijo: Luis Ricardo Franco Rivas quien ha sido el motor de mi vida, la razón de mi esfuerzo y la motivación para superarme y ser una mejor persona.
- Mi esposa: Por estar a mi lado a lo largo de mi proceso profesional y personal, su apoyo y comprensión en toda situación acontecida en mi vida.
- Mi familia: Por el apoyo incondicional brindado a mi formación personal y profesional, lo que me ha permitido desarrollar integralmente.
- Mis amigos: Por el apoyo brindado cuando lo necesité, su cariño y por ser parte de mi vida.

## INDICE GENERAL

Resumen	i
SUMMARY	ii
1. INTRODUCCION	01
2. MARCO TEORICO	02
2.1 Origen	02
2.2 Clasificación taxonómica	02
2.3 características botánicas	02
2.3.1 Sistema radical	03
2.3.2 Tallo	03
2.3.3 Hoja	03
2.3.4 Flores	04
2.3.5 Fruto	04
2.3.6 Semilla	05
2.4 Ecología del cultivo	05
2.5 Historia de la sandíatrípode	06
2.6 Importancia mundial y nacional de sandía	09
2.7 Importancia nutricional	09
2.8 hormonas vegetales	11
2.8.1 Auxinas	11
2.8.2 Giberelinas	13
2.8.3 Citoquininas	16
2.8.4 Acido abcísico	17
2.8.5 Etileno	18
2.8.6 Acido Naftalenacetico	20

2.8.7 Utilización de hormonas vegetales en melón y sandía	22
3. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION	24
4. OBJETIVOS	26
4.1 General	26
4.2 Específicos	26
5. HIPOTESIS	27
5.1 Hipótesis alterna	27
6. METODOLOGIA	28
6.1 Localización	28
6.2 Material experimental	28
6.2.1 Sandia	28
6.3 Factores a Estudiar	29
6.3.1 Acido Giberelico al 4 %	29
6.3.2 Acido Naftalenacetico (NAA) al 3.5 %	29
6.3.3 Metodología de aplicación	30
a. Una aplicación	30
b. Dos aplicaciones	30
c. Sumersión	30
6.4 Descripción de los tratamientos	30
6.5 Diseño Experimental	32
6.6 Modelo Estadístico	32
6.7 Unidad Experimental	33
6.8 Croquis de Campo	34
6.9 Manejo del Experimento	35
6.9.1 Siembra	35

6.9.2 Destape del cultivo	35
6.9.3 Monitoreo de flor femenina	35
6.9.4 Aplicación de fitohormonas	35
6.9.5 Monitoreo del cultivo	36
6.9.6 Cosecha	36
6.10 Variables de respuesta	37
6.11 Análisis de la información	38
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
7.1 Rendimiento expresado en kilogramos por hectárea (Kg/Ha)	39
7.2 Calidad de los frutos expresado en concentración de sólidos solubles (Grados Brix)	41
7.3 Porcentaje de frutos deformes obtenidos de la aplicación de hormonas de crecimiento	42
7.4 Análisis de rentabilidad en la aplicación de hormonas de crecimiento	44
8. CONCLUSIONES	45
9. RECOMENDACIONES	46
10. BIBLIOGRAFIA	47
ANEXO	51

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Valor nutricional de la sandia en 100 gramos de sustancia comestible	10.
Cuadro 2:	Descripción de los tratamientos evaluados	31
Cuadro 3:	Análisis de varianza de rendimiento (Kg/Ha)	40
Cuadro 4:	Análisis de varianza de Sólidos Solubles (Grados Brix)	41
Cuadro 5:	Análisis de varianza de Frutos Deformes	43
Cuadro 6:	Elaboración del análisis de económico de relación beneficio/costo	44
Cuadro 7:	Cronograma de Actividades	51
Cuadro 8:	Presupuesto de costos de producción de una hectárea (Ha) de Sandia	52

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Esquema del procedimiento de formación de sandías triploides	08
Figura 2:	Unidad Experimental	33
Figura 3:	Distribución de los tratamientos en campo	34
Figura 4:	Rendimiento (Kg/Ha) de cada uno de los tratamientos evaluados	39
Figura 5:	Rendimiento por tamaño de cada uno de los tratamientos evaluados	40
Figura 6:	Calidad de los frutos expresados en concentración de solidos solubles	42
Figura 7:	Porcentaje de frutos deformes obtenidos de la aplicación de hormonas de crecimiento	43
Figura 8:	Fotografía satelital del valle de la Fragua, Zacapa	51

## EVALUACIÓN DE ÁCIDO GIBERÉLICO Y NAFTALENACÉTICO POR DIFERENTES MÉTODOS DE APLICACIÓN, SOBRE FRUTOS DE SANDÍA

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del uso de dos hormonas de crecimiento en tres métodos de aplicación sobre el rendimiento y calidad de los frutos de sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb)) para la exportación en fresco. Los productos y las concentraciones evaluadas fueron: Ácido Giberélico a 40 partes por millón (ppm) y Ácido Naftalenacético a 35 partes por millón (ppm), cada uno de estos aplicados con atomizador en tres métodos. Los métodos de aplicación evaluados fueron: una aplicación al ovario ínfero de la flor, dos aplicaciones al ovario ínfero de la flor y sumersión total del ovario ínfero de la flor. El estudio se realizó en la empresa agroexportadora ZACAPAEXPO S.A ubicada en Finca El Oasis, Valle de la Fragua, Zacapa. El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables de respuesta fueron: rendimiento del cultivo (kg/ha), calidad de la fruta expresada en concentración de sólidos solubles (Grados Brix), porcentaje de frutos deformes y la rentabilidad de la aplicación para cada uno de los tratamientos. El tratamiento que presentó los mejores resultados fue la utilización de Ácido Giberélico aplicado por el método de sumersión del ovario ínfero de la flor, mostrando un 8.98% de rechazo por deformaciones de fruta y un rendimiento de 101,855.25 kg/ha. La aplicación de Ácido Giberélico con el método de sumersión resulta una alternativa técnica y económica; este tratamiento obtuvo un beneficio/costo de 5.26%, es decir que por cada quetzal invertido se obtiene una ganancia de Q5.26. En conclusión la utilización de hormonas de crecimiento en el cultivo de sandía, contribuye principalmente en la multiplicación celular del fruto en estado inmaduro, para facilitar el proceso de desarrollo y puedan alcanzar los tamaños deseados por el mercado (3, 4, 5). Pero en relación a la calidad interna de la fruta principalmente los sólidos solubles no causan efecto alguno.

## GIBBERELIC ACID AND NAPHTHALENE ASSESSMENT WITH DIFFERENT APPLICATION METHODS ON WATERMELONS

### SUMMARY

The objective of the study was to assess the effect of two growth hormones used in watermelons (*Citrulluslanatus(Thunb)*) for fresh exportation purposes, across three application methods on quality and performance. The assessed products and concentrates were: Gibberellic acid to 40 parts per million (ppm) Naphthaleneacetic acid and 35 parts per million (ppm), each applied by spray across three methods. Furthermore, the assessed application methods were: application to the inferior ovary of the flower, two applications to the inferior ovary of the flower and total submersion of the inferior ovary of the flower. The study was carried at the agroexport company ZACAPAEXPO S.A located in Finca El Oasis, Valle de la Fragua, Zacapa. The experimental design used consisted on random blocks of seven treatments and with four repetitions. The response variables were: crop yield (kg/ha), fruit quality expressed in soluble solids concentration (Brix degrees), percentage of deformed fruits and cost of implementation for each of the treatments. The treatment presented the best results was the use of gibberellic acid method applied by submerging the inferior ovary of the flower, presenting a rejection of 8.98 by deformations of fruit and a yield of 101,855.25 kg / ha. The application of gibberellic acid with the submersion method is a technical and economical alternative; this treatment made a profit / cost of 5.26%, implying that for every invested quetzal, there is a profit of Q5.26 obtained. In conclusion, the use of growth hormones in watermelon crops contributes mainly to cellular multiplication in its unripe state; this facilitates the development process and it can reach the size demanded by the market (3, 4, 5). In regards to the internal quality of fruit soluble solids primarily cause no effect.

## I. INTRODUCCION

El cultivo de sandía (*Citrulluslanatus (Thunb)*) es uno de los principales productos que exporta Guatemala, cubriendo un 3.5% de la demanda de Estados Unidos en el año 2006. El departamento de Zacapa es un área potencial para la producción del cultivo de sandía (*Citrulluslanatus (Thunb)*). Tomando en cuenta que dicho departamento representa el 86.2% de la producción de cucurbitáceas del país ya que las condiciones climáticas del lugar son favorables para el cultivo.

Las innovaciones tecnológicas en el manejo agronómico del cultivo han ido incrementando al transcurrir del tiempo. En el valle de la Fragua, Zacapa en la actualidad se cultivan 1,200 hectáreas de sandía (*Citrulluslanatus (Thunb)*) triploide, en el cual la utilización de hormonas de crecimiento ha sido una alternativa en la producción, para aumentar el rendimiento y tamaño de los frutos, pero esta práctica ha provocado el aumento del porcentaje de frutos de rechazo entre el 8 y 11 % por efecto de deformaciones de los mismos, causada principalmente por la falta de conocimiento de la forma de aplicación adecuada para dichos producto.

Por consiguiente, el principal fundamento de la investigación es determinar el método de aplicación de hormonas inductoras de crecimiento que reduzca significativamente el porcentaje de rechazo de fruta a causa de deformaciones causadas por la mala aplicación de las hormonas en el cultivo de sandía.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 ORIGEN

La sandía se considera originaria de países de África tropical y su cultivo se remonta desde hace siglos a la ribera del Nilo, desde donde se extendió a numerosas regiones bañadas por el mar Mediterráneo. Los pobladores europeos fueron quienes la llevaron hasta América, donde su cultivo se extendió por todo el continente. (PROMOSTA, 2005).

De acuerdo a Borrego, García y Gómez 2002. Concordando con (PROMOSTA 2005), el origen más probable es África, aunque existen indicios que se originó tempranamente en Asia y es posible que en este continente existiera un centro de origen y/o de diversificación de la sandía o de plantas taxonómicamente próximas.

### 2.2 CLASIFICACION TAXONOMICA

Reino: Vegetal

Sub-reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Violales

Familia: Cucurbitáceas

Género: *Citrullus*

Especie: *lanatus* (Thunb) (ITIS, 2014).

### 2.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

Según Valdés, VS. 1991 citado por Lopez 2004. Es una planta herbácea y su sistema radicular, tallo, hojas, flores, frutos y semillas, presentan las siguientes características.

### **2.3.1 SISTEMA RADICAL O RADICULAR**

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 ó 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(Valdéz, 1991 citado por Lopez 2004).

En su mayor parte las raíces se distribuyen a una profundidad comprendida entre 40-50 cm, la capacidad de extracción de las raicillas de las semillas germinadas de la sandía es de 10.1 atmósferas, lo que da a la planta su gran resistencia a la sequía(Valdéz, 1991 citado por Lopez 2004).

### **2.3.2 TALLOS**

Durante los primeros 25-30 días después de la germinación, el tallo es erecto y posee generalmente de 3-5 hojas verdaderas. Luego se hace decumbente o rastrero. La longitud del tallo puede ser de 2-4 m o más, con 5 aristas, cubierto de bellos blanquecinos y con cirros abundantes. Al igual que el melón, del tallo principal se forman ramas de primera clase, sobre estas de segunda clase, las cuales adquieren tal desarrollo que llegan a igualarlo(Valdés, 1991 citado por López 2004).

Pero, según la Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, el desarrollo de los tallos es rastrero. En estado de 5 – 8 hojas bien desarrolladas el tallo principal emite las brotaciones de segundo orden a partir de las axilas de las hojas. En las brotaciones secundarias se inician las terciarias y así sucesivamente, de forma que la planta llega a cubrir 4 – 5 metros cuadrados.

### **2.3.3 HOJA**

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

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 (infoagro 2000 citado por López 2004).

El tallo es verde de forma prismática o cilíndrica, trepadora, rastrera, con una longitud de 2.9-4.0 m. y en ocasiones con vellosidades suaves (PROMOSTA 2005).

#### **2.3.4 FLORES**

La sandía es una planta monoica con flores masculinas y femeninas, que se forman en las axilas de las hojas y tienen un color generalmente amarillento. La mayoría de las flores se forman en las ramificaciones de segunda clase, apareciendo primero las masculinas (Valdéz, 1991 citado por López 2004).

En las flores hermafroditas y femeninas se observa una estructura similar en lo que concierne a la corola, caracterizándose las hermafroditas por poseer estambres normales que recubren el estigma, el cual es corto, constituido por tres partes, cada una de las cuales corresponde a un lóculo del ovario por lo que este resulta ser trilocular (superb 2000 citado por López 2004).

#### **2.3.5 FRUTO**

El fruto de la sandía consiste en una baya, con formas variadas (redondeados, oblongos, ovalados, cilíndricos, etc.), con corteza verde y pulpa azucarada de coloración amarilla, roja o anaranjada. La pulpa está formada de células parenquimatosas de la cáscara bien desarrollada y de la placenta incrementada, llena de agua y azúcares. Una vez que las células del tejido parenquimatoso alcanzan determinado tamaño, sus paredes se rompen con facilidad provocando la separación celular, debido al aumento de pectina soluble lo que indica el inicio de la vejez del fruto y su desprendimiento (Valdés, 1991) citado por (López 2004).

Baya globosa u oblonga en pepónide formada por 3 carpelos fusionados con receptáculo adherido, quedan origen al pericarpio. El ovario presenta placentación central con numerosos óvulos que darán origen a las semillas. Su peso oscila entre los

2 y los 20 kilogramos. El color de la corteza es variable, pudiendo aparecer uniforme (verde oscuro, verde claro o amarillo) o a franjas de color amarillento, grisáceo o verde claro sobre fondos de diversas tonalidades verdes. La pulpa también presenta diferentes colores (rojo, rosado o amarillo) (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria).

### **2.3.6 SEMILLAS**

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.). El peso absoluto varía de 60 - 140 g (Valdés, 1991 citado por López 2004).

Las semillas pueden estar ausentes (frutos triploides) o mostrar tamaños y colores variables (negro, marrón o blanco), dependiendo del cultivar (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria).

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 (Valdés, 1991 citado por López 2004).

### **2.4 ECOLOGÍA DEL CULTIVO**

De acuerdo con Víctor Gudiel (2013). El cultivo de la sandía, necesita las siguientes condiciones: clima cálido, alturas comprendidas entre los 0-1000 metros sobre el nivel del mar con temperatura ambiental diurna entre los 25-30 °C y nocturna entre 18-21 grados C, con una humedad relativa entre los 60-80%, siendo un factor determinante durante la floración. La precipitación pluvial debe oscilar entre 800 a 1000 mm. Las altas precipitaciones pluviales no son recomendables, debido a la incidencia de enfermedades, y por la obtención de frutos de baja calidad. Las plantaciones comerciales en la región de Centroamérica se encuentran ubicadas entre los 0 y 500 m.s.n.m.

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. (PROMOSTA, 2005).

**TEMPERATURA:** El desarrollo óptimo del cultivo alcanza la temperatura de 35 °C, con una máxima de 41 °C y mínima de 21 °C.

**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.

(Lagos, 1975) citado por (Del cid 2005); afirma que la temperatura junto a la humedad constituyen el complejo climático favorableo desfavorable para la sandía, como en cualquier otro cultivo, la humedad ambiental y la humedad del suelo actúa necesitando una alta cantidad de agua para formar su fruto (el cual contiene cerca de 93% de agua), por lo cual el rendimiento de la cosecha depende en gran parte de la humedad disponible en el suelo.

Las sandías prefieren suelos fértiles, que van de francos a franco arenosos, de estructura suelta y granular con alto contenido de materia orgánica. Suelos con pH de 6 a 7.5 con buena exposición al sol, son adecuados para el cultivo (Parsons, 1982) citado por (Del cid 2005).

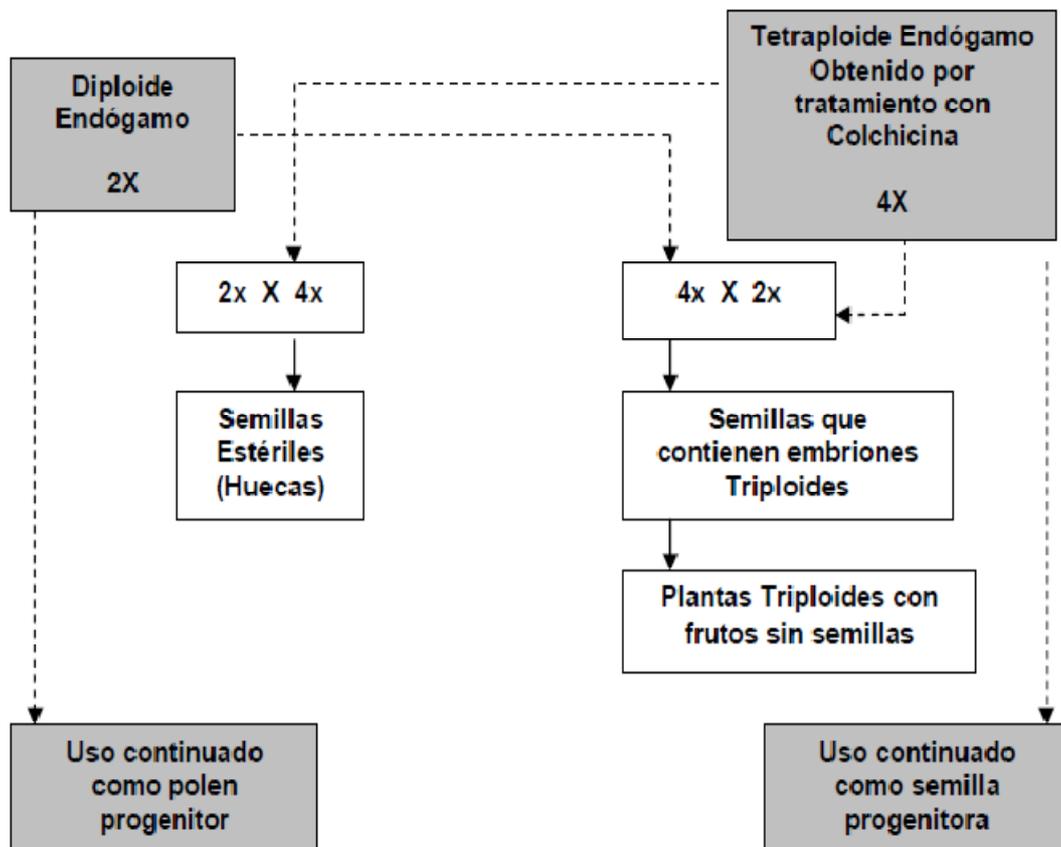
## **2.5 HISTORIA DE LA SANDIA TRIPLOIDE**

(Toledo 2000), citado por (Del Cid 2005), afirma que; el proceso de obtener las sandías sin semillas primero fue descrito en los Estados Unidos en 1951 luego de la investigación conducida en 1939 en Japón. Las sandías sin semilla son híbridos en donde la semilla de los frutos no se conforma en su totalidad, no lignifican, y son muy escasas. Su color es blanquecino. Éstas son altamente estériles.

De acuerdo a (Victor Gudiel 2013), las sandías sin semillas se han cultivado por más de 30 años, pero solo en los últimos 10 años que su producción se ha incrementado,

debido a una gran demanda por parte de los consumidores y debido también al mejoramiento genético que ofrece híbridos de excelente calidad. Su consumo ha aumentado en los Estados Unidos y en los países Europeos. A la sandía sin semillas técnicamente se les denomina triploides obtenida por cruzamiento de una línea diploide ( $2n$ ) con otra tetraploide ( $4n$ ). Debido a que las variedades híbridas de sandía sin semilla producen polen estéril, es necesario para su producción intercalar entre el cultivo una variedad polinizadora que fecunde la flor femenina del triploide y que debe ser completamente diferentes en color de la piel a la variedad de la sin semilla.

La sandía sin semilla resulta del cruzamiento entre un parental femenino tetraploide ( $4n$ ) productor de la semilla y de óvulos  $2n$  con una planta masculina (diploide  $2n$ ) productora de polen. Las plantas tetraploides se obtienen mediante tratamiento de yemas terminales de plantas diploides con colchicina produciéndose la duplicación de los cromosomas. El polen haploide ( $n$ ) procedente de las flores masculinas de la planta diploide ( $2n$ ) fertiliza a la ovocélula diploide ( $2n$ ) dentro del ovario de la flor femenina del parental tetraploide ( $4n$ ) dando origen a un cigoto ( $3n$ ) que se desarrollará en un embrión dentro de la semilla. La siembra de esta semilla dará origen a plantas que producirán sandías triploide ( $3n$ ) (BANCOMEXT 2005).



**Figura 1:** Esquema del procedimiento de formación de sandías triploides(Jefferson Lowe, Corona seeds, Inc.) citado por (Del Cid 2005).

## **2.6 IMPORTANCIA MUNDIAL Y NACIONAL DE SANDÍA**

La sandía es un producto que se cultiva en un gran número de países, por la buena aceptación que ha recibido entre los consumidores finales del mundo permitiéndole permanecer en el comercio mundial, como se observa en el periodo de 1996 al 2001. Si se analiza el lado de las importaciones mundiales de sandías se puede observar que entre los años de 1996 al 1999 las importaciones de los países de latinoamericanos se incrementó en un 9.9 %, sin embargo de 1999 al 2001, la tendencia a la baja se ha mantenido en un 7.2 %.(Canales 2003).

Los principales importadores de sandía en el mercado latinoamericano son Estados Unidos, Canadá, Argentina, Colombia y otros, en donde los dos primeros países importan un promedio anual de 347,044 toneladas métricas que corresponde al 96.40 % del total de las importaciones de los demás países latinoamericanos.(Canales 2003).

La sandía sin semilla es un producto muy apreciado por un nuevo segmento de mercado consumidor muy exigente. Los valores añadidos de las sandías triploide se traducen en su precio en el mercado considerablemente más alto que las diploides o tradicionales, siendo un cultivo más rentable para el agricultor.(BANCOMEXT 2005)

En la actualidad, Guatemala ocupa el segundo lugar en la demanda de importación de sandía de los Estados Unidos, después de México; además tiene un total aproximado de 2500 hectáreas en área de producción por año; esto refleja considerable uso de mano de obra, tanto calificada como no calificada, generando empleos; además de divisas al país(TimcoWorldwide, 2007).

## **2.7 IMPORTANCIA NUTRICIONAL**

Según SICEX, la sandía es un magnífico diurético, su elevado poder alcalinizante favorece la eliminación de ácidos perjudiciales para el organismo. Está formada principalmente por agua (93%), por tanto su valor nutritivo es poco importante. Los niveles de vitaminas son medios, no destacando en particular ninguna de ellas. El color

rojo de su carne se debe a la presencia de carotenoide licopeno, elemento que representa un 30% del total de carotenoides del cuerpo humano.

**Cuadro 1:** valor nutricional de la sandía en 100 gramos de sustancia comestible.

<b>Elemento</b>	<b>cantidad</b>
Agua (%)	93
Energía (kcal)	25-37.36
Proteínas (g)	0.40-0.60
Grasas (g)	0.2
Carbohidratos (g)	6.4
Vitamina A (U.I.)	590
Tiamina (mg)	0.03
Riboflavina (mg)	0.03
Niacina (mg)	0.2
Ácido ascórbico (mg)	7
Calcio (mg)	7
Fósforo (mg)	10
Hierro (mg)	0.5
Sodio (mg)	1

**Fuente:** [www.siicex.gob.pe](http://www.siicex.gob.pe)

## **2.8 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 traslocan a otro, que es donde ejercen sus efectos reguladores; pero todavía no se conoce el mecanismo preciso mediante el cual funcionan. (Lluna2006).

Pérez y Martínez – Laborde (1994), señalan que en la actualidad 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, y 5) inhibidores. Siendo las tres primeras llamadas hormonas estimuladoras y las dos restantes hormonas inhibidoras. Así los procesos de elongación celular (auxinas y giberelinas), división celular (giberelinas y citocininas) y desarrollo vegetativo se caracterizan por un predominio de estimuladores, y los procesos de maduración, detención del crecimiento, senescencia y abscisión, por una preponderancia de inhibidores del crecimiento.

También 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 2006)

### **2.8.1 AUXINAS**

Este grupo de hormonas, cuyo nombre proviene del término griego y que significa “crecer”, le es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. Esta sustancia esta químicamente relacionada con el ácido indolacético (FAA) que es la forma predominante, aunque se ha visto que existen otras auxinas indólicas naturales en las plantas. Las auxinas se encuentran en toda la planta, pero las enzimas responsables de la biosíntesis de FAA son más activos en los tejidos finos jóvenes, como: meristemos apicales, hojas y frutas crecientes en los tejidos finos. Y como en las regiones meristemáticas de crecimiento activo, se localizan las concentraciones más

altas de FAA. Las concentraciones de auxinas en las plantas varían de 1 a 100 mg/kg peso fresco, mientras que la concentración de auxinas conjugadas es en ocasiones superior. (Lluna 2006).

Una práctica muy extendida es el empleo de auxinas para el cuaje partenocarpico de tomate y berenjena, cuando las condiciones ambientales son desfavorables para una polinización natural efectiva. También se pueden utilizar los mismos o similares productos para el cuaje de melón en invernadero, si no hay insectos polinizadores. En Japón, cuando la primavera es fría o lluviosa y el cuaje natural de la sandía defectuoso, se acostumbraba a realizar una polinización manual complementaria. Con el fin de sustituirla, se ensayaron diversas auxinas aplicadas directamente sobre la flor (Ácido indolacético, Ácido naftil acético + 4 Clorofenoxiacético) y Citoquininas (Benzil adenina), de las cuales ésta última, la benziladenina, fué la más efectiva. (Miguel Gómez).

Según Miguel Gómez, **2,4D**.- Con 2,4D a 50 ppm aplicado en pulverización directa sobre la flor femenina, se han obtenido unos resultados muy irregulares. En 1997 en un invernadero con cubierta de malla se tuvieron 1'4 – 2'2 frutos/planta (1'4 – 3'4 Kg/m<sup>2</sup>) mientras que al aire libre en otra parcela se llegaron hasta 8'7 y 10'4 Kg/m<sup>2</sup>. El porcentaje de cuaje con 2,4D viene a ser del 30%, a veces menor. El mayor problema con este producto es el ahuecamiento interno del fruto y, a veces, su deformación.

#### **a. ASPECTOS FISIOLÓGICOS**

Estimula la elongación celular, la división celular en el cambium en presencia de Citoquininas, formación de raíces laterales y adventicias, producen fototropismo, reprimen el desarrollo de brotes axilares laterales manteniendo dominancia apical, retrasan la senescencia de las hojas, estimulan el crecimiento y maduración de las frutas y el crecimiento de partes de la flor, facilitan el cuajo de frutos y estimula la producción de etileno a elevadas concentraciones. (Lluna 2006)

Para Cabrera, (1999), las auxinas también promueven el desarrollo de raíces adventicias en los tallos. Muchas especies leñosas (como manzanos, la mayoría de sauces y el chopo lombardo) poseen primordios de raíces adventicias preformados en

sus tallos, los cuales permanecen latentes por algún tiempo a menos que sean estimulados por una auxina.

Estos primordios con frecuencia se encuentran en los nudos o en los lados inferiores de las ramas que se localizan entre los nudos.(Haissig, 1974) citado por (Cabrera, 1999).

## **2.8.2 GIBERELINAS**

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

Cabrera (1999) y Lluna (2006), afirman que las giberelinas son un grupo de sustancias reguladoras que fueron descubiertos 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 *Giberellafujikuroi* (estado asexual de *Fusarium moniliforme*).

De acuerdo a Soberón, Quiroga, Sampietro y Vattuone, 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 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.

Estas fitohormonas se presentan en grandes cantidades en todos los órganos de la planta, pero las concentraciones mayores se alcanzan en órganos jóvenes, pero sobre todo en las semillas inmaduras. Las giberelinas son sintetizadas en los pri3

mordios apicales de las hojas, en puntas de las raíces y semillas en desarrollo. Esta hormona, a diferencia de la auxina muestra un modo de transportarse totalmente diferente al de las auxinas, en vez de un transporte polarizado, muestra un movimiento por el floema junto con los productos de la fotosíntesis y también por el xilema. (Lluna 2006)

### **a. BIOSÍNTESIS**

Podemos decir que los primeros pasos de síntesis son comunes al camino biosintético de polisoprenoides; a partir de la Acetil CoA y por la vía del acetato mevalonato se forma isopentenil PP, que representa la unidad isoprenica base de estos compuestos. Luego continuará la síntesis con formación de geranil PP, farnesil PP y geranylgeranyl PP (compuesto de 20 carbonos, dador de todos los carbonos de las giberelinas). Este compuesto se cicliza para formar el ent-Kaureno o (-) Kaureno. Por acción de monooxigenasas (del tipo citocromo P450) el C19 de este compuesto es oxidado a alcohol (ent-Kaurenol), aldehído (ent-Kaurenal) y ácido ent-Kaurenoico, a nivel de la membrana del retículoendoplasmico. En un paso posterior el anillo B se contrae por expulsión del C7 pasando de un anillo de 6 Carbonos a otro de 5, formando el gibano, luego por oxidación en C7 se forma el GA12 aldehído. El aldehído GA12 se transforma en giberelinas tipo C19 mediante dos rutas, una que involucra la 13 hidroxilación temprana y otra donde no se hidroxila esa posición. En ambas vías hay descarboxilación y reacciones catalizadas por oxidasas de membrana y citosolicas (Soberón, Quiroga, Sampietro y Vattuone).

### **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. (Soberón, Quiroga, Sampietro y Vattuone)

Pérez AliciaySoberón, Quiroga, Sampietro y Vattuone, afirman que con 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. EFECTOS FISIOLÓGICOS**

Las giberelinas son esencialmente hormonas estimulantes del crecimiento al igual que las auxinas, coincidiendo con éstas en algunos de sus efectos biológicos.

1. Estimulan la elongación de los tallos (el efecto más notable). Debido al alargamiento de las células más que a un incremento de la división celular, es decir que incrementan la extensibilidad de la pared, este efecto lo consiguen con un mecanismo diferente al de las auxinas, pero es aditivo con el de éstas. Uno de los mecanismos más estudiados involucra la activación de la enzima XET (Xiloglucanoendotransglicosilasa), responsable de la hidrólisis interna de los xiloglucanos, lo que permite la transferencia de un extremo cortado hacia un extremo aceptor libre de una molécula de xiloglucanoaceptora. Esto también facilitarían la penetración de las expansinas en la pared celular.

2. Estimulan germinación de semillas en numerosas especies, y en cereales movilizan reservas para crecimiento inicial de la plántula. Las semillas se encuentran encerradas en una pared celular (proveniente del fruto) llamada pericarpo testa.

3. A nivel de las células de la aleurona, en semillas de cereales estimulan la síntesis y secreción de  $\alpha$ -amilasas, y la síntesis de otras enzimas hidrolíticas (por ejemplo  $\beta$ -1,3-glucanasa y ribonucleasa). La unión de GA a su receptor membranal produce la activación de la proteína G de membrana.

4. Inducen la partenocarpia. Proceso por el cual se forma fruto sin fertilización. Las auxinas también producen partenocarpia, pero las giberelinas son más activas.

5. Reemplaza la necesidad de horas frío (vernalización) para inducir la floración en algunas especies (hortícolas en general).
6. Inducción de floración en plantas de día largo cultivadas en época no apropiada.
7. Detienen el envejecimiento (senescencia) en hojas y frutos de cítricos.(Soberón, Quiroga, Sampietroy Vattuone).

Los efectos fisiológicos de las giberelinas en las plantas estimula la germinación de semillas en muchas especies y en cereales movilizan reservas para crecimiento inicial de la plántula, reemplaza la necesidad de horas frío para inducir la floración en algunas especies, en cítricos produce retraso en la maduración de los frutos y senescencia de la hoja, inducción de floración en plantas de día largo cultivadas en épocas no apropiada, aumento del tamaño del fruto en el cultivo de la uva haciendo que el racimo se enlóngue para ventilar la uva y evitar infecciones de botritis. (Lluna2006).

### **2.8.3 CITOQUININAS**

Son compuestos con una estructura que se asemeja a la adenina, y que promueven la división de células en tejidos no meristemáticos teniendo otras funciones similares a la kinerina. Estos compuestos se han encontrado en todas las plantas, particularmente en los tejidos que se dividen de forma activa como meristemas, semillas en germinación, frutos en maduración y raíces en desarrollo. Las Citoquininas se encuentran en concentraciones más bajas que las fitohormonas antes mencionadas, esta se ha detectado tanto en el floema como en el xilema y su transporte e la planta es por vía acropétala, desde el ápice de la raíz hasta los tallos, moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema. Los diferentes tipos de Citoquininas son: Zeatina, Kinetina y Benziladenina. (Lluna 2006).

Son hormonas vegetales que estimulan la citocinesis, es decir, que promueven la división celular. Skoog y sus colegas encontraron en sus experimentos que si se mantiene una relación alta citocinina/auxina luego de la formación de callo se promueve el desarrollo de yemas, tallos y hojas. Pero si se reduce esta relación se estimula la formación de raíces. Si se selecciona la relación adecuada se puede lograr que los

callos de muchas especies, sobre todo dicotiledoneas, se desarrollen hasta formar una nueva planta completa. Otra forma de evaluar la relación citocinina/auxina es el trabajo en propagación de estacas de hoja, ya que estas tienen que desarrollar tanto nuevas raíces como nuevos tallos. (Cabrera 1999).

#### **a. EFECTOS FISIOLÓGICOS**

Estimula la división celular y el crecimiento de yemas laterales, promueven la movilización de nutrientes hacia las hojas y la germinación de la semilla y desarrollo de los brotes, induce la partenocarpia en algunos frutos. (Lluna 2006).

Las Citoquininas presentan numerosas aplicaciones prácticas sobre todo en cultivo in vitro. En el mercado se encuentran algunas formulaciones de Citoquininas, como Benziladenina al 1.9% en combinación con Giberelinas (A4 y A7) al 1.9%. esto produce ramificación y alargamiento de los brotes de plantón de manzano. (Lluna 2006).

Según Miguel Gómez. Benzil adenina (BA). En los experimentos de Hayata, la BA mejoraba notablemente el cuaje de los frutos previamente polinizados, mientras que en los no polinizados el efecto era muy escaso. En unas pruebas previas que realizamos con BA a 200 ppm llegó a cuajar hasta un 76-84% de las flores tratadas. Sin embargo, en ensayos posteriores, el cuaje ha sido menor que con 2,4D (0'5frutos/planta) e incluso, en otro experimento, en el que se aplicó BA a 100 ppm a plantas con polinizador, el número de frutos tratados que llegaron a recolectarse, fué prácticamente el mismo que los marcados en el testigo, que no había tenido más que polinización natural.

#### **2.8.4 ÁCIDO ABCÍSIKO**

En ocasiones la supervivencia de las plantas depende de su capacidad de restringir su crecimiento o sus actividades reproductoras. El ácido abcísico (ABA) se caracteriza por inhibir muchos fenómenos de crecimiento en las plantas superiores, y por estar asociada a la dormición de yemas y semillas, y como su nombre indica a la abscisión de hojas. (Lluna 2006).

Es una hormona que con frecuencia da a los órganos una señal de que están experimentando algún tipo de estrés fisiológico. Estos factores de estrés pueden ser de naturaleza hídrica (falta de agua), salinidad de suelo, bajas temperaturas, entre otros. El ácido absísico (ABA) provoca con frecuencia respuestas que ayudan a proteger a las plantas contra estos factores. (Cabrera 1999).

Esta hormona diferente del resto ya que muestra efectos contrarios a las auxinas, giberelinas y citoquininas, es un potente inhibidor del crecimiento que juega un papel regulador en respuestas fisiológicas como el letargo, abscisión de hojas y frutos además del estrés hídrico. Se suele encontrar a concentraciones entre 0.01 y 1 ppm. Y en plantas marchitas se incrementa hasta 40 veces más. (Lluna 2006)

La biosíntesis tiene lugar en semillas, frutos, tallos y raíces. El encharcamiento de las raíces, el frío, la luz y otras alteraciones, estimula la producción de ABA en la planta. Se moviliza por el xilema y el floema como ABA libre y como ABA b-D-glucopiranosidos. Se incrementa el transporte de ABA desde la raíz hacia la hoja por vía xilemática. (Lluna 2006)

#### **a. ASPECTOS FISIOLÓGICOS**

Inhibe el crecimiento, estimula el cierre de estomas, dormición de yemas y semillas, inhibe la producción de enzimas inducibles por las giberelinas, promueven el crecimiento de raíces y disminuye el de ápices a bajos potenciales hídricos, promueve la senescencia de las hojas, inhibición de la síntesis de RNA y proteínas. (Lluna 2006)

#### **2.8.5 ETILENO**

El etileno es una hormona natural de la planta que se conoce desde hace muchísimos años, y del cual se sabían sus efectos sobre el crecimiento mucho antes de que se le relacionase con la auxina; era considerado ya como una fitohormona. Fue usado en Egipto en donde se trataban con gas los higos para estimular su maduración. En la antigua China se quemaba incienso en locales cerrados para incrementar la maduración de las peras. (Lluna, 2006)

Cabrera (1999) y Lluna (2006), afirman que el etileno es un material gaseoso (volátil) que es producido naturalmente por las plantas y que es responsable de la maduración temprana de los frutos. En esencia todas las partes de una planta de semilla producen etileno, así, en plántulas, el ápice del tallo es un sitio importante para su producción, los nudos de tallos de dicotiledóneas producen mayor cantidad de etileno que los entrenudos, los tallos producen más etileno cuando se dejan en posición horizontal, las hojas también producen etileno al igual que las flores (en especial antes de marchitarse) ocasionando su senescencia y abscisión, la producción de etileno en frutos es notable durante la maduración sobre todo en aquellos frutos que presentan aumento climatérico en la respiración.

Es la única hormona vegetal que se conoce en estado gaseoso en condiciones normales de presión y temperatura, sumamente inflamable y volátil, muy hidrosoluble. Se produce en casi todos los órganos de las plantas superiores, aunque la tasa de producción depende del tipo de tejido y su estadio de desarrollo. Con frecuencia la producción de etileno en las plantas es estimulada por las auxinas, tanto naturales como sintéticas. La cantidad de etileno producido en la planta aumenta en situaciones de estrés o cuando se produce algún daño en la planta. (Lluna 2006).

#### **a. ASPECTOS FISIOLÓGICOS**

Promueve la maduración de frutos, induce la expansión celular lateral, induce la maduración de los frutos climatéricos, inicia la germinación de semillas. Además elimina la dormición de yemas, especialmente de algunos órganos vegetativos, como tubérculos y bulbos, favorece la senescencia de las hojas, inhibe el crecimiento de la raíz, favorece la formación de raíces adventicias, así como la abscisión de hojas y frutos. (Lluna 2006).

Experimentos realizados en propagación por estacas indican que el etileno estimula la formación de raíces adventicias, efecto que también ocasionan las auxinas. Esta relación entre auxinas y etileno llevaron a realizar investigaciones que concluyeron que los efectos causados por las auxinas se debían a la capacidad de éstas de incrementar la producción de etileno, sin embargo, la promoción del crecimiento, las etapas iniciales

de la producción de raíces adventicias y muchos otros efectos de las auxinas parecen ser independientes de la producción de etileno. Sólo en determinadas partes de la planta y sólo cuando la concentración de auxinas se hace relativamente alta, la producción de etileno es lo suficientemente elevada para explicar ciertos efectos de las auxinas.(Cabrera 1999).

### **2.8.6 ACIDO NAFTALENACETICO**

**Ingrediente activo:** Naftaleno. Auxina. Fitorregulador que, en función de la dosis empleada y momento de aplicación, actúa sobre la abscisión, división celular, etc., de forma que tanto puede provocar la caída de frutos (aclarado) o evitarla, como inducir la formación de raíces en la zona tratada de esquejes y estaquillas diversas o la floración de la piña tropical. Controla los rebrotes después de la poda. Actúa como inhibidor del crecimiento a concentraciones más altas.(Terralia 2012).

**Campo de actividad:** Se utiliza para impedir el crecimiento de los brotes y para controlar la caída de frutos en manzano y peral y para producir el aclarado en manzano. También se ha usado para favorecer el enraizamiento de esquejes de muy diversas plantas como alcachofa, begonia, cerezo, clavel, crisantemo, forsythia, gardenia, geranio, hortensia, lila, manzano, melocotonero, etc.; para evitar la floración prematura y la caída de frutos en algodón, berenjena, cítricos, guayaba, mango, sandía, soja y vid; para el aclarado en cítricos y olivo; para inducir la floración en piña tropical y para impedir el deterioro de las hojas de lechuga en crecimiento.(Terralia 2012).

Los reguladores del crecimiento afectan el crecimiento y desarrollo de la planta a muy bajas concentraciones, mientras que la inhiben a altas concentraciones (Jules, 1981) citado por (Montaño y Méndez 2009).

Mella,(1997)citado por Montaño y Méndez (2009), señalan que el ácido indol acético y el ácido giberélico promueven el crecimiento de la plantas de semillero en varias concentraciones.

Iqbal, (2009) citado por Montaña y Méndez (2009), señalaron que una reducción en la caída del fruto y un incremento en la producción con la aplicación de ácido naftaleno acético en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.).

En mezcla con 2,4-D Éster isopropílico se utiliza en albaricoquero, cítricos, melocotonero y sus variedades (Nectarino, etc.) y olivo de almazara; con 2,4-D Éster isopropílico y Ácido giberélico se utiliza en fresa y peralvariedad 'Blanquilla'; con AIB y captan en esquejes leñosos, esquejes semileñosos y estaquillas; con AIB y Ziram se utilizan en esquejes herbáceos, esquejes leñosos y esquejes semileñosos; y con ANA-Amida se utilizan para inducir el cuajado de las flores y estimular la actividad vegetativa en cultivos y plantaciones de berenjena, calabacín, ciruelo, fresa, frutales de hoja caduca, guisante verde, haba verde, hortícolas, judía verde, melocotonero y sus variedades (Nectarino, etc.). (Terralia 2012).

Según Montaña y Méndez (2009) en investigaciones realizadas en el alargamiento del fruto de melón (cm), de los reguladores del crecimiento, sólo el ácido naftaleno acético (ANA) afectó el largo del fruto. El ácido índole acético (AIA) y en las diferentes dosis aplicadas no afectó el largo del fruto en ninguna de las épocas de aplicación evaluadas. Al comparar los tratamientos del AIA con el testigo 0 mg L<sup>-1</sup>, a los 14 y 21 DDF (después de la floración), se observa una ligera tendencia a disminuir el tamaño del fruto a medida que se aumentó las dosis del regulador, a excepción de la aplicación realizada 7 DDF. Ninguna de las dosis estudiadas del ANA tuvo efecto sobre el largo del fruto, para las épocas de aplicación 14 y 21 DDF. Pero, también se realizó una investigación del ancho del fruto de melón (cm), en donde el AIA redujo el ancho (11,79 cm) del fruto de melón al compararlo con los frutos obtenidos de la aplicación del ANA a los 14 DDF (13,08 cm). En el resto de los tratamientos no se observó diferencias significativas. Ninguna de las dosis de AIA aumento el ancho del fruto de melón al compararla con el testigo, lo contrario ocurrió con el ANA, lográndose los frutos más anchos con la dosis de 100 mg L<sup>-1</sup> (13,27 cm) sin diferencias significativas a las dosis de 50 y 150 mg L<sup>-1</sup>.

**Recomendaciones de uso:** No es apto para frambueso. Debe aplicarse en condiciones favorables para que sea absorbido inmediatamente, ya que se degrada rápidamente con la luz solar. Los tratamientos dirigidos a provocar la caída del fruto o a evitarla deben repetirse si llueve 4-5 horas después de realizados. La temperatura óptima a la que debe ser aplicado se sitúa entre 15 y 25 °C; se aconseja no aplicar con rocío ni en las horas de mayor calor. No mezclar con otros productos. Terralia(2012).

### **2.8.7 UTILIZACIÓN DE HORMONAS VEGETALES EN EL CULTIVO DE MELÓN Y SANDIA**

Las empresas exportadoras de sandía (*Citrulluslanatus (Thunb)*) del valle la Fragua, Zacapa en la actualidad utilizan métodos de aplicación de hormonas multiplicadores celulares, que consiste en la aplicación de la hormona en el ovario ínfero de la flor a una edad del cultivo de 40 a 45 días después del trasplante utilizando un atomizador para aplicar el producto. Obteniendo resultados satisfactorios en cuanto al aumento de tamaño de frutos. Y el no contar con una forma adecuada de aplicación de este tipo de hormonas se han obteniendo un 11% de la producción destinada al rechazo a causa de deformaciones de los frutos (Ramírez 2012).

Hayata y Niimi (1995) constataron que la aplicación sobre los frutos de sandía (polinizados o no) de la citoquinina CPPU promovía el cuaje y el desarrollo partenocárpico de los frutos.

Se puede aplicar en pulverización directa sobre la flor o, con un pincel, sobre el pedúnculo o bien, sumergiendo la flor en la solución del producto. El primer procedimiento es el más utilizado habitualmente. Se han realizado diversas comparaciones y procedimientos de aplicación del CPPU a la flor: pulverización sobre el todo el ovario o sólo en uno de los lados, sobre los estigmas de la flor, sobre el pedúnculo e incluso pulverización de los extremos de los brotes. El primero de los procedimientos, la pulverización de todo el ovario, es claramente superior a los demás. En buenas condiciones y si no hay sobre la planta frutos en crecimiento, el cuaje normalmente pasa del 90%.

Según estudios realizados en la aplicación de ácido naftalenacético en el cultivo de melón HoneyDew, se ha determinado un efecto significativo en cuanto al aumento de tamaño de frutos, predominado principalmente los tamaños cuatro, cinco y seis obteniendo un promedio de tres frutos por metro lineal.

De acuerdo a Vásquez (2012), la utilización de Aminoácidos, vitaminas, carbohidratos, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, en el cultivo de melón HoneyDew estimula el crecimiento de los frutos, predominando los tamaños 4,5,6 obteniendo un promedio de 3 frutos por metro lineal.

Sosa (2012), afirma que la aplicación de hormonas en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb)) ha contribuido a un 8% de fruta de rechazo por deformaciones de las mismas.

### III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

#### 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO:

La demanda de sandía triploide en el mercado internacional ha aumentado considerablemente, esto ha provocado que la frontera agrícola del cultivo se expanda, principalmente en la región Oriental de Guatemala.

Según Toledo (2000). Para la producción de sandía es necesario utilizar tecnología avanzada, con relación a los cultivos tradicionales, esto implica el uso de cobertura plástica, fertirrigación y otras prácticas que determinan el rendimiento y calidad en los parámetros de consistencia, concentración de sólidos solubles y características físicas externas para cumplir con las exigencias del mercado importador.

MAGA (2011), afirma que la producción de cucurbitáceas en el departamento de Zacapa, representa el 86.2% del país. Las estadísticas de AGEXPORT (2012). Demuestran que las exportaciones de productos no tradicionales ascendieron a US\$2.9 mil millones, que representaron el 67% del total exportado del país.

En la actualidad la ventana de exportación de sandía en el valle de la Fragua - Zacapa se realizan en dos etapas importantes en los periodos de: septiembre a diciembre con 1,200 hectáreas y de febrero a abril con 1200 hectáreas, producción que está destinada al mercado internacional principalmente los Estados Unidos de América (Comité de meloneros 2011).

Durante el periodo de Mayo a Septiembre no existe mercado para los EEUU, por lo tanto los agricultores individuales se ven beneficiados con la demanda del mercado local y centro americano principalmente los países del Salvador y Honduras, produciendo aproximadamente un área de 300 a 400 hectáreas.

Las condiciones favorables para la producción y comercialización de sandía que existe en la región Oriental del país, han permitido el incremento de innovaciones tecnológicas en el manejo agronómico del cultivo para mejorar el rendimiento y calidad de la

producción a causa de la gran demanda existente en el mercado nacional e internacional.

Entre estas innovaciones, las hormonas de crecimiento ha sido la alternativa más utilizada por los productores de sandía triploide, ya que contribuye a la reducción de la inestabilidad de la multiplicación celular y estimulación del crecimiento partenocarpico (problemática que posee la sandía triploide), mejorando el rendimiento y calidad de la producción y por ende aumentar los ingresos económicos y utilidad de la empresa.

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. (Ramírez 2012).

Tomando en cuenta que las empresas agroexportadoras de sandía son de gran importancia para la economía de Guatemala, porque es el principal generador de empleo del Oriente del país contribuyendo en el desarrollo social mejorando la calidad de vida de las personas del lugar. Es por ello que se realizó esta investigación con el propósito de determinar el método de aplicación de hormonas que reduzca el porcentaje de frutos deformes, aumentando y mejorando el rendimiento y calidad de la fruta; como también la rentabilidad y utilidad de la empresa.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

Evaluar el efecto del uso de hormonas de crecimiento en tres métodos de aplicación sobre el rendimiento y calidad de los frutos de sandía en el Valle de La Fragua, Zacapa.

### **4.2 ESPECIFICOS**

Determinar el efecto de los métodos de aplicación y la hormona de crecimiento sobre el porcentaje de rechazo de frutos deformes en el cultivo de la sandía.

Determinar el efecto de los métodos de aplicación y el estimulante de crecimiento, sobre la calidad de los frutos de sandía.

Determinar los costos de aplicación y eficiencia de la hormona en cada uno de los tratamientos a evaluar.

## **V. HIPOTESIS**

### **5.1 HIPOTESIS ALTERNA**

Por lo menos uno de los dos estimulantes de crecimiento tendrá diferencia significativa en el rendimiento y calidad de los frutos del cultivo de la sandía.

Existe diferencia significativa en alguno de los métodos de aplicación de estimulantes de crecimiento, que reduzca el porcentaje de frutos deformes a causa de la mala utilización de estimulantes de crecimiento en el cultivo de sandía.

## **VI. METODOLOGIA**

### **6.1 LOCALIZACIÓN**

El estudio se realizará en la empresa agroexportadora ZACAEXPO S.A, ubicada en finca el Oasis, Valle de la Fragua del departamento de Zacapa, a una altura de 228 metros sobre el nivel del mar (msnm) en las coordenadas cartográficas 14°57'30" latitud Norte y 89°35'13" longitud Oeste. Esta región se caracteriza por poseer un clima cálido seco (De la Cruz, 1982).

Según Holdridge (1985), el área se ubica dentro de la zona de vida Monte Espinoso Subtropical, la vegetación natural del área está conformada por arbustos y plantas espinosas, entre las que se tienen como plantas indicadoras *Cactus spp*, *Acacia farnesiana*, *Pereskiasp*, *Cardia alba* y *Guaiacumsp*. Se definen dos estaciones del año invierno y verano. Según Simoons (1959), el área del experimento se encuentra ubicada en la serie de Suelos de los Valles, los cuales son poco profundos, con topografía que va de plano a ligeramente inclinado. La textura del suelo es franco arcilloso.

### **6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

#### **6.2.1 SANDIA**

Según Víctor Gudiel, las sandías sin semillas se han cultivado por más de 30 años, pero solo en los últimos 10 años que su producción se ha incrementado, debido a una gran demanda por parte de los consumidores y debido también al mejoramiento genético que ofrece híbridos de excelente calidad. Su consumo ha aumentado en los Estados Unidos y en los países Europeos. Debido a que las variedades híbridas de sandía sin semilla producen polen estéril, es necesario para su producción intercalar entre el cultivo una variedad polinizadora que fecunde la flor femenina del triploide y que debe ser completamente diferentes en color de la piel a la variedad de la sin semilla.

El material experimental a utilizar en la investigación es la variedad TRI – X injertada en Chintosa. Esta variedad produce frutas de 15 a 18 libras de alta calidad, sabor dulce, textura firme y pulpa crujiente; su ciclo de vida es de 90 días.

El cuajado y engorde de fruto de sandía depende de los reguladores de crecimiento en el polen y de los embriones de las semillas en desarrollo dentro del fruto. Las flores de sandía triploide no producen polen viable en cantidad suficiente para inducir cuajado y desarrollo de frutos. Por tanto, deben intercalarse sandías diploides polinizadoras con sandías triploides para proporcionar polen adicional. Utilizándose como polinizador la variedad SANGRIA que es de forma ovalada con la piel de color verde claro y pulpa roja, destinándose para la venta en mercados locales y la TRI - X para la exportación. (Singenta).

### **6.3 FACTORES A ESTUDIAR**

#### **6.3.1 ACIDO GIBERELICO AL 4%**

Las giberelinas son el grupo más numeroso de hormonas vegetales que se conoce en la actualidad. Actualmente hay más de 90 giberelinas aislada de tejidos vegetales, que han sido identificadas químicamente, varían algo en estructura y también en actividad. La mejor conocida del grupo es la GA3 (ácido Giberelico), producida por el hongo *Giberellafujikuroi*, cuya actividad fue descubierta por Kurosawa. (Rafael LlunaDuval 2006).

Su función es estimular la elongación de las células y alargar la vida verde o postcosecha de las frutas climatéricas, ya que reduce la producción de etileno por parte de las mismas. Se usa para aumentar el tamaño de los frutos, para mantener el crecimiento vegetativo activo, para alargar el tallo de las flores y para retardar la maduración de las frutas. (Rafael LlunaDuval 2006).

#### **6.3.2 ACIDONAFTALENACETICO (NAA) AL 3.5%**

Esta hormona pertenece al grupo de las **Auxinas**, cuyo nombre proviene del término griego que significa crecer, le es dado a un grupo de compuestos que estimula la elongación. Entre los aspectos fisiológicos relacionados con el NAA: estimula la elongación celular, la diferenciación de xilema y floema, retrasa la senescencia de las hojas, puede inhibir la abscisión de la hoja o el fruto. También estimula el crecimiento y

maduración de las frutas y el crecimiento de partes de la flor, facilita el cuajo del fruto, etc. (Rafael LlunaDuval 2006).

### **6.3.3 METODOLOGÍAS DE APLICACIÓN**

#### **a. UNA APLICACIÓN**

Esté método consiste en aplicar la hormona en el ovario ínfero de la flor (fecundada o no) a una edad de 40 a 45 días después del trasplante utilizando un atomizador, aplicando una descarga del atomizador a un costado de la flor.

#### **b. DOS APLICACIONES**

Esté método consiste en aplicar la hormona en el ovario ínfero de la flor (fecundado o no) una edad de 40 a 45 días después del trasplante utilizando un atomizador, aplicando dos descarga del atomizador en dos costado del flor.

#### **c. SUMERSIÓN**

Esté método consiste en aplicar la hormona en el ovario ínfero de la flor (fecundado o no) a una edad de 40 a 45 días después del trasplante, aplicando la hormona, sumergiendo la floren la solución de mezcla del producto.

### **6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS**

Los tratamientos en esta investigación serán 6 (es decir 2 estimulantes de crecimiento, en 3 formas de aplicación). La interacción de los tratamientos se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 2: Descripción de los tratamientos evaluados**

<b>FACTOR A</b>	<b>FACTOR B</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>ÁcidoGiberelico</b>	<b>Aplicación 1</b>	<b>T1</b>	<b>Ácido Giberelico al 4% con la aplicación 1</b>
	<b>Aplicación 2</b>	<b>T2</b>	<b>Ácido Giberelico al 4% con la aplicación 2</b>
	<b>Aplicación 3</b>	<b>T3</b>	<b>ÁcidoGiberelico al 4% con la aplicación 3</b>
<b>ÁcidoNaftalinacetico</b>	<b>Aplicación 1</b>	<b>T4</b>	<b>Ácido Naftalinacetico al 3.5% con la aplicación 1</b>
	<b>Aplicación 2</b>	<b>T5</b>	<b>ÁcidoNaftalinacetico al 3.5% con la aplicación 2</b>

	<b>Aplicación 3</b>	<b>T6</b>	<b>ÁcidoNaftalinacetic oal 3.5% con la aplicación 3</b>
<b>Testigo</b>	<b>Sin aplicación</b>	<b>T7</b>	<b>No se aplicará hormonas de crecimiento</b>

## 6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizará el diseño experimental de bloques completamente al azar, con siete (7) tratamientos y cuatro (4) repeticiones.

## 6.6 MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + E_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = la puntuación del  $i$  sujeto bajo la combinación del  $j$  valor del factor A y el  $k$  valor del factor B.

$\mu$  = la media común a todos los datos del experimento.

$\alpha_j$  = el efecto o impacto de  $j$  nivel de la variable de tratamiento A.

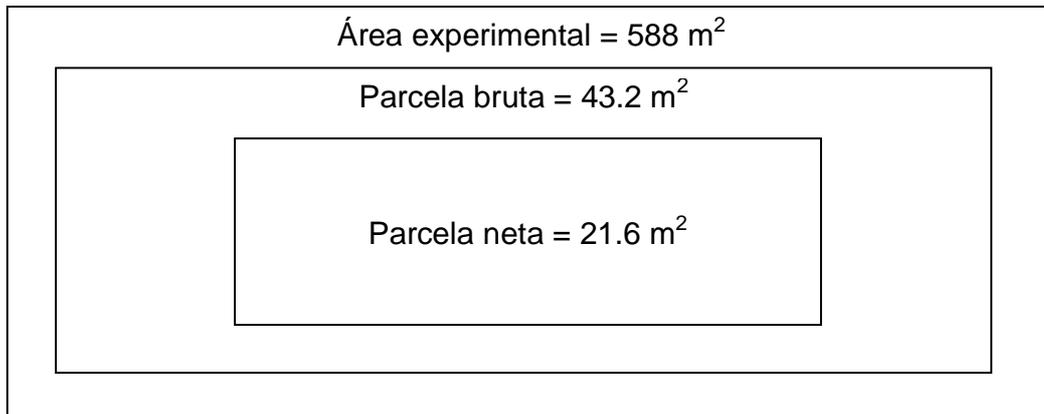
$\beta_k$  = efecto del  $k$  valor de la variable de tratamiento B.

$(\alpha\beta)_{jk}$  = efecto de la interacción entre el  $i$  valor de A y el  $k$  valor de B.

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental o efecto aleatorio de muestreo.

## 6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental consistirá en un área de 588 metros cuadrados, en donde la parcela bruta será de 43.2 metros cuadrados y la parcela neta será de 21.6 metros cuadrados.



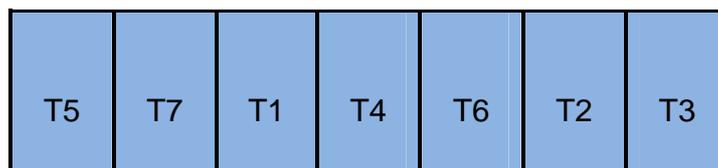
**Figura 2:** Unidad experimental

## 6.8CROQUIS DE CAMPO

### BLOQUE I



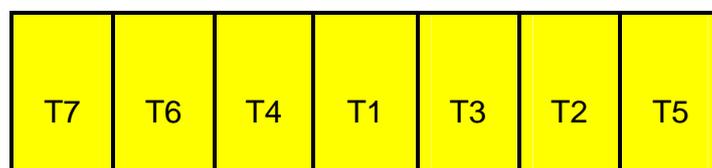
### BLOQUE II



### BLOQUE III



### BLOQUE IV



**Figura 3:** Distribución de los tratamientos en el campo.

## **6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.9.1 SIEMBRA**

Esta se realizará por medio de trasplante de pilones variedad TRI - X intercalando un polinizador variedad SANGRIA por cada tres plantas de la variedad comercial, a un distanciamiento de 1.5 m entre planta comercial (TRI - X) Y 3 m entre planta polinizadora (SANGRIA) y un distanciamiento entre surco de 1.80 m. La tecnología a utilizar en el terreno de cultivo es: mulch de plástico de polietileno, riego por goteo y cobertura flotante.

### **6.9.2 DESTAPE DEL CULTIVO**

El destape se realizó cuando la planta tiene la edad de 25 días después del trasplante, cuando la planta ya ha desarrollado las primeras hojas verdaderas.

### **6.9.3 MONITOREO DE FLOR FEMENINA**

Este monitoreo se realiza después del destape del cultivo con el propósito de determinar el porcentaje de flor femenina que se encuentra desarrollada en la planta, en el primer conteo este porcentaje va desde 2 a 5 % el óptimo. Estos monitoreos se siguen realizando hasta los 40 a 45 DDT.

### **6.9.4 APLICACIÓN DE FITOHORMONAS**

La aplicación de fitohormonas se realizó a los 43 DDT, siendo está la etapa en que la planta presenta el desarrollo de la mayoría de las flores femeninas, para determinar la época de la aplicación en el rango establecido, se realizaran monitoreos de campo utilizando el método de conteos al azar de flores femeninas en un (1) metro lineal y el criterio del técnico según su experiencia en el cultivo.

El propósito de la aplicación de hormonas estimular el proceso crecimiento en la flor el cual se da por la división celular, ya que en las sandia triploide dicho proceso no es estable. En la investigación se realizaran tres formas de aplicación más el testigo, las cuales son:

- **UNA APLICACIÓN**

Esté método consiste en aplicar la hormona en el ovario ínfero de la flor (fecundada o no) a una edad de 40 a 45 días después del trasplante utilizando un atomizador, aplicando una descarga del atomizador a un costado de la flor.

- **DOS APLICACIONES**

Esté método consiste en aplicar la hormona en el ovario ínfero de la flor (fecundado o no) una edad de 40 a 45 días después del trasplante utilizando un atomizador, aplicando dos descarga del atomizador en dos costado del flor.

- **SUMERSIÓN**

Esté método consiste en aplicar la hormona en el ovario ínfero de la flor (fecundado o no) a una edad de 40 a 45 días después del trasplante, aplicando la hormona, sumergiendo la flor en la solución de mezcla del producto.

- **TESTIGO**

El testigo, consiste en contemplar una parcela sin aplicación de hormonas con el propósito de comprobar la eficiencia de la aplicación de las mismas.

### **6.9.5 MONITOREO DEL CULTIVO**

Esta actividad se realiza constantemente con un intervalo de 3 a 5 días, con el propósito de observar y documentar el comportamiento de cada uno de los tratamientos a evaluar.

### **6.9.6 COSECHA**

El punto óptimo de cosecha es de 90 DDT, en el cual se realizaran análisis de rendimiento (realizando conteos de tamaños de fruta en kg/ha), calidad (calculando la cantidad de grados brix de los frutos y peso promedio en Kg.) y porcentaje de frutos deformes (realizando conteos al azar de la cantidad de frutos deformes encontrados en tres metros cuadrados, el cual indicara el porcentaje que se encuentra en una hectárea).

## **6.10 VARIABLE DE RESPUESTA**

### **RENDIMIENTO**

Se determinará el rendimiento en (kg/ha), realizando un conteo al azar de tamaños de fruto en tres (3) metros lineales en los tratamientos para obtener:

- La cantidad y peso de los frutos en cada uno de los tamaños determinados (rendimiento bruto).
- La cantidad y peso de los frutos exportables en cada uno de los tamaños determinados.

### **CALIDAD**

Los parámetros de calidad de la fruta, se determinaran midiendo la cantidad de sólidos solubles (Grados Brix), apariencias externa e interna de la fruta y otros estándares de o controles de calidad que la empresa considere en función de las exigencias del mercado.

### **FRUTOS DEFORMES**

Los frutos deformes se medirán en porcentaje (%), realizando un conteo de la cantidad de frutos deformes en tres (3) metros lineales.

### **RENTABILIDAD**

La rentabilidad de la aplicación de hormonas para cada uno de los tratamientos, se realizará en base a la relación beneficio – costo.

## **6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **6.11.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realizará un estudio de carácter estadístico (análisis de varianza), para determinar si existe diferencia significativa en los factores y/o variables estudiadas; de ser así se procederá a realizar la prueba de medias LSD Fisher con un nivel de significancia del 5%.

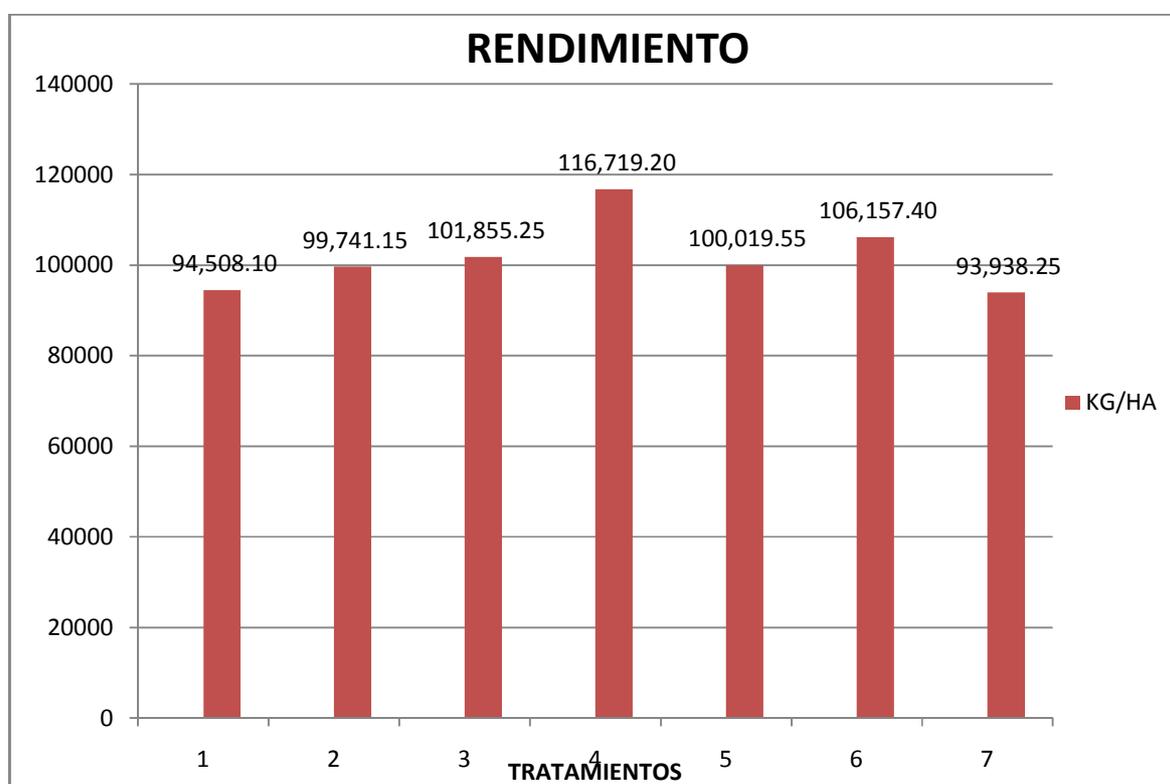
### **6.11.2 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Se realizará un estudio de carácter económico, para determinar la rentabilidad de la aplicación de fitohormonas en el cultivo de Sandía (*Citrullulanas (Thunb)*), de los tratamientos que según el análisis estadístico presenten diferencia significativa; este estudio se realizara por medio de la relación beneficio – costo.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 RENDIMIENTO (kg/ha) OBTENIDO POR EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ESTIMULANTES DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE SANDÍA

Según el congreso de meloneros (2013), el rendimiento rentable para el cultivo de sandía variedad TRI – X oscila entre 45,000 a 60,000 Kg/Ha. Con el cual se cubren los costos de producción y se obtiene un excedente aceptable. La siguiente grafica nos demuestra que todos los tratamientos fueron superiores al testigo en cuanto a la variable de rendimiento; lo que demuestra que la aplicación de hormonas de crecimiento en el cultivo de sandía aumenta considerablemente la producción. Demostrando que el tratamiento 4 (Ácido naftalenacético con la aplicación 1) fue superior a todos los demás tratamientos en peso por unidad de área (Kg/Ha).



**Figura 4:** Rendimiento (Kg/Ha) de cada uno de los tratamientos evaluados.

Por consiguiente los resultados expresados en el cuadro 3, demuestran que: estadísticamente no existe diferencia significativa en ninguno de los tratamientos en cuanto al rendimiento (Kg/Ha) por efecto de la aplicación de estimulantes de crecimiento en el cultivo de sandía porque todos los tratamientos están dentro o arriba del rango de producción rentable.

**Cuadro 3: Análisis de Varianza de Rendimiento (Kg/Ha)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg/Ha	28	0.12	0.00	14.01

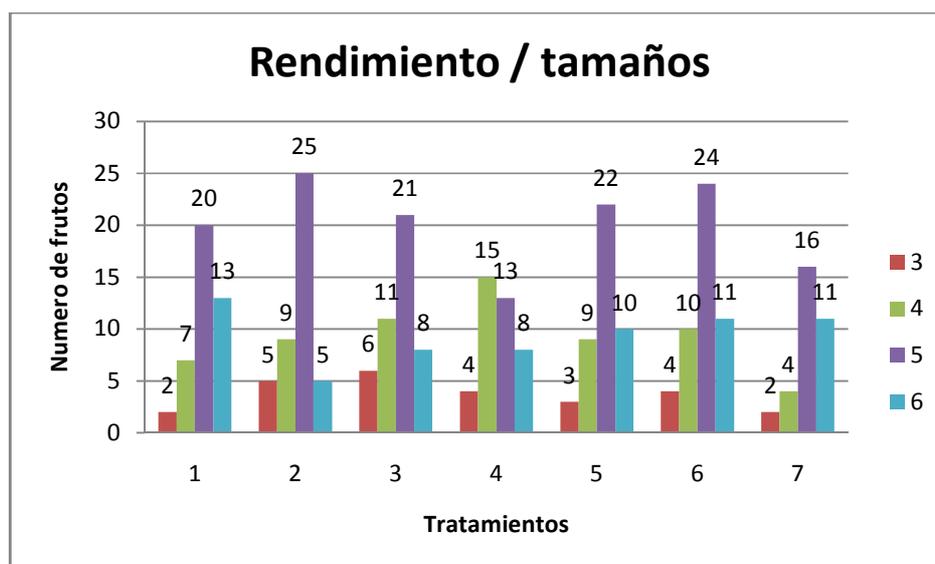
**Fuente:** Autor (2014) elaborado en: INFOSTAT. IDB2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	117146728.56	4	29286682.14	0.82	0.5286
FACTOR A	114255799.47	2	57127899.74	1.59	0.2256NS
FACTOR B	2890929.09	2	1445464.55	0.04	0.9606NS
Error	826457621.43	23	35932940.06		
Total	943604349.99	27			

**Fuente:** Autor (2014), elaborado en: INFOSTAT. IDB2

Considerando que el enfoque de la utilización de hormonas reguladoras de crecimiento en el cultivo de sandía, es mejorar y/o facilitar el proceso de crecimiento de los frutos con el propósito de alcanzar los tamaños 4, 5 que son los más apetecidos en el mercado internacional. En la siguiente grafica podemos observar que la utilización de acidogiberelico al 4% y/o acidonaftalinacetico al 3.5% favorecen el incremento de la producción de frutos de tamaño 5 principalmente; lo que favorece económicamente al productor ya que dichos frutos poseen mejor precio en el mercado que frutos de otros tamaños.



**Figura 5:** Rendimiento por tamaños de cada uno de los tratamientos evaluados.

Por lo tanto Analizando los resultados obtenidos en la investigación, nos muestra que el tratamiento de ÁcidoNaftalinacetico con la aplicación 1 tiene el rendimiento más alto;pero obtuvo un promedio de 11.5% de rechazo a causa de deformaciones de frutos.

Por el contrario el tratamiento de Ácido Giberelico con la aplicación 2 y sumersión expresan menor rendimientoque el tratamiento antes mencionado pero también expresa un promedio de rechazo por deformaciones de: 6.50% y 8.98%. Tomando en cuenta que la variable de rendimiento está expresada en peso por unidad de área (kg/ha), se define que el tratamiento de ÁcidoNaftalinacetico con una aplicación obtuvo frutos más grandes y por ende más pesados, pero la cantidad de frutas cosechas por unidad de área es menor que la del tratamiento de Ácido Giberelico con la aplicación de sumersión y aplicación dos. Por lo tanto se definió que ambos rendimientos (Ácido Giberelico y Acido Naftalinacetico) son aceptables ya que se encuentran dentro de especificaciones por el mercado, pero el obtener mayor número de frutos de tamaño 4 y 5 aumenta las ganancias del productor ya que estos tamaños posee mejor precio en el mercado internacional.

## 7.2 Calidad de los frutos (cantidad de sólidos solubles) obtenido por efecto de la aplicación de estimulantes de crecimiento en el cultivo de sandia.

De acuerdo a los resultados expresados en el cuadro 6, estadísticamente no existe diferencia significativa en la calidad, expresada en la cantidad de sólidos solubles concentrada en los frutos.

**Cuadro 4: Análisis de Varianza de Sólidos Solubles**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
°Brix	28	0.12	0.00	7.95

**Fuente:** Autor (2014) elaborado en: INFOSTAT. IDB2

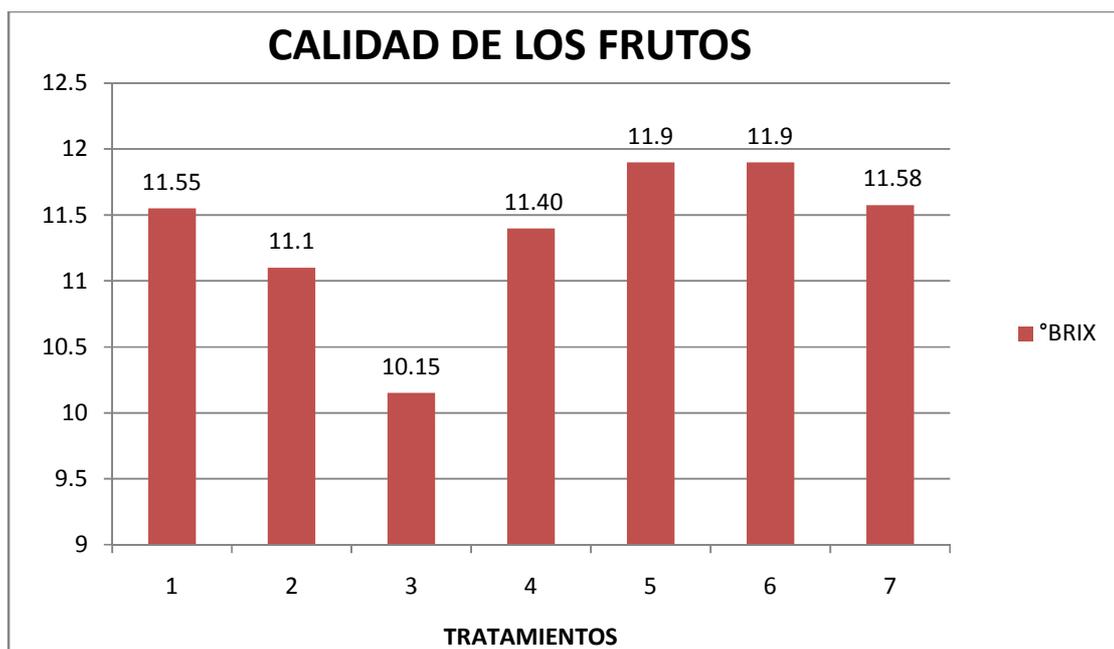
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	2.67	4	0.67	0.82	0.5263
FACTOR A	1.47	2	0.73	0.90	0.4207NS
FACTOR B	1.21	2	0.60	0.74	0.4887NS
Error	18.77	23	0.82		
Total	21.44	27			

**Fuente:** Autor (2014), elaborado en: INFOSTAT. IDB2

Analizando la siguiente grafica, se puede observar que todos los tratamientos presentan una concentración de sólidos solubles similares y dentro de las especificaciones

aceptables para la exportación. Por consiguiente se determinó que la aplicación de estimulantes de crecimiento en el cultivo de sandía no influyen en la calidad del producto en cuanto a concentración de sólidos solubles, de forma que la principal función de las hormonas reguladoras de crecimiento es la estimulación (a pequeñas concentraciones) o inhibición ( a altas concentraciones) de las plantas tanto en frutos como también en brotes y el sistema radicular.



**Figura 5:** Calidad de los frutos expresado en concentración de sólidos solubles (Grados Brix).

### **7.3 Porcentaje de rechazo obtenido por efecto de la aplicación de estimulantes de crecimiento en el cultivo de sandía.**

Según congreso de Meloneros (2013), para determinar el porcentaje de frutos deformes en campo es importante realizar conteos de visualización en metros cuadrados, ya que la mayor parte de los frutos se encuentran fuera de los límites de la cama o surco.

De acuerdo a los resultados expresados en el cuadro 9, cabe mencionar que estadísticamente no existe diferencia significativa en ninguno de los tratamientos ya que todos los tratamientos presentan un porcentaje de rechazo similar.

**Cuadro 5: Análisis de Varianza de frutos deformes**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Frutos deformes	28	0.12	0.00	19.42

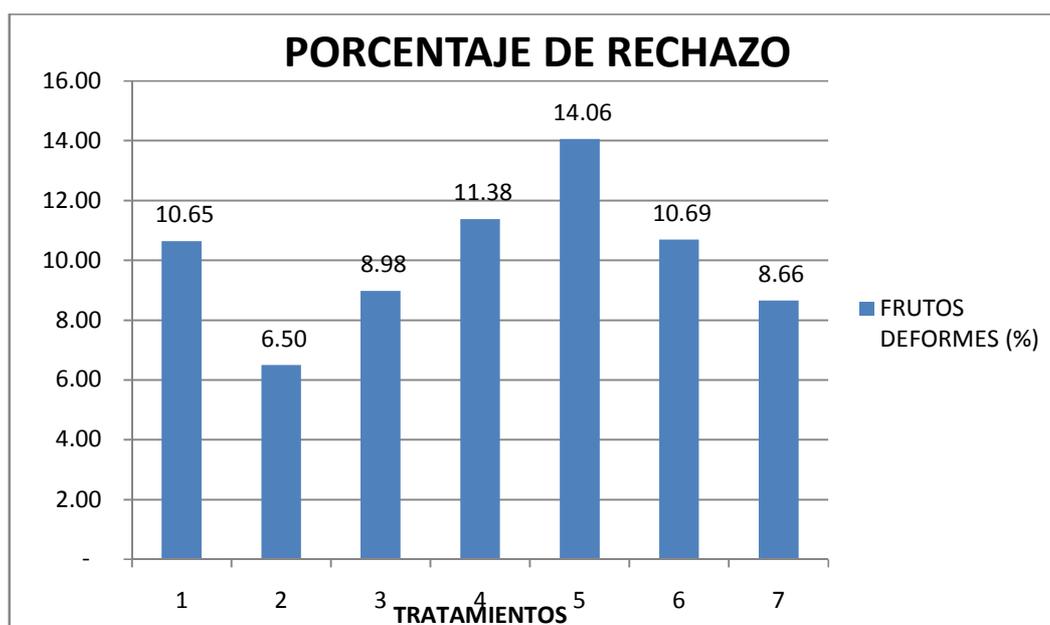
**Fuente:** Autor (2014) elaborado en: INFOSTAT. IDB2

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	82.68	4	20.67	0.76	0.5609
FACTOR A	77.03	2	38.51	1.42	0.2623NS
FACTOR B	5.66	2	2.83	0.10	0.9015NS
Error	624.22	23	27.14		
Total	706.90	27			

**Fuente:** Autor (2014), elaborado en: INFOSTAT. IDB2

En la grafica, podemos observar que el tratamiento que el tratamiento 2 (acidogiberelico con aplicación 2) y el tratamiento 3 (acidogiberelico con aplicación de sumersión) presenta un descenso en el porcentaje de frutos de rechazo por mal formaciones, menor al 11% que es el promedio publicado por el congreso de meloneros de la región; lo que demuestra que la utilización de estimulantes de crecimiento con el método de aplicación adecuado mejora el rendimiento, aumentando la cantidad de frutos en los tamaños 4 y 5 los cuales se venden a un mejor precio en el mercado internacional, principalmente los Estados Unidos de América.



**Figura 7:** Porcentaje de frutos deformes obtenidos de la aplicación de hormonas de crecimiento.

#### 7.4 Análisis de rentabilidad en la aplicación de hormonas de crecimiento en el cultivo de Sandía.

Según los resultados obtenidos en el análisis “**relación beneficio-costo**” (Cuadro 12) se puede observar que el tratamiento Acido Naftalinacetico con la aplicación 1 (T4) obtuvo un Q4.38 en el análisis de relación beneficio costo lo que equivale a un 81% de rentabilidad mostrándose superior a los demás tratamientos evaluados.

Realizando un análisis más exhaustivo de la variable, el tratamiento de Ácido Giberelico con la aplicación de sumersión (T3) demostró tener menor porcentaje de frutos deformes que el tratamiento 4; por lo tanto el tratamiento 3 posee mayor cantidad de frutos que el tratamiento 4, aunque el tratamiento 4 posea frutos más grandes y pesados.

Por consiguiente el tratamiento 3 obtuvo un Q3.70 en el estudio de relación beneficio - costo lo que equivale a un 79% de rentabilidad, indicando que el tratamiento 3 es rentable al igual que el tratamiento 4 con la diferencia que el tratamiento 3 provoca menor porcentaje de rechazo por deformaciones de frutos.

**Cuadro 6:** Elaboración del análisis económico de relación beneficio - costo

Tratamiento	Kg/Ha	Costo de la aplicación	Costo de producción	Ingresos por hectárea	Utilidad	Rentabilidad (%)	Beneficio/costo
Ac. Giberelico Aplicación 1	94,508.10	Q 882.00	Q 120,403.68	Q 524,519.96	Q 404,116.28	77%	Q 3.36
Ac. Giberelico Aplicación 2	99,741.15	Q 882.00	Q 120,403.68	Q 553,563.38	Q 433,159.71	78%	Q 3.60
Ac. Giberelico Aplicación 3	101,855.25	Q 882.00	Q 120,403.68	Q 565,296.64	Q 444,892.96	79%	Q 3.70
Ac. Naftalaninacetico Aplicación 1	116,719.20	Q 930.00	Q 120,451.68	Q 647,791.56	Q 527,339.88	81%	Q 4.38
Ac. Naftalaninacetico Aplicación 2	100,019.55	Q 930.00	Q 120,451.68	Q 555,108.50	Q 434,656.83	78%	Q 3.61
Ac. Naftalaninacetico Aplicación 3	106,157.40	Q 930.00	Q 120,451.68	Q 589,173.57	Q 468,721.89	80%	Q 3.89
Testigo	93,938.25		Q 119,521.68	Q 521,357.29	Q 401,835.61	77%	Q 3.36

## VIII. CONCLUSIONES

La utilización de estimulantes de crecimiento aumenta considerablemente el rendimiento del cultivo, por la aceleración de 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.

En relación al porcentaje de rechazo, los mejores resultados se obtuvieron de la aplicación de Ácido Giberelico con el método de aplicación dos (T2) con un 6.50% y la aplicación de Ácido Giberelico con el método de aplicación de sumersión (T3) con un 8.98%; el resto de tratamientos se encuentran dentro del rango de 10-11% que es el que actualmente está manejando las empresas productoras, lo que demuestra un descenso significativo en el porcentaje de fruta rechazada por deformaciones.

La utilización de hormonas de crecimiento en el cultivo de sandía, contribuye principalmente en la multiplicación celular del fruto en estado inmaduro, para facilitar el proceso de desarrollo y puedan alcanzar los tamaños deseados por el mercado (3, 4, 5). Pero en relación a la calidad interna de la fruta principalmente los sólidos solubles no causan efecto alguno.

El costo de aplicación de estimulantes de crecimiento por hectárea es: Q882.00 para el Ácido Giberelico y Q930.00 para el ÁcidoNaftalinacetico. En cuanto a la relación beneficio - costo, el tratamiento 4 (acidonaftalenacetico con la aplicación 1) obtuvo un Q 4.38 lo que equivale a un 81% de rentabilidad y el tratamiento 3 (Acidogiberelico con la aplicación de sumersión) obtuvo un Q 3.70 de relación beneficio - costo que equivale a un 79% de rentabilidad.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Para efectos de investigación se recomienda evaluar el ácido Giberelico, Acido Naftalinacetico u otros estimulantes de crecimiento aplicados con el método de sumersión y dos aplicaciones al ovario ínfero de la flor en el cultivo de sandía, con el propósito de determinar el efecto del porcentaje de deformación de frutos y niveles de eficiencia del producto.

Evaluar el efecto sobre la aplicación de Ácido Giberelico con la aplicación de sumersión total del ovario ínfero de la flor en 3 diferentes edades de desarrollo, para determinar el aumento o descenso del porcentaje de rechazo de frutos deformes causado por la aplicación de estimulantes de crecimiento.

## X. BIBLIOGRAFIA

- Alicia Polidura Pérez. GIBERELINAS. Introducción. Localización y descubrimiento. Naturaleza química. Biosíntesis. Transporte. Niveles endógenos. Efectos fisiológicos. Valoraciones biológicas. Modo de acción. Disponible en: [www.unioviado.es/bos/Asignaturas/Fvca/Apuntes/Tema25.doc](http://www.unioviado.es/bos/Asignaturas/Fvca/Apuntes/Tema25.doc)
- Cabrera Vásquez Wilder (1999). *ASPECTOS FISIOLÓGICOS EN LA FORMACIÓN DE RAICES ADVENTICIAS*. Disponible en: [www.lamolina.edu.pe/agronomia/dhorticultura/.../wildercabrera.doc](http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/dhorticultura/.../wildercabrera.doc)
- Canales Cruz Roberto (2003). *CADENA AGROALIMENTARIA DE SANDIA CARACTERIZACIÓN DE LOS ESLABONES DE LA CADENA E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS Y DEMANDAS TECNOLÓGICAS*. Campeche, México. Disponible en <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit52.pdf>
- Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. *MONOGRAFÍA DE LA SANDIA*. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/69892980/MONOGRAFIA-SANDIA2010>
- Cano López José Luis. (2004). *EVALUACION DE SUSTRATOS Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE PLANTAS DE SANDÍA (Citrullus lanatus L.) BAJO INVERNADERO, PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA, EN SALAMA, BAJA VERAPAZ*. Tesis de Ingeniero Agrónomo Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Pág. 4.
- Consejería Comercial de Bancomext (2005). *INVESTIGACIÓN DE MERCADO PREPARADA PARA: CONSEJO PARA LA PROMOCION ECONOMICA DE SONORA PRODUCTO: SANDIA SIN SEMILLA*. Toronto, Canadá. Disponible en: <http://www.docstoc.com/docs/115603838/Investigaci%EF%BF%BDn-de-Mercado-Sand%EF%BF%BDa-sin-Semilla>

Del Cid Rosales (2005). *EFFECTO DE TRES GENOTIPOS POLINIZADORES Y DE TRES ARREGLOS TOPOLOGICOS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL CULTIVO DE SANDIA Citrulluslanatus TRIPLOIDE: "MILLONARIA". LA FRAGUA, ZACAPA*. Tesis de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Producción Hortícola, Guatemala.

Gómez Miguel (Instituto Valenciano de Investigación Agrarias). *SANDÍA SIN SEMILLAS OBTENIDA SIN POLINIZAR*. Disponible en:  
<http://www.ivia.es/sdta/pdf/revista/horticolas/24tema07.pdf>

GudielVictor (2013). *CULTIVO DE SANDIA TRIPLOIDE*. Productora de Semillas S.A. disponible en:  
<http://www.productoradesemillas.com/Artecnicos/Hortalizas/Recomendacionesdemanejodecultivodesandiatriploide.pdf>.

Hayata, Y.; Niimi, Y. (1995) *INDUCCION PARTENOCÀRPICA EN LA FRUTA DE MELÓN CON BIOREGULADORES*. J. Amor. Hort. Sci 120 (6)

Holdridge. (1985). *TALLER SOBRE MAPIFICACIÓN ECOLÓGICA EN EL NIVEL DE ZONA DE VIDA*. S.n. Ingrid Bernadette

LlunaDuval Rafael (2006). *HORMONAS VEGETALES: CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA*. España.

Sistema Integrado de la Información Taxonómica (ITIS) (2014). *INFORMACIÓN TAXONÓMICA (NOMBRE CIENTIFICO) DE LA SANDIA*. Disponible en:  
<http://www.itis.gov>.

Montaño Mata Nelson José y Méndez Natera Jesús Rafael (2009). *EFFECTO DEL ÁCIDO INDOL – 3 – ACÉTICO Y EL ACIDO NAFTALENACÉTICO SOBRE EL LARGO Y ANCHO DEL FRUTO DE MEÓN (Cucumismelo L.) CULTIVAR EDISTO 47*. (en línea). Venezuela, consultado el 30 de Octubre de 2012. Disponible en:  
<http://www.bioline.org.br/pdf?cg09067>

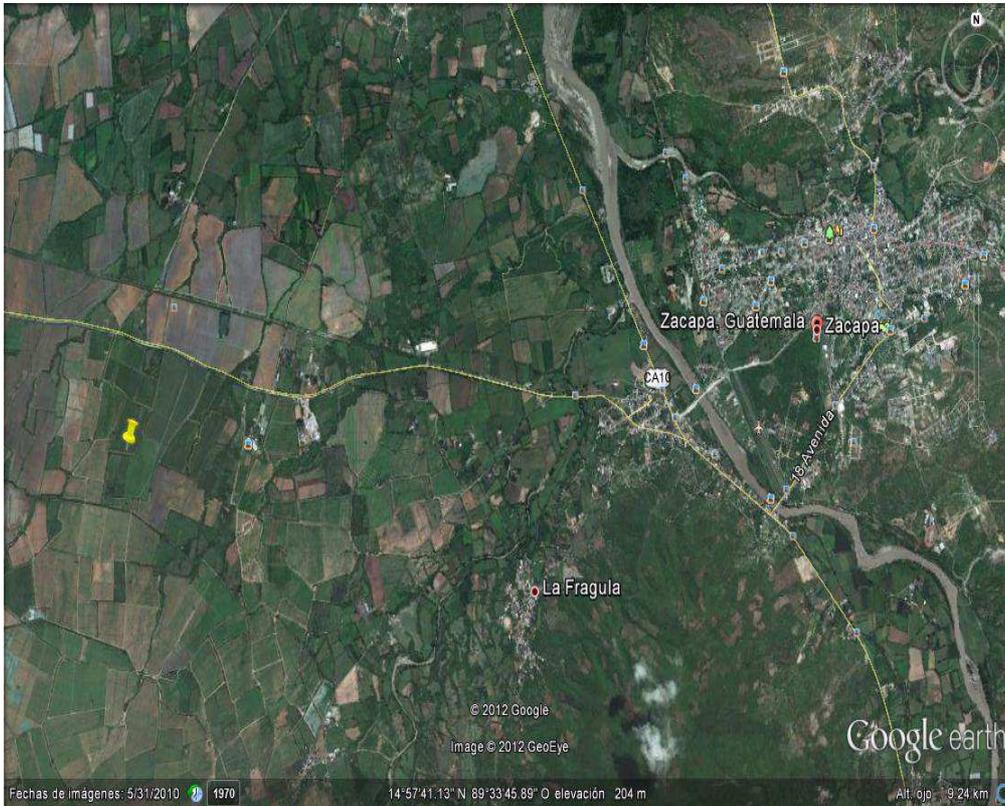
- Maroto Borrego José Vicente, Pomares García Fernando y Gómez Alfredo Miguel (2002). *EL CULTIVO DE LA SANDIA*. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundi – Prensa. España. 322págs.
- Pérez, F. y J. Martínez-Laborde. (1994). *INTRODUCCIÓN A LA FISIOLOGÍA VEGETAL*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola (PROMOSTA) (2005). *GUIAS TECNOLÓGICAS DE FRUTAS Y VEGETALES*. Disponible en: <http://www.zamorano.edu/gamis/frutas/sandia.pdf>
- Ramírez, J. (2012). *MÉTODOS DE APLICACIÓN DE HORMONAS VEGETALES EN EL CULTIVO DE SANDÍA*(entrevista). Zacapa, Guatemala, Agro Exportadora Mundial.
- Simmons, et al (1959). *CLASIFICACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE LOS SUELOS DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA*, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Singenta, (2008). *SANDÍA SIN SEMILLAS, CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y COSTOS DE PRODUCCIÓN DE VARIETADES CON ALTA DEMANDA DE CONSUMO EN LOS MERCADOS DE EXPORTACIÓN*. Disponible en:<http://www.hortalizas.com/variedades-de-semillas/mexico/syngenta>.
- Soberón J.R, Quiroga E.N, Sampietro A.R, Vattuone M.A. *GIBERELINAS*. (En línea). Consultado 31 Agosto 2012. San miguel de Tucumán Argentina Disponible en: [http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores\\_vegetales\\_2005/pdfs/giberelinas.pdf](http://www.biologia.edu.ar/plantas/reguladores_vegetales_2005/pdfs/giberelinas.pdf)
- Sosa, H. (2012). *APLICACIÓN DE HORMONAS DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE SANDÍA* (entrevista). Zacapa, Guatemala, COAGRO S.A.
- Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (SIICEX). *SANDIA*. Disponible en: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/fichaproducto/sandia.pdf>

Terralia (2012). *ACIDO NAFTALEN ACETICO*. (En línea). España. Consultado 29 Agosto 2012. Disponible en: [http://www.terralia.com/agroquimicos\\_de\\_mexico/index.php?proceso=registro&numero=7493&tit=1%20%C3%81CIDO%20NAFTALEN%20AC%C3%89TICO%202012](http://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/index.php?proceso=registro&numero=7493&tit=1%20%C3%81CIDO%20NAFTALEN%20AC%C3%89TICO%202012)

TIMCO-WORLWIDE, *COMERCIALIZADORES DE MINI SANDÍA EN LOS ESTADOS UNIDOS* (2007). Base de datos (en línea). Consultado 20 feb. 2011. Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/briefing/vegetables/vegpdf/watermelonFactors.pdf>

Vásquez, L. (2012). *UTILIZACIÓN DE HORMONAS VEGETALES EN EL CULTIVO DE MELÓN* (entrevista). Zacapa, Guatemala, High Q Internacional.

## ANEXO



**Fuente: Google Eart.**

**Figura 8:** fotografía satelital del valle de la Fragua, Zacapa. La cual muestra con un punto amarillo el lugar en donde estará ubicado el área experimental.

**Cuadro 7:** Cronograma de Actividades.

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>																
<b>Actividad</b>	<b>Septiembre</b>				<b>Octubre</b>				<b>Noviembre</b>				<b>Diciembre</b>			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Siembra			x													
Destape del cultivo						x										
Monitoreo de flor femenina						x										
aplicación de fitohormona								x								
Monitoreo del cultivo			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cosecha																x

**Cuadro 8:** Presupuesto de costos de producción para una hectárea de sandía.

<b>COSTOS DE PRODUCCIÓN EN UNA HECTAREA DE SANDIA</b>					
<b>Conceptos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Total de unidades</b>	<b>Sub totales</b>	<b>Totales</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>					
Arrendamiento de tierra	Ha	Q 1,900.00	1	Q 1,900.00	<b>Q 23,340.49</b>
Subsolado	Ha	Q 162.08	1	Q 162.08	
Arado	Ha	Q 215.00	1	Q 215.00	
Rastreado	Ha	Q 114.51	1	Q 114.51	
Surcado	Ha	Q 58.95	1	Q 58.95	
Enmiendas al suelo	Ha	Q 469.25	1	Q 469.25	
Rotavator	Ha	Q 205.09	1	Q 205.09	
Emplastado, manguera	Ha	Q 5,123.11	1	Q 5,123.11	
Perforado plástico	Ha	Q 110.00	1	Q 110.00	
Siembra	Ha	Q 220.00	1	Q 220.00	
Cubierta de polipropileno	Ha	Q 2,170.00	1	Q 2,170.00	
Fertirrigación	Ha	Q 6,811.25	1	Q 6,811.25	
Colmenas	Ha	Q 375.00	1	Q 375.00	
Cosecha	Ha	Q 2,550.00	1	Q 2,550.00	
Recolección de fruta	Ha	Q 2,000.00	1	Q 2,000.00	
Transporte	Ha	Q 443.75	1	Q 443.75	
Recolección de plástico	Ha	Q 262.50	1	Q 262.50	
Recolección de manguera	Ha	Q 150.00	1	Q 150.00	
<b>COSTOS VARIABLES</b>				Q -	<b>Q 85,315.58</b>
Transporte materiales	Ha	Q 36.59	1	Q 36.59	
Control de malezas	Ha	Q 884.15	1	Q 884.15	
Mantenimiento de plástico	Ha	Q 114.65	1	Q 114.65	
Control de plagas y enfermedades	Ha	Q 4,858.43	1	Q 4,858.43	
Empaque	Caja	Q 6.00	3488	Q 20,928.00	
Transporte	Caja	Q 3.12	3488	Q 10,882.56	
Gastos Administrativos	Caja	Q 13.65	3488	Q 47,611.20	
Imprevistos 10%					<b>Q 10,865.61</b>
<b>COSTOS TOTAL</b>					<b>Q 108,656.07</b>
<b>GRAN TOTAL</b>					<b>Q 119,521.68</b>