

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



**CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE JAMAICA (*HIBISCUS SABDARIFFA*  
L.) EN LA COMARCA LAGUNERA**

**Tesis**

**Que presenta ANA ISABEL GONZÁLEZ CIFENTES  
como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRO EN CIENCIAS AGRARIAS**

Torreón, Coahuila.

Noviembre de 2015

CRECIMIENTO Y PRODUCCION DE JAMAICA (*HIBISCUS SABDARIFFA L.*)  
EN LA COMARCA LAGUNERA

**Tesis**

Elaborada por ANA ISABEL GONZALEZ CIFUENTES como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrarias con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Vicente de Paul Alvarez Reyna  
Asesor principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Vicente Hernández Hernández  
Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Héctor Zermeño González  
Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Raúl Villegas Vizcaíno  
Jefe del Departamento de Postgrado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alberto Sandoval Rangel  
Subdirector de Postgrado

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACyT**), por apoyarme económicamente en la realización de mis estudios de Maestría.

**A MI ALMA MATER** Por haberme acogido en su seno, donde pase una de las etapas más hermosas de mi vida y aprendí a valorar a mis semejantes, así como conocer que la sencillez, honradez, la amistad y el ejemplo son las acciones fundamentales para desarrollarlas en donde nos encontremos y con quien estemos.

**Al Ph. D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA** Un especial agradecimiento, por apoyarme en la investigación, por haber aceptado ser asesor de este trabajo y por ser un gran amigo y profesor ejemplar; mis más expresivas gracias.

**AL DR. HÉCTOR ZERMEÑO GONZÁLEZ** Agradezco de manera especial principalmente por brindarme su amistad, apoyo y confianza en mi persona, como también le agradezco por apoyarme en elaboración de la tesis para guiar mis ideas ha sido un apoyo incondicional para cumplir esta meta mil gracias, y en lo particular quiero agregar que es una gran persona de admiración y respeto gracias por enseñar la gran sabiduría que tiene y un gran ejemplar para la comunidad universitaria, gracias por esos consejos no solo académicos sino también de la vida.

**AL PH. D. VICENTE HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ** Le agradezco por su participación en dicho trabajo de investigación quien es una persona con mucha experiencia y conocimiento que siempre estuvo dispuesto en colaborar

## **DEDICATORIA**

**A DIOS.** Por permitirme lograr esta meta deseada y protegerme durante cada instancia de mi vida, por haberme permitido realizar este trabajo y terminar satisfactoriamente a pesar de todos los obstáculos que se presentaron, te doy gracias mi padre Dios por darme esas fuerzas que necesitaba para lograr este objetivo y cuidar de mis queridos amigos profesores y familiares.

**A MI MADRE CONCHITA.** Por haberme dado la vida, por su comprensión y cariño, por su valentía, apoyo, integridad, confianza y por ser la persona que más amo en la vida, no solo por ser mi madre, sino por lo sencilla que eres.

**A MI PADRE RAÚL.** Mi eterno agradecimiento a mi padre por haberme inculcado el respeto hacia las personas, la responsabilidad de los compromisos, el afán de superación, y brindarme la herencia más grande la EDUCACION.

**A MIS HERMANOS (AS).** José Helder, Jesús, Daniel, Miriam, José, Martín y Juanito les doy gracias por el apoyo que me brindaron durante mis estudios y por sus grandes consejos.

**A MI HIJA.** Kenia Naomi por ser una persona admirable una niña que me hace sonreír en los momentos más difíciles de mi vida, siempre me has acompañado en lo bueno y en lo malo hermosa te doy muchas gracias por estar a mi lado, tu eres el motor para seguir adelante.

**A MI AMOR.** A ti Alejandro un agradecimiento muy especial por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, por brindarme tu comprensión.

**MIS AMIGOS (AS).** Quiero agradecer infinitamente a ti Antonia por apoyarme y brindarme tu amistad como también a ti Zenaida por ser mi amiga y darme valor en los momentos más difíciles de mi vida y a todos los amigos que colaboraron y por darme una palabra de aliento cuando lo he necesitado

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	lx
RESUMEN.....	Xi
SUMMARY.....	Xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Origen del cultivo de jamaica.....	4
2.2. Clasificación taxonómica.....	4
2.3. Descripción botánica.....	5
2.4. Morfología.....	6
2.4.1. Raíz.....	6
2.4.2. Tallo.....	6
2.4.3. Hojas.....	7
2.4.4. Fruto.....	7
2.5. Metabolismo del cultivo de jamaica.....	7
2.6. Variedad regional del cultivo de jamaica.....	7
2.7. Requerimiento climático y edáfico de la jamaica.....	10
2.8. Suelo donde se adapta el cultivo de jamaica.....	11
2.9. Fertilización.....	12
2.10. Importancia del cultivo.....	13
2.11. Importancia económica.....	13
2.12. Producción nacional de jamaica.....	15
2.13. Producción internacional de jamaica.....	18
2.14. Fecha óptima de siembra.....	20
2.15. Densidades de siembra.....	21
2.16. Fenología del cultivo de jamaica.....	21
2.17. Riego en el cultivo de jamaica.....	22
2.18. Riego en los cultivos.....	24
2.19. Beneficios del sistema de riego por goteo.....	25
2.20. Eficiencia en uso del agua.....	27
2.21. La Evapotranspiración.....	29
2.22. Métodos diferentes de la evapotranspiración.....	30
3.3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1. Localización del sitio experimental.....	33
3.2. Características del sitio experimental.....	33
3.2.1. Clima.....	33
3.2.2. Suelo.....	34
3.2.3. Agua.....	35

3.3 Tratamientos.....	36
3.4 Tratamientos evaluados.....	36
3.5 Aplicación de los tratamientos.....	38
3.6 Lamina total de riego por tratamiento.....	39
3.7 Descripción de las Variedades.....	39
3.8 Diseño experimental.....	40
3.9 Preparación de plántula.....	41
3.9.1 Siembra en charolas.....	41
3.10 Prácticas culturales.....	41
3.11 Preparación del suelo y trasplante.....	41
3.12. Control de maleza.....	42
3.13 Riego.....	42
3.14 Fertilización.....	42
3.15 Enfermedades y plagas.....	42
3.16 Cosecha.....	43
3.17 Variables evaluadas.....	44
3.17.1 Altura de la planta.....	44
3.17.2 Diámetro del tallo.....	44
3.17.3 Cosecha.....	44
3.18 Análisis Estadístico.....	44
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1 Altura de planta.....	45
4.2 Diámetro de tallo.....	46
4.3 Rendimiento total de la flor de jamaica.....	47
4.4 Eficiencia uso de agua (EUA).....	48
5. CONCLUSIONES.....	50
6. LITERATURA CITADA.....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
2.1	Características de variedades del cultivo de Jamaica cultivadas en las costas de Guerrero y Oaxaca en 2010.....	9
2.2	Datos agronómicos de materiales.....	10
2.3	Aplicación de fertilización orgánica en el cultivo de Jamaica con diferentes tratamientos. Ciclo P-O 2004, Villa corona Jalisco.....	12
2.4	Rendimiento de Cálices Secos en kg ha <sup>-1</sup> en los Estados Productores en México.....	16
2.5	Producción de jamaica en Nayarit.....	17
2.6	Países productores de jamaica.....	18
2.7	Requerimiento horas luz en el cultivo de jamaica.....	21
3.1	Características del suelo a la profundidad de 0.0-0.30 m del Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera-verano del 2012.....	35
3.2	Características químicas del agua del Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera-verano del 2012.....	36
3.3	Tratamientos evaluados en el campo experimental de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ciclo agrícola primavera-verano 2012.....	37
3.4	Lamina de riego aplicada en cada tratamiento. Ciclo agrícola primavera-verano del 2012.....	39

3.5	Características principales de las variedades del cultivo de jamaica. Ciclo agrícola primavera-verano del 2012.....	40
3.6	Plaga y enfermedad que se presentó durante el desarrollo del cultivo de jamaica.....	43
4.1	Altura de planta del cultivo de jamaica en tres niveles de riego y dos variedades, ciclo agrícola primavera-verano del 2012.....	46
4.2	Diámetro del tallo del cultivo de jamaica en la interacción niveles de riego y variedades, ciclo agrícola primavera-verano del 2012.....	47
4.3	Rendimiento total de flor de jamaica en tres niveles de riego y dos variedades, ciclo agrícola primavera-verano del 2012.....	48
4.4	Eficiencia uso de agua (EUA), volumen aplicado (m <sup>3</sup> ha) y eficiencia en uso de agua (kg m <sup>3</sup> ) de la flor de Jamaica a campo, ciclo primavera- verano 2012 comarca lagunera UAAAN-UL 2012.....	49

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el crecimiento y producción de flor de jamaica de la variedad conejita y criolla regional bajo condiciones de riego en la Comarca Lagunera. La presente investigación se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano 2012, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en el cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). Se evaluaron seis tratamientos que consistieron en la combinación de tres niveles de la evapotranspiración (60, 80 y 100%) y dos variedades conejita y criolla regional. El riego se aplicó a 60, 80 y 100% de la evapotranspiración de referencia (ETp) determinada en base al método de tanque evaporímetro tipo "A". Se utilizó un diseño experimental bloques al azar con arreglo en franjas y seis repeticiones. La altura de planta, números de ramas y rendimiento total, presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) para variedades y riego, obteniendo para los niveles de riego de 60, 80 y 100% de ETp un rendimiento de 404.94, 391.89 y 454.43 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente y para las variedades conejita y criolla regional 393.04 y 441.14 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, el diámetro basal del tallo presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) para variedades, riego y la interacción de estos. La mayor eficiencia en uso de agua se presentó en el tratamiento del 60% de ETp con un rendimiento de 0.0718 kg/m<sup>3</sup> ahorrando un 40 % de la cantidad de agua aplicada en comparación con el de 100% de ETp.

**Palabras claves:** Evapotranspiración, eficiencia en uso de agua, jamaica

## SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the yield of two varieties of Roselle flower crop under drip irrigation. The research work was developed at the experimental field of the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro campus Laguna, in Torreon, Coahuila, Mexico. Six treatments consisting of a combination of three irrigation amounts (60, 80 and 100% of the reference evapotranspiration ETp) and two varieties of Roselle flower crop (*Hibiscus sabdariffa* L.) conejita and regional criolla. The irrigation amounts were calculated based on the ETp of the Pan evaporation method. The experimental design was a randomized block with strip arrangement and six replications. The results shown that plant height, number of branches and flower yield, presented statistical significant difference ( $p \leq 0.01$ ) for the varieties and irrigation; with a flower yield of 404.94, 391.89 and 454.43 kg ha<sup>-1</sup> for the 60, 80 and 100% ETp respectively, and, 393.04 and 441.14 kg ha<sup>-1</sup> for the conejita and regional criolla varieties respectively. The basal diameter of the stem also presented statistical significant difference ( $p \leq 0.01$ ) for varieties, irrigation and their interaction effect. The greater value of water consumption and water use efficiency (WUE) was achieved by the irrigation treatment of 60% ETp with the regional criolla variety, saving a 40% of the amount of water applied, with a WUE of 0.0718 kgm<sup>-3</sup>.

Keywords: Evapotranspiration, water use efficiency, jamaica, treatment, performance

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es importante para el desarrollo económico regional en México, ya que la venta de la flor representa para el productor contar con recursos que le permiten satisfacer su necesidad económica (Crane, 1943). La importancia de este cultivo actualmente ha aumentado, surgiendo áreas para la producción orgánica y exportación con algunas experiencias en Veracruz y Oaxaca. La superficie cultivada de jamaica es de aproximadamente 19 mil hectáreas, distribuida en 10 estados, beneficiando a más de 11 mil familias que dependen de este cultivo (SIAP, 2010). La baja producción de jamaica en México se debe a daños por lluvia excesiva, sequía o plagas; como a los costos de producción que son elevados (SAGARPA-CONACYT 20011). La Comarca Lagunera se caracteriza por presentar condiciones ambientales para una diversidad de cultivos entre los cuales se encuentra la jamaica; sin embargo existen ciertas limitantes naturales para la producción agrícola como la escasez y mala calidad del agua, alta temperatura y suelo salino entre otros por lo que se requiere la explotación de ciertas especies con potencial productivo. La jamaica es un cultivo no muy demandante de agua por lo que se puede producir jamaica en la Comarca Lagunera. El cultivo de jamaica tolera sequía ligera por su poca exigencia de humedad, no periodos largos de exceso de humedad; por ello el riego debe ser ligero si se piensa en siembra tardía, que florecerán y fructificarán, para producir cálices fuera de temporada. Es posible incrementar el rendimiento mediante el manejo de diferentes factores tales como la densidad de población, aplicación de fertilizante, sistema de riego entre otros (Changdee et al., 2009). Cuando la precipitación es escasa, la irrigación ha dado buenos resultados, sin embargo, los períodos secos se pueden soportar y son deseables en la etapa de fructificación para adelantar la cosecha en el cultivo (Coronado, 2010). El objetivo general planteado fue evaluar el crecimiento y rendimiento de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) bajo las condiciones climáticas, edafológicas en tres niveles de riego y dos variedades de jamaica en la comarca lagunera.

## **1.1 Objetivo**

Evaluar el crecimiento y producción del cultivo de jamaica en la Comarca Lagunera, Coahuila.

## **1.2 Hipótesis**

Es factible el crecimiento y producción del cultivo de jamaica en la comarca lagunera, Coahuila

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen del cultivo de jamaica

Más de 300 especies de (*Hibiscus sabdariffa* L.) se pueden encontrar alrededor del mundo creciendo en los trópicos y subtrópicos, producto originario de los países tropicales de Asia (Torres, 2006). El origen de la planta de jamaica no se ha determinado completamente pero existen diferentes fuentes que reportan que la jamaica (*Hibiscos sabdariffa* L.) es originaria de África tropical, su cultivo se ha extendido en México, América Central y en el sur y sudeste asiático (Martínez *et al.*, 2014). La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una planta originaria de la India que fue propagada a zonas tropicales y subtropicales de ambos hemisferios (Pérez *et al.*, 2009). La jamaica fue introducida a México, por los españoles, se cultiva en regiones tropicales cálidas y semicálidas, en los estados de Campeche, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca y Puebla (Torres., 2006).

### 2.2. Clasificación taxonómica

Clasificación Taxonómica de acuerdo con Moreno, (2002) y Ruiz, (2003) el género *Hibiscus* se clasifica taxonómicamente de la siguiente forma.

Reino..... Vegetal, Plantae  
División..... Anthophyta  
Clase..... Magnoliopsida  
Orden..... Malvales  
Familia..... Malvacea  
Género..... *Hibiscus*  
Especie..... (*Hibiscus sabdariffa* L.)

### 2.3. Descripción botánica

La jamaica, cuyo nombre científico es (*Hibiscus sabdariffa* L.) es una planta de la familia de las malváceas, muy parecida al algodón, raza ruberes anual, erecta, con varias ramificaciones, herbáceas, es haploide de 2N 72 (Toral *et al.*, 2006). La planta de jamaica es un cultivo anual, de rápido desarrollo, en donde las variedades de fruto comestible tienen una altura de 2.5 a 3.5 metros (Patiño, 2003). La planta de jamaica en la variedad criolla alcanza 2.5 metros de altura (Toral *et al.*, 2006).

La planta de jamaica es anual, con período vegetativo de cuatro a cinco meses; la inducción floral ocurre cuando los días tienden a ser más cortos (Arbex *et al.*, 2004). La rosa de jamaica pertenece a las familia de la malváceas y su nombre científico es: *Hibiscus sabdariffa* L. (Urbina, 2009).

Planta subarbusta anual, caracterizada por presentar una altura cercana a los 2 metros, tallos rojizos y robustos; hojas caulinares triobaladas de 7- 10 cm de diámetro, con hojas basales a ovaladas y sin dividir; flores en las axilas de las hojas, solitarias, conformada por un cáliz carnoso de color rojo parduzco. Desde el punto de vista morfológico, la jamaica es una planta hermafrodita la cual crece como arbustiva semileñosa anual o bianual, que alcanza entre dos y tres metros de altura, sus tallos son abundantes, muy ramificados y de corteza roja, con hojas alternas de bordes irregularmente aserrados con un ciclo vegetativo de 110 a 160 días (Ortiz, 2009).

### 2.4 Morfología

Las especies más conocidas son, sin duda, (*Hibiscus sabdariffa* L.), rosa-sinensis, popularmente conocida como "Rosa de China",e *syriacus*, popularmente "Rosa de Siria o Althea" y desde luego la jamaica *sabdariffa*, pero existen algunas otras especies (Moreno, 2002). El género *Hibiscus* pertenece a la familia Malvácea, y está formado por plantas herbáceas, anuales o perennes, arbustos, subarbustos y árboles, con las hojas enteras o a veces lobuladas o partidas. Sus flores son axilares, generalmente solitarias, aunque a veces se disponen en racimos y corimbos.

#### **2.4.1 Raíz:**

La raíz es profunda el radio de la raíz depende de la variedad y alcanza un radio promedio de 20.01 cm como mínimo y un máximo de 25.40 cm., con una profundidad de 24.12 como mínima y un máximo de 28.62 cm (Torres, 2006). Botánicamente el cultivo de jamaica presenta las siguientes características (Balansiya, 2006).

#### **2.4.2. Tallo**

El tallo alcanza una altura de 2 a 3 metros, es sub.leñoso, ramoso, inerme, con epidermis carminadas, cuyo color también se ve en la nervadura de las hojas, en los cálices y en los botones de las flores. El tallo encierra una medula verdosa ácida y sin color.

#### **2.4.3. Hojas**

Las hojas son verdosas por arriba y amarillentas por abajo; alternas, lisas, con pecíolos largos y erguidos, llevando una glandulita en el nacimiento de la -nervadura dorsal provisto de estipulas filiformes. Están compuestas de tres lóbulos oval-lanceoladas, siendo el central mucho más largo. Las hojas situadas en la -parte interior del tallo son simples, ovales y más pequeñas.

#### **2.4.4. Fruto**

El fruto consiste de un ápice cónico o cáliz, de color rojo brillante a oscuro, el cual está conformado por cinco a siete sépalos ovalados que alcanzan de dos a tres centímetros de largo (Solórzano *et al.*, 2002). El cáliz carnoso envuelve una cápsula o bellota de forma ovoide, densamente fibrosa, la cual presenta vellosidades urticantes, en su interior contiene aproximadamente 20 semillas las cuales son reniformes y de color marrón oscuro a negro.

### **2.5 Metabolismo del cultivo de jamaica**

La familia *Malvaceae*, a la cual pertenece la jamaica se considera como planta C<sub>3</sub> (Ruíz, 2000). El primer producto de la carboxilación de RuDP

(carboxilación del bifosfato de ribulosa) por Rubisco (heteropolímero) es el ácido fosfoglicérico (ADG), que es un compuesto de tres carbonos; de este compuesto viene el nombre de fotosíntesis C<sub>3</sub> (Pimienta, 2003).

## **2.6 Variedad regional del cultivo de jamaica**

Las plantas de esta variedad pueden alcanzar hasta 2.5 m de altura, en la variedad criolla regional posee tallos cilíndricos, con flores de color amarillo y cáliz rojo claro, alcanza un tamaño promedio de 4.3 cm de largo y un peso de 2.2 gramos. Variedad que puede alcanzar un rendimiento seco de 491 kg ha<sup>-1</sup>. La variedad criolla nicaragüense se divide en criolla precoz y criolla tardía y el periodo medio de madurez es de 188 días (Días, 2011).

Las plantas de la variedad reina mexicana puede alcanzar de 2 a 2.5 metros de altura, posee tallos de semicuadrados a redondos, con flores de color amarillento rosado y cáliz rojo intenso que alcanza un tamaño de 7.5 cm de largo y un peso de 5.95 g. Esta variedad puede alcanzar un rendimiento por planta de 70-80 g/planta (Días, 2011).

Las principales variedades que se cultivan en nuestro país son: “Criolla” con la mayor superficie cultivada, “Colimeña”, “China”, “Jerzy” y “Sudán” (Navarro y Galindo *et al.*, 2002). Sus flores desarrollan un fruto que contiene alrededor de 5 g de semilla (Wong *et al.*, 2002), lo que representa una producción de aproximadamente 1,875 kg ha<sup>-1</sup> (Navarro y Galindo *et al.*, 2002).

La experiencia de los productores guerrerenses confirma este dato: en la localidad de Jaltianguis, Gro. México la producción anual de semilla es de 2 ton·ha<sup>-1</sup>. Actualmente, toda la producción proviene de una variedad criolla, que se siembra únicamente en el ciclo agrícola de primavera-verano. Esta especie es de fotoperiodo (día) corto, por lo que la producción se concentra en una sola época del año y su rendimiento es bajo. En México una investigación comparó el comportamiento de dos variedades mejoradas, donde determinaron que ‘reina’ y ‘china’ mostraron mayor capacidad de producción que el material criollo (Caro, 2006).

La diferencia está en que las variedades criollas son las mejor adaptadas a los continuos cambios climáticos y persistentes sequías. En cuanto a las variedades en su ciclo vegetativo se encontró que la variedad china fue la más precoz que la variedad reina intermedia y criolla tardía. (Ruelas *et al.*, 2008).

En Jalisco y Nayarit se realizó un cruzamiento utilizando tres genotipos de variedades de jamaica china, reina mexicana y criolla donde la variedad reina mexicana presento un mayor rendimiento de 432 kg ha<sup>-1</sup>. En el estado de Guerrero el cultivo de jamaica se produce bajo el régimen exclusivo de temporal, usando los sistemas de producción de unicultivo y asociación maíz-jamaica, en donde aun cuando se han introducido las variedades Colimeña, Campeche, China negra y roja, en la siembra sigue predominando el uso de semilla de la variedad criolla regional, que tiene una floración estacional de días cortos que inician la última semana del mes de octubre y alcanza rendimiento promedio de apenas 250 kg ha<sup>-1</sup> (Escalante, 2008). La variedad criolla se adapta a cualquier región con altura de 2 a 3 metros de altura su cáliz es de color rojo oscuro y su rendimiento es de 495.3 kg ha<sup>-1</sup> se inicia la emisión de flores a los 156 días y es considerada tardía.

Cuadro 2.1. Características de variedades del cultivo de Jamaica cultivadas en las costas de Guerrero y Oaxaca en 2010.

Variedad	Días a primera flor	Días a última flor	Altura a primer fruto (cm)	Altura de planta (cm)	Número de ramas por planta	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Alma	88.3	119.4	104.9	197.7	10.0	570.1
Blanca	98.9	130.8		212.6	9.0	397.5
Conejita	87.2	127.4	118.4	213.8	7.8	426.1
Cotzaltzin	97.6	130.7	101.6	212.6	11.3	376.5
Tecoanapa	108.0	131.7	114.2	210.4	9.2	495.3
Criolla			112.3			

Flores *et al.*, (2014)

A nivel de productores la identificación de las “variedades” se realiza por la intensidad del color rojo claro y oscuro ciclo de vida temprana y tardía. Los comercializadores le asignan el nombre de acuerdo a la región de origen.

A nivel internacional se distinguen seis variedades (Meza, 2012) destacándose:

- Variedad sudan
- Variedad china o morada
- Variedad criolla roja (larga y corta/ América)
- Variedad negra gigante (nigeriana)
- Variedad morada gigante (Tailandesa)
- Variedad no ácida (Vietnam)

En México existen 150 variedades, que son: Jersey, Chiautla, Americana, Tempranilla, Sudan, China Negra, China Roja, Coneja, Criolla Regional Vallarta, Colima y Guerrero entre otros (Gaytán, 2004). De acuerdo al rendimiento, las variedades criollas recomendadas son: Puebla “Precoz” y los tardíos de Quintana Roo y Colima.

Cuadro 2.2. Datos agronómicos de materiales genéticos

Material	Días de emergencia a floración	Altura a floración	Numero de frutos en tallo principal
Puebla precoz	55	1.6	11
Colima	105	1.9	7
Quintana Roo tardío	110	1.83	7

Gaytán, (2004).

## 2.7. Requerimiento climático y edáfico de jamaica

La jamaica por ser un cultivo de zona tropical, está confinado a las áreas cálidas ubicadas entre los 25° latitud norte y 25° latitud sur, donde presenta sus máximos rendimientos (Escalante, 2008).

Las siembras comerciales que se establecen a los 30° de latitud norte o sur, o arriba de éstas; la plantación crece heterogénea y la producción es baja. Esta planta es de fotoperiodo corto y prefiere un rango de temperatura media de 25°C a 30° C durante el período de crecimiento. Puede ser cultivada donde el régimen de lluvia es de 508 a 635 milímetros y éstas se extienden de 4 a 5 meses, se puede desarrollar hasta con 188 mm; de precipitación pluvial; crece en muchas áreas con menor cantidad de agua. El cultivo es conocido como resistente a la sequía.

El cultivo de jamaica se encuentra en zonas que tienen altitudes de 0 a 1200 msnm, temperatura entre 22 y 30°C y precipitación pluvial de 800 a 2000 mm al año (Hidalgo *et al.* 2009). La rosa de jamaica se puede cultivar en clima tropical y subtropical, a una altura sobre el nivel del mar de 0 a 1,400 metros y temperatura de 22°C, precipitación anual de 500 a 1,000 milímetros anuales (Bruno *et al.*, 2009).

Sin embargo el crecimiento debe estar entre los 10 y 35°C. Un fotoperiodo de 13 horas de luz del sol durante los primeros 4-5 meses del crecimiento es esencial para prevenir el florecimiento prematuro (Naturland, 2000).

## **2.8 Suelo donde se adapta el cultivo de jamaica**

El cultivo de jamaica prospera bien en suelo pobre o moderadamente fértil, pH fuertemente ácido o ligeramente alcalino y una vez establecida, se desarrolla con humedad constante o con pequeños períodos secos (Escalante, 2008). Para un óptimo desarrollo y rendimiento; se debe sembrar en suelo de textura ligera, bien drenado, con humedad constante, libre de inundación y con pH de 4.5 a 6.4. Sin embargo el suelo de la comarca lagunera es un suelo arcilloso de origen de aluvión, con un contenido de materia orgánica pobre. Planta que crece en distintas clases de suelo y aún con bajo contenido de nutrientes (baja fertilidad), pero el más indicado es el suelo franco, con fertilidad moderada, principalmente en nitrógeno para evitar que la planta crezca demasiado y produzca el mayor número de cálices (Bruno *et al.*, 2009).

## 2.9 Fertilización

La fertilización nitrogenada aumenta significativamente el crecimiento vegetativo en número y peso seco de ramas y hojas por planta y contenido de fibra y peso seco de raíces por planta. Existe un incremento de crecimiento vegetativo esto es debido a la fertilización nitrogenada, que da un aumento de peso de cálices y epicálices por planta. La escasa investigación disponible indica que la jamaica es poco exigente a la fertilización química. Sin embargo, en los casos en que los análisis de suelo reportan baja fertilidad, es necesaria una dosis mínima de nitrógeno y fósforo 60-40-00 (Gallardo, 2004). Realizaron una investigación en Villa Corona Jalisco comparando diferentes dosis de fertilización orgánica donde mostro respuesta en las distintas etapas fenológicas con un rendimiento 1,312 kg ha<sup>-1</sup>. (Toral, 2006).

Cuadro 2.3 Aplicación de fertilización orgánica en el cultivo de jamaica con diferentes tratamientos. Ciclo P- O 2004, Villa corona Jalisco

Tratamiento	Altura (m)	Diámetro basal cm	Nº de ramas	Nº de cáliz	Rendimiento de cáliz (kg ha <sup>-1</sup> )
Dosis 1	1.77	1.7.	9	33.02	915
Dosis 2	1.76	1.8	8	43.02	1,219
Dosis 3	1.89	3.6	11	46.27	1,312

Toral, (2006).

## 2.10 Importancia del cultivo

La jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) es un cultivo que cada vez reviste mayor importancia en la República Mexicana, y la superficie dedicada a su producción ha aumentado considerablemente, debido a la demanda en el mercado de productos elaborados con esta planta (Aragón *et al.*, 2008).La jamaica es una planta de uso múltiple ya que se aprovechan los tallos, hojas, fruto y semilla, la cual se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales (Contreras, 2001).

Los tallos se usan para producir pulpa para papel o fibra textil. Los cálices de los frutos se utilizan para bebidas, ates, mermeladas, jaleas, dulces, jarabes, salsas. La semilla para extracción de aceite o alimentos balanceados para animales. Las hojas y la semilla pulverizadas se utilizan como alimento. Actualmente se tiene una tendencia importante en la industria alimentaria en el desarrollo de productos que no sólo son nutritivos sino que además contenga efectos benéficos en el organismo, tanto para mejorar el estado de salud como para reducir el riesgo de enfermedad (Sumaya, 2014).

### **2.11 importancia económica**

La jamaica tiene importancia económica para el agricultor que necesita cultivos alternos que sean más rentables que los cultivos tradicionales como el frijol y maíz, (López *et al.*, 2004). En el caso de la (*Hibiscus sabdariffa* L) en México se puede decir que es reciente el interés a la incorporación de este cultivo un ejemplo es en el estado de Veracruz en donde señalan que este cultivo ha rescatado a los productores de plátano, quienes en los últimos años tuvieron pérdidas con este cultivo por lo que optaron por el cultivo como es la “jamaica real”, que a la fecha han registrado una fuente de empleo e ingreso mayor comparado con el cultivo de plátano (Toral *et al.*,2006).

En México, la jamaica es un cultivo que presenta baja industrialización. Una estrategia para elevar su competitividad es la incorporación de una red de valor, la cual tenga presente las demandas del consumidor para la implementación de nuevas estrategias de comercialización de frutos (Sumaya, 2014). Actualmente los países que más demandan este producto son Japón, Estados Unidos, Francia y Alemania, quienes tienen un consumo per cápita de 2.5 kg de jamaica al año y es muy probable que con los descubrimientos de sus propiedades curativas aumente los mercados para este producto (FAO, 2009)

La jamaica es un producto agropecuario comercialmente no tradicional, ya que no destaca en las estadísticas comerciales; aunque, para los pequeños productores sería una buena opción, ya que obtendrían un máximo de beneficios económicos y con una menor inversión, si se compara con otros

productos comercialmente tradicionales, como son los granos (Aragón *et al.*, 2008).

En México se cosechan 18 mil hectáreas de jamaica con un rendimiento promedio de 265 kg ha<sup>-1</sup>. Aunque la superficie cosechada y el rendimiento por unidad de superficie son bajos, los agricultores obtienen altos ingresos por su buen nivel de comercialización incremento en la demanda (Flores., *et al* 2014).

## **2.12 Producción nacional de jamaica**

A nivel nacional, la superficie cultivada con jamaica es de aproximadamente 19 mil hectáreas, distribuida en 10 estados, beneficiando a más de 11 mil familias que dependen de este cultivo. Entre los principales Estado productores destacan Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Nayarit, siendo Guerrero el primer productor con alrededor de 14,711 hectáreas con una producción mayor a las 3 mil toneladas de cálices secos por ciclo de cultivo y una derrama económica bruta superior a los \$47,843. 39 millones de pesos en beneficio aproximado de 6 mil familias en Guerrero (SIAP, 2010).

En México se cultiva en los estados de Oaxaca, Michoacán, Colima, Veracruz y Guerrero; siendo este último estado el primer productor de ese cultivo al ocupar el primer lugar a nivel nacional con 12 mil hectáreas y una producción mayor a las 3 mil toneladas de cálices secos por ciclo de cultivo (Contreras, 2001).

La jamaica en la Península de Yucatán y específicamente en el estado de Quintana Roo, en los mejores casos se cosechan 200 kg ha<sup>-1</sup> ya que no se cuenta con la tecnología adecuada para su cultivo en esta zona.

En la región mixteca del estado de Puebla, el cultivo resulta ser una actividad económica productiva que se ha llevado a cabo desde hace muchos años y se cultiva en 500 hectáreas bajo condiciones de temporal, distribuidas en pequeñas superficies, con una producción promedio de 300 kg ha<sup>-1</sup> de flor o cálices en seco (Amigón, 2003).

El cultivo de jamaica debe de ser fertilizada pero en la mayoría de los estados no realizan esta práctica, quizá una de las razones por la que el uso de

insumos como fertilizantes es nulo y el rendimiento promedio de apenas 350 kg ha<sup>-1</sup> muy bajo, mientras que Nayarit, Colima y Jalisco registran rendimientos superiores a 500 kg ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2010). Oaxaca es el segundo productor de jamaica a nivel nacional después de Guerrero, toda la superficie se localiza en 18 municipios de la Costa, durante el ciclo PV-2009 se cultivaron 2,307 con un rendimiento promedio de 334 kg ha<sup>-1</sup>, produciendo 770 toneladas de cálices secos con un valor de 34.7 millones de pesos (SAGARPA, 2010).

A nivel nacional en el 2003, se sembraron un total de 18 402,50 hectáreas de jamaica, de las cuales se cosecharon 18 028,50 con una producción obtenida de 4 108,07 toneladas del producto (flor de jamaica) obteniendo así, un rendimiento promedio por hectárea de 0,228 toneladas (Flores *et al.*, 2012). En dicho año, se identificaron a 15 estados productores, de los cuales destacan Guerrero, Oaxaca y Nayarit.

Cuadro 2.4 Rendimiento de Cálices Secos en kg ha<sup>-1</sup> en los Estados Productores en México.

<b>ESTADO</b>	<b>2006</b>	<b>2005</b>	<b>2004</b>	<b>2003</b>	<b>2002</b>	<b>MEDIA</b>
Guerrero	15119	15018	14529	14674	14019	14672
Oaxaca	2453	2435	2385	2325	2490	2418
Michoacán	735	1004	479	430	407	611
Nayarit	474	268	308	275	299	325
Campeche	230	230	230	180	260	226
Puebla	110	110	107	0	10	84
Colima	21	95	110	88	84	79
Jalisco	15	14	36	12	21	20
Sinaloa	1	23	21	13	39	19
Veracruz	12	20	14	12	24	16
Morelos	1	0	0	22	0	12
Nacional	19171	19216	18218	18031	17652	18458

Fuente: (SIAP, 2006)

Nayarit actualmente es el quinto productor nacional de jamaica, con el 5.50% de la producción, después de los estados de Guerrero, Oaxaca, Michoacán; el estado más fuerte en la producción de jamaica es el estado de Guerrero, el cual aporta el 73% del total Nacional (SAGARPA, 2009).

La producción estatal, de acuerdo con datos de SIACON, durante el periodo 1998-1999 al 2006-2007 incrementó de 81 a 290 toneladas anuales, (Tabla 2.4). Nayarit en ese periodo con una Tasa Media de Crecimiento Anual (TMCA) en su producto interno bruto, equivalente a 5.2%, tiende a aumentar su participación en la producción anual de jamaica debido, al crecimiento de la superficie cosechada.

Cuadro 2.5. Producción de jamaica en Nayarit

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Producción Kg/ha <sup>-1</sup>	164	162	97	107	149	128	266	290	478

Fuente (SAGARPA, 2010).

La jamaica reúne ventajas para exportación y consumo nacional en el estado de Jalisco y puede llegar a ser un producto de gran relevancia económica. La jamaica en la región, puede llegar a alcanzar un rendimiento de 1692 kg ha<sup>-1</sup> de cálices secos (Núñez, 2003). En la cosecha de ciclo tardío, su madurez llega en diciembre. El rendimiento depende de la variedad agroecológica regional y el manejo técnico del cultivo. Sin embargo, en las zonas de actual producción es posible obtener un rendimiento promedio de 450 kg ha<sup>-1</sup> de cálices secos. Considerando una relación de cálices frescos/secos de 8.21 en la variedad “Conejita” tardía, deberán de extraerse alrededor de 4,100 kg ha<sup>-1</sup> de cálices frescos (Gallardo, 2004).

### 2.13. Producción internacional de jamaica

La jamaica es considerada como un cultivo no tradicional y forma parte del sector de especias y plantas medicinales, se desarrolla en regiones donde prevalece un clima tropical seco. se produjo un total de 97,975 ton de jamaica en el mundo (FAO, 2004).

México ocupa el séptimo lugar como productor con el 5.14%, después de China que ocupa el primer lugar con 27.76% de la producción, seguido por la India (17.91%), Sudán (9.1%), Uganda (8.40%), Indonesia (6.23%) y Malasia (5.53%). En México existe un déficit de producción ya que se importa casi el 50% de la jamaica que se consume, por lo que es de suma importancia buscar alternativas que ayuden a incrementar el rendimiento que haga más rentable el cultivo (FAO, 2004).

En otros países como China se reportan rendimientos de hasta 2000 kg ha<sup>-1</sup> de jamaica, en comparación a los reportados para México, en donde se tienen rendimiento promedio de 291 Kg ha<sup>-1</sup>. En China e India se reportan rendimiento de 800 a 1,200 kg ha<sup>-1</sup>. (Grubben y Denton, 2004).

Cuadro 2.6 Países productores de Jamaica

N°	País	Producción(ton)	Participación (%)	Rendimiento (kg/ha)
1	China	27,200	27.76	2,000
2	India	17,550	17.91	1,500
3	Uganda	8,230	8.4	730
4	Indonesia	6,100	6.23	310
5	Malasia	5,420	5.53	300
6	México	5,030	5.14	291
	Mundial	97,975.00	100	

\*Filipinas, Taiwán, Guinea, Angola, Estados Unidos, Nigeria, El Salvador, Guatemala, Senegal, entre otros. Fuente: FAO, (2004).

En lo que respecta a los rendimientos mundiales, China reporta el mayor rendimiento con 2,000 kg ha<sup>-1</sup> de jamaica deshidratada, muy superior al rendimiento del cultivo en México que ese mismo año reporta 291 kg ha<sup>-1</sup>.

En Nicaragua, debido a la ausencia de variedades mejoradas y ante la presencia de una tecnología incipiente en su manejo y producción, los rendimientos no alcanzan más de 700 kg ha<sup>-1</sup> sin embargo los rendimientos del cultivo son variados, relacionado con las condiciones ambientales y manejo,

debido a lo cual en pequeñas áreas con manejo artesanal se cosecha en promedio 400 kg por hectárea de cáliz deshidratado (Chavarría, 2012). Según el censo nacional agropecuario de Guatemala 2003, la superficie sembrada con rosa jamaica fue de 474 hectáreas, con una producción total de 256 Kg ha<sup>-1</sup> métricas de cálices secos. Siendo un cultivo al que no se le ha dedicado importancia económica.

#### **2.14 Fecha óptima de siembra**

Generalmente los agricultores cosechan la jamaica hasta el final del ciclo, lo que origina que se obtengan cálices tanto maduros como inmaduros (Duke, 2003). En Guinea, determinaron que la jamaica sembrada a mediados de julio tuvo mayor crecimiento vegetativo, hoja de mayor longitud y más anchas, con 93 días a 50% de floración; produjeron el mayor número de frutos (134), longitud cáliz (5.8 cm), rendimiento fresco y seco cáliz, sobre las otras fechas de siembra (Futules *et al.*, 2010).

En Nigeria los efectos de tres prácticas agronómicas (fecha de siembra, espaciado entre hileras y fertilización nitrogenada) sobre el crecimiento y rendimiento de jamaica. El factor fecha de siembra (junio) dio el rendimiento de cáliz (2,035 kg ha<sup>-1</sup>) y semilla (2,391 kg ha<sup>-1</sup>) en los dos años; seguido del espaciado entre hileras (80 cm) con rendimientos de 1,651 kg ha<sup>-1</sup> de cálices y 2,024 kg ha<sup>-1</sup> de semilla (Babatunde *et al.*, 2002).

La aplicación de 60 kg N/ha produjo 1,671 kg ha<sup>-1</sup> de cálices y 2,067 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. Se concluye que cuanto más temprana es la siembra, mayor será el espaciado con hileras y cuanto mayor sea la fertilización nitrogenada, mayor será la productividad de jamaica; en la siembra de junio con un espaciado de 80 cm entre hileras se debe aplicar 60 kg ha<sup>-1</sup> de N para lograr una mayor productividad en el área de estudiada.

#### **2.15. Densidades de siembra.**

Los surcos deben de realizarse de 1-1.5 m ancho de norte a sur, para permitir que durante el día tenga la mayor exposición a la luz del sol (orientado a

poniente), se planta a una distancia de 50 a 1 m, de distancia entre planta y planta, pues distancias más cortas provocan el oscurecimiento del arbusto y promueven el ataque de hongos (Cano, 2004).

## 2.16 Fenología del cultivo de jamaica

El ciclo de cultivo varía de 4 a 5 meses, y está íntimamente ligada a la duración de las horas luz del día, dicha influencia se pueda observar en un experimento desarrollado a diferentes horas luz.

Cuadro 2.7 Requerimiento horas luz en el cultivo de jamaica

Horas- Luz	Altura a la Floración	Diámetro del cáliz al inicio de la floración	Días trascorridos hasta el inicio de la floración	Días trascorridos hasta la fructificación
8	93.8	2.98	87.5	92
10	71.36	2.12	69.25	75
12	210.7	4.1	126	131
13-20	236.7	5	122	127
14	240.78	4.6	141	150

Cano, (2004)

En Pocora Limón Costa Rica se realizó una investigación donde se encontró que la variedad criolla presento la mayor altura de la planta con 2.5 m y mayor diámetro del tallo con 4.13 cm, la menor en crecimiento fue la variedad china morada con 1.56 m con menor diámetro de 1.78 cm (Castañeda, 2002).

Existe variabilidad en relación con altura de 10 variedades de jamaica se pueden visualizar fácilmente tres grupos de acuerdo con esta variable la introducción que logro un mayor crecimiento fue la criolla , con una altura promedio en 196 días de 1.9.m luego le sigue china y guerrero con una altura promedio de 170 días de 1.7 m al mismo tiempo se notó que existe un grupo de crecimiento el cual está informado por las variedades jersey ,americana, vallarta

y conejita pues su crecimiento oscila entre 1.30 m ,1.7, 1.8 y 1.6 m. De lo anterior se reduce que el comportamiento de la altura es heterogéneo por lo que es importante realizar más estudios del cultivo para para poder dar recomendaciones adecuadas (Castañeda, 2002).

Es importante hacer notar que el cultivo tiene una demanda de agua la cual tiene que ser satisfecha, es decir, que si no se presenta lluvia ni se suministra agua en la producción el cultivo va a presentar un estrés hídrico y reducirá su tasa de crecimiento (Castañeda, 2002).

### **2.17 Riego en el cultivo de jamaica**

En la actualidad se cultiva de temporal y bajo riego; o de doble propósito en asociación con el maíz, caucho y algunos otros cultivos (Amaya, 2003).

Una vez iniciada la producción, no requiere de la aplicación de agua. En Nicaragua la cosecha se hace coincidir con los meses de noviembre y diciembre, primeros dos meses de la estación seca (verano). La jamaica tolera sequía ligera por su poca exigencia de humedad, no periodos largos de exceso de humedad; por ello el riego debe ser ligero si se piensa en siembras tardías, que florecerán y fructificarán cuando el temporal haya terminado, para producir cálices fuera de temporada (Changdee *et al.*, 2009).

Bajo condiciones controladas de humedad, debe considerarse la aplicación de agua a las plantas una vez establecidas en el campo, aplicando riego ligero cada cuatro hasta ocho días, en cultivos establecidos antes del periodo lluvioso es decir, en época seca o bien en suelo muy permeable con alta proporción de arena que demandan agua en mayor cantidad y frecuencia (Meza, 2012).

En condiciones donde exista riego es necesario aplicar agua cuando se observa que la humedad del suelo es demasiado baja, es decir, poca humedad (Urbina, 2009). El riego dependerá básicamente del régimen de lluvia. La mayoría de rosa de jamaica que se siembra durante la temporada invierno ya establecido, pues no se dispone de suficiente área con sistemas de riego.

Aunque es usual que se siembra la jamaica a inicio del verano, en casos especiales de siembra de primavera, se pueden hacer riegos cada semana con una lámina ligera de 10 a 12 mm ha, dependiendo de la textura del suelo y su grado de permeabilidad (Cano, 2004).

La jamaica es un cultivo con buena adaptación, se puede establecer en suelo aluvial, arcilloso, pedregoso, franco arenoso. Es un cultivo con excelentes resultados en la zona seca de Nicaragua porque es tolerante a la sequía, alcanzando buenos rendimientos en condiciones de secano con potencial para establecerse bajo riego o humedad controlada (Cano, 2004).

En Nicaragua la siembra está relacionada generalmente a la estación lluviosa (invierno), aprovechando la humedad de campo y cuando se desea crear buenas condiciones antes de la siembra se realiza un riego de pre siembra. Bajo condiciones controladas de humedad, debe considerarse la aplicación de agua a las plantas una vez establecidas en el campo, aplicando riego ligero cada 8 días, en cultivos establecidos antes del periodo lluvioso es decir, en época seca o bien en suelos muy permeables con alta proporción de arena que demandan agua en mayor cantidad y frecuencia (costa pacífico de Nicaragua). Se cultiva principalmente en el ciclo agrícola primavera-verano, bajo condiciones de temporal principalmente, también puede cultivarse bajo condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno; así como a cielo abierto y bajo condiciones de invernadero; se reproduce por semilla y las siembras pueden hacerse en forma directa o por trasplante (Cano, 2004)

### **2.18 Riegos en los cultivos.**

En la comarca lagunera, en el norte de México se utilizaron 1900 millones de m<sup>3</sup> de agua en los últimos años, de los cuales más del 90% se destinó al riego de cultivos, de este volumen 62% corresponde a agua extraída del acuífero, y el resto se obtuvo de las presas. Del agua utilizada para riego aproximadamente 800 millones de m<sup>3</sup> se requiere para satisfacer el

requerimiento de agua para los cultivos y el resto se pierde debido a ineficiencia del riego (Godoy *et al.*, 2003).

Las 60.000 ha que se destinan en promedio para la producción de forraje (alfalfa, maíz y sorgo), que representan el 61 % de la superficie total regada con agua subterránea, son regadas en promedio con una eficiencia del 60 %. Es decir, el 40 % del agua aplicada no es utilizada por el cultivo y se escapa a la atmósfera en forma de vapor (SAGARPA, 2002).

Una de las alternativas en el uso del agua es la utilización de sistemas de riego por goteo subsuperficial para todo los cultivos, estos han sido probados en gran escala ya sea por tubería o cintilla en la producción de gran variedad de cultivos y en varias estaciones del año este tipo de sistema ha experimentado una mayor expansión. El manejo del riego, y su monitoreo, constituye una de las técnicas más efectivas para obtener rendimientos óptimos, en cuanto a la cantidad y calidad de producto requeridas para el mercado. La cantidad de agua puede reducirse, al manejar el riego a un punto clave en la producción de algodón (Van Leeuwen *et al.*, 2003) (Palomo *et al.*, 2001).

La producción de forraje alfalfa con diferentes tratamientos de riego encontró diferencia en producción de forraje (Godoy *et al.*, 2003). En el efecto de lámina de riego el rendimiento promedio de fruto en durazno melocotón, se puede notar que con el 100 % de la ETp se obtuvo el mayor rendimiento con 49.42 ton·ha<sup>-1</sup>, el % de la ETp (López *et al.*, 2009). En otras palabras, el menor riego causó una reducción del crecimiento y desarrollo de las plantas de algodón al respecto, (FAO 2002).

Al aplicar el tratamiento de riego al 100% de la ETp se observó que produjeron planta más alta, con tallo más grueso y mayor número de hojas, así como una mayor cantidad de plantas en floración a los 38 días después de la siembra para los tres cultivares, de algodón es decir, entre mayor la dosis de riego, mayor fue la precocidad de las plantas con mayor producción, indicando que en las dosis menores (40 y 60%) hubo un retardo en el crecimiento

manifestado baja calidad de plantas con tallos delgados menor cantidad de hojas y retardo en la floración (Alves *et al.*, 2005).

Similar por (O'Brien y Hulme, 2002). En Lagiere Australia aplicaban riegos cada tercer día de acuerdo a la necesidad del cultivo, observaron que al aplicar el 40% y 60% de la ETp no suministró el agua necesaria para el crecimiento de las plantas ni obtuvieron mejor rendimiento más sin embargo el mejor resultado se encontró al aplicar el 100% de la ETp de la evapotranspiración en el rendimiento del cultivo de algodón

Así mismo es comprobado los efectos de riego en arboles jóvenes en crecimiento de lima Tahití en condiciones de campo con riegos 100, 80 y 60% de evaporación similar a (O'Brien y Hulme, 2002) (Méndez *et al.*, 2007) mientras en plantas con 100 % de evapotranspiración mostraron un mayor área foliar, mayor diámetro del tallo y mayor altura de las plantas.

### **2.19 Beneficios del sistema de riego por goteo**

El método de sistema riego por goteo es que permite aplicar los agroquímicos a través del sistema, con lo cual existe ahorro en mano de obra y se tiene un mejor aprovechamiento de los nutrientes por el cultivo (Montemayor *et al.*, 2007).

Cuando el sistema se opera de manera correcta, se incrementa la conservación del agua, se facilita el manejo de la salinidad y se evitan las pérdidas por percolación (Cassel *et al.*, 2001; Oktem *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2005).

El riego por goteo es fácil mantener el contenido de humedad del suelo dentro de límites disponibilidad de agua causado por la salinidad y permite así que el algodón sea cultivado en suelo o con agua que de otra forma sería demasiado salina (Méndez *et al.*, 2007). El propósito del manejo del agua de riego por goteo es obtener rendimientos máximos, particularmente cuando ésta es escasa (Mojarro, 2004).

El riego óptimo es indispensable para que los sistemas de producción de tomate de cáscara sean rentables (López *et al.*, 2009) los sistemas actuales

tienen baja eficiencia, entre otras causas, por que aplican altos volúmenes de agua por hectárea (López *et al.*, 2009).

## 2.20 Eficiencia en uso del agua

La eficiencia en uso de agua (EUA) se define como la relación entre la producción cultivo cosechado o materia seca y el volumen de agua aplicado (Ec. 1) que se mide en un cierto periodo o mensualmente por tratamiento (Dorji *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2006; Zegbe *et al.*, 2008).

$$EUA = \frac{N.Tc \text{ por tratamiento}}{V.a \text{ por tratamiento}} \quad (1)$$

Donde:

EUA - Eficiencia en el uso del agua de riego, tallos m<sup>-3</sup>

N.Tc - Número de tallos cosechados

V.a - Volumen de agua aplicada, m<sup>3</sup> (Dorji *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2006; Zegbe *et al.*, 2008).

La eficiencia en uso de agua (EUA) es definida como la cantidad de carbono fijado expresado ya sea en CO<sub>2</sub> asimilado, en biomasa total o en producción de semilla, en relación al agua consumida expresada por la transpiración, por la evapotranspiración o bien por el aporte total de agua al sistema (Liu *et al.*, 2006).

La eficiencia en uso de agua (EUA) en el cultivo de la rosa bajo invernadero implica aplicar las necesidades de riego, determinar la cantidad y momento de su aplicación, con el objetivo de compensar el déficit de humedad del suelo y la demanda evaporativa durante todo su ciclo de producción (Zoebl, 2006). Un riego adecuado se logra cuando se estima con exactitud la lámina diaria evapotranspirada y la capacidad que tiene el suelo de almacenamiento (Vélez *et al.*, 2007), esto se recurre al cálculo del balance hídrico, la evapotranspiración del cultivo menos el agua que aporta la precipitación, el agua subterránea y la acumulación de agua en el suelo (Causapé *et al.*, 2004).

De acuerdo al estudio aplicado por (Samartzidis *et al.*, 2005) en eficiencia en uso de agua (EUA) en producción de tallo aplicando 100% de ETp resulto con 185 tallos/m<sup>3</sup>, en 80% de ETp obtuvo 176 tallos/m<sup>3</sup> y 70% obtuvo 157 tallos/m<sup>3</sup> fueron decreciendo. En consecuencia, el uso del agua de riego ha sido limitado como una estrategia conservacionista del agua y para la permanencia de éste y otros sistemas de producción agropecuarios (CNA, 2008).

En situación que ha exigido el desarrollo de estrategias, como el riego reducido, no sólo para el ahorro del agua, sino también para incrementar la eficiencia de uso de agua de riego (EUAR) del rendimiento y calidad de los productos hortícolas cultivos perennes y anual han presentado el déficit hídrico regulado (DHR) y el riego parcial de la raíz (RPR) son estrategias de riego reducido, las cuales han sido utilizadas exitosamente en estos cultivos perennes (Kang *et al.*, 2001; Dorji *et al.*, 2005; Passioura, 2000; Campos *et al.*, 2009) (Zegbe *et al.*, 2008) (Dorji *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2006; Zegbe *et al.*, 2008).

### **2.21. La evapotranspiración**

La evapotranspiración del cultivo (ETp) es una de las principales variables de entrada en la metodología para estimar el consumo de agua durante su ciclo de crecimiento de la planta, tanto en cielo abierto e invernadero (Olioso *et al.*, 2005; Acevedo *et al.*, 2010) (Takakura *et al.*, 2009), se debe considerar que varía con la temperatura del aire y suelo, por el calor sensible almacenado en ellos es la fuente de energía usada en el cambio de estado del agua líquida a vapor (Rousseaux *et al.*, 2009).

La ETp se calcula por medio del producto entre el coeficiente del cultivo (Kc) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) (Allen *et al.*, 2006).

### **2.22 Métodos diferentes de la evapotranspiración**

En la programación del riego se han utilizado diversos métodos para la determinación de la humedad del suelo, mediciones del estado energético del agua en el suelo, estimaciones de la demanda atmosférica y determinaciones

del potencial hídrico de las plantas o temperatura del dosel por medio de termometría infrarroja (Giuliani *et al.*, 2001).

La programación del riego, se basan en mediciones directas del crecimiento de algunos órganos de la planta con diferentes tipos de dendrómetros, asociados al uso de sensores de flujo de savia (basándose en el método del pulso de calor), para determinar el momento y la intensidad con la cual la disponibilidad de agua limita la transpiración del cultivo así como tanque por evaporímetro clase A, con ecuaciones empíricas que usan la información climática; el método FAO Penman-Monteith que considera medidas directas para determinar balance de agua del suelo; lisímetros de pesada o de volumen (Allen *et al.*, 2006).

Métodos de balance de energía, determinando el calor sensible o la energía radiante que son un buen método para el control de riego en invernadero (Takakura *et al.*, 2009; Borin *et al.*, 2011).

La determinación de la evapotranspiración máxima para el diseño de la programación de riego es basado por la evaporación del tanque estándar tipo "A" para estimar la evapotranspiración de referencia al ser afectada por un coeficiente de tanque. La evaporación se ha utilizado ampliamente para estimar la ET<sub>p</sub> por ser un parámetro que integra los efectos de radiación, viento, temperatura y humedad en evaporación de una superficie expuesta de agua. Los datos son fáciles de obtener y pueden ser realistas y representativos si se obtienen de un sitio de evaporación bajo condiciones consistentes y adecuadas (Villalobos *et al.*, 2005).

La evapotranspiración de referencia se estima de la evaporación de un tanque estándar tipo "A" (Ec. 2.)

$$ET_P = K_p E_v$$

Donde:

$K_p$  = Es el coeficiente de tanque que depende del tipo o características del tanque.

$E_v$  = Es la evaporación de un tanque tipo "A". Posteriormente, la evapotranspiración de referencia se afecta por el coeficiente de ajuste por desarrollo del cultivo ( $K_c$ ) de interés, para determinar de esta manera la evapotranspiración máxima a utilizar para la programación de riegos en el diseño del riego por goteo tipo cintilla (Villalobos *et al.*, 2005). Los  $K_c$  son obtenidos experimentalmente bajo circunstancias diferentes de clima, variedades de cultivo y suelo de la región (Tyagi *et al.*, 2000).

La forma más precisa de determinar la evapotranspiración máxima es utilizando un lisímetro gravimétrico de estructura inalterada en el cual se pueden realizar mediciones de este parámetro a intervalos de tiempo pequeños. Desgraciadamente este tipo de instalaciones son escasas y no han cubierto la necesidad de investigación en los diferentes cultivos del país (Inzunza *et al.*, 2010). Los métodos utilizados en la programación del riego pueden basarse en el conocimiento de las condiciones atmosféricas (estimación de la evapotranspiración), en el control de la humedad del suelo y en el seguimiento del estado hídrico de la planta son de dos tipos (López *et al.*, 2009).

- a) Las que consideran como punto de partida para la dosificación del riego, el balance hídrico del suelo calculado a partir de la estimación de la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y la aplicación de coeficientes de cultivo, al utilizar los estimadores de contenido de humedad del suelo y de estrés hídrico de la planta como ayuda para la toma de decisiones.
- b) Las estrategias basadas en el seguimiento del contenido de agua del suelo, manteniendo la tensión matricial del suelo por encima de un determinado valor que varía según el estado fenológico del cultivo y los objetivos de producción y calidad deseados (López *et al.*, 2009).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización del sitio experimental**

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano del año 2012 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Localizada sobre el periférico Raúl López Sánchez Km 4 que conduce a Gómez Palacio, Durango y carretera a Santa Fe. El sitio experimental se encuentra localizado a una altitud de 1123 msnm, en valores medios de 25° 31' 11" latitud norte y 103° 25' 57" longitud oeste (García 1988).

#### **3.2. Características del sitio experimental**

##### **3.2.1. Clima**

El clima es considerado como semiárido y semiseco. En el periodo de la investigación la temperatura más alta registrada fue de 42.6 °C (Junio 2012) y la temperatura más baja - 4 °C (Enero 2012). La temperatura media anual fue de 23.1 °C, con una temperatura máxima media anual de 31.3 °C y temperatura mínima anual de 15.4 °C. La humedad presente en este periodo fue de 36.8 %, donde la precipitación total acumulada anual fue de 218.70 mm. La velocidad del viento media anual que se presentó fue de 8.0 km/h (Estación meteorológica: 763820 (MMTC, 2013)).

##### **3.2.2. Suelo**

Se recolectaron 30 sub-muestras a una profundidad de 00-0.30 m en forma de zigzag, del sitio experimental y posteriormente se esparció la muestra compuesta en una lona, donde se mezcló, dividiéndose en cuatro partes iguales, este procedimiento se realizó hasta un peso final de dos kilogramos. Las muestras fueron sometidas a desecación, tamizado, mezcla y envasado. La muestra recolectada se colocó en bolsas de plástico previamente identificadas,

las cuales se llevaron al laboratorio de la Cooperativa Agrícola de la Comarca lagunera, la cual realizo una interpretación de acuerdo al método de análisis de la NOM-021-RECNAT .2000. Los resultados de las características físico-químicas del suelo se presentan en el Cuadro 3.1.

Las variedades del cultivo de jamaica, fueron establecidas en un suelo de características físicas y químicas aceptable, de textura de franco arcilloso, fertilidad media aceptable con características para el desarrollo de diferentes cultivos.

Cuadro 3.1. Características del suelo a la profundidad de 0.0-0.30 m del Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera - verano del 2012.

Característica	Valor obtenido	Unidades	Rango optimo
<u>Físicas</u>			
Textura	Migajón-Arenoso		
Pwcc	31.77	%	
Pwpmp	17.36	%	
Humedad disponible	14.41	%	
Da	1.29	gr cm <sup>3</sup>	1 – 1.9
Densidad de sólidos	2.65	gr cm <sup>3</sup>	
CIC	23	Meq/100gr	25.0 – 50.0
<u>Fertilidad</u>	Media		
Ph	7.98		6.5 – 7.5
MO	2.40	%	>3.0
N-NO <sub>3</sub>	13.40	Ppm	>30.0
P	4.20	Ppm	>30.0
K	208.0	Ppm	>170.0
CaCO <sub>3</sub>	13.40	%	<15.0
<u>Salinidad</u>			
CE	2.07	dSm <sup>-1</sup>	2.0 – 8.0
Bicarbonatos	4.35	Meq/lto	
Cloruros	5.11	Meq/lto	
Sulfatos	10.42	Meq/lto	
RAS	2.12		<5.0
PSI	1.83		<10.0

\*Métodos de análisis de acuerdo a: NOM-021-RECNAT-2000

### 3.2.3. Agua

Se recolectaron dos litros de agua de la bomba del pozo dentro de las instalaciones de la UAAAN, se encendió la bomba dejando correr el agua durante un periodo de 15 minutos. Posteriormente se tomaron las muestras y se colocaron en dos frascos de vidrio desinfectados y posteriormente fue identificados y llevados a la Cooperativa Agropecuaria de la Comarca Lagunera para su análisis. Los resultados nos indica característica ligeramente salina y baja en sodio Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Características químicas del agua del Campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Ciclo agrícola primavera-verano del 2012.

Característica	Valor obtenido	Unidades	Rango optimo
Carbonatos	0	Meq/lto	
Bicarbonatos	4.30	Meq/lto	
RAS ajustado	5.47	Meq/lto	
CE	1.07	dScm-1	<5.0
Ph	7.89		6.5 – 8.5
Calcio	7.85	Meq/lto	200 ppm
Magnesio	0.86	Meq/lto	125 ppm
Sodio	2.75	Meq/lto	200 ppm
Potasio	0.01	Meq/lto	
RAS	1.32	Meq/lto	
Cloruros	3.15	Meq/lto	250 ppm
Sulfatos	2.28	Meq/lto	400 ppm
Nitratos	7.20	Ppm	10 ppm
Dureza total	435.5	Mg/lto	500 ppm
Alcalinidad total	215	Mg/lto	400 ppm
Solidos totales	1,125	Mg/lto	1000 ppm
Clasificación*	C3S1		

Máximos permitidos por SSA Norma Oficial Mexicana: NOM-127-SSA 1-1994

\*Clasificación de acuerdo al diagrama para clasificación de aguas de riego del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

### 3.3 Tratamientos

#### 3.4 Tratamientos evaluados

Se evaluaron seis tratamientos con seis repeticiones que consistieron en la combinación de tres niveles de riego 60, 80 y 100% de la evapotranspiración de referencia (ETp) determinados en base al método de tanque evaporímetro tipo "A" y dos variedades de jamaica conejita y criolla regional factor B. Cuadro 3.3

Cuadro 3.3 Tratamientos evaluados en el campo experimental de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ciclo agrícola primavera-verano 2012.

<b>Tratamientos</b>	<b>Variedades</b>
(60%v1)	Conejita
(60%v2)	Criolla regional
(80%v1)	Conejita
(80%v2)	Criolla regional
(100%v1)	Conejita
(100%v2)	Criolla regional

T1 = 60% de la ETp en la variedad conejita

T2 = 60% de la ETp en la variedad criolla regional

T3 = 80% de la ETp en la variedad conejita

T4 = 80% de la ETp en la variedad criolla regional

T5 = 100% de la ETp en la variedad conejita

T6 = 100% de la ETp en la variedad criolla regional

#### 3.5 Aplicación de los tratamientos

Se aplicaron a partir del día 1 de Mayo del 2012. Utilizando un sistema de riego por cintilla marca eurodrip-16 mm, calibre 6000, regando cada cuarto día. La cantidad de agua aplicar se calculó en base al método del tanque evaporímetro tipo "A", teniendo una distancia entre emisores de .10 m y un gasto de 0.53 lph por gotero. La determinación de riego fue en base a cada tratamiento 60,80 y 100% de ETp. Para aplicar la lámina de riego se procedió a calcular el tiempo de riego para cada tratamiento:

- ❖ Se midió la evaporación del tanque ( $E_{VT}$ ) de 4 días determinantes y el número de este se multiplico por el factor del tanque ( $K_c = 0.75$ ) este valor se dio de acuerdo del tanque evaporímetro de la región el resultado nos indicó la lámina de riego ( $L_r$ ), y este resultado se multiplico por la evapotranspiración de cada tratamiento a aplicar.

Fórmula para calcular la lámina de riego

$$L_r = K_T * ET_p = m$$

$$T_1 = L_r * 60\% = L_{r1}$$

$$T_2 = L_r * 80\% = L_{r2}$$

$$T_3 = L_r * 100\% = L_{r3}$$

- ❖ Se calculó el área a regar para después calcular el volumen de agua a aplicar.

$$\text{Largo de la cama} = 40 \text{ m}; \text{ ancho de la cama} = 1.5 \text{ m} = 60 \text{ m}^2$$

$$\text{Calculo de la lámina de riego.} \quad 360^2$$

$$A_{\text{Total}} = \text{Largo} * \text{Ancho} * N^{\circ} \text{ de lineas} = m^2$$

$$\text{Vol.1} = A * L_{r1} = m^3$$

$$\text{Vol.2} = A * L_{r1} = m^3$$

$$\text{Vol.3} = A * L_{r1} = m^3$$

- ❖ Se contó el número de goteros en cada cama se calculó el gasto. Para ello ya se había determinado el gasto por gotero que fue de 0.53 lph.

$$\text{Numero de goteros } (Ng) = \frac{\text{Largo de la cama}}{\text{Distancia entre goteros cintilla}}$$

$$Ng = \frac{40 \text{ m}}{0.10 \text{ m}} = 400 * \text{línea regante} = 400 \text{ goteros/cama}$$

$$Q_{\text{Cama}} = A \text{ numero de goteros} * Q_{\text{gotero}}$$

$$Q \text{ Cama} = 400 \text{ goteros} * 0.53 \text{ lph} = 212 \text{ lph} = 0.212 \frac{m^3}{h}$$

- ❖ Principalmente se calculó el tiempo de riego (Tr) de cada cama, con los resultaos obtenidos:

$$Tr1 = (\text{Vol.1})/(\text{Q cama}) = \text{hr: min}$$

$$Tr2 = (\text{Vol.2})/(\text{Q cama}) = \text{hr: min}$$

### 3.6 Lamina total de riego por tratamiento

La lámina total aplicada se determinó sumando las láminas de riego (cm), que se aplicaron en cada uno de los niveles de riego, el número total de riegos fue de 47 durante su etapa de desarrollo vegetativo hasta fructificación del cultivo de jamaica Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4 Lamina de riego aplicada en cada tratamiento. Ciclo agrícola primavera-verano del 2012.

Tratamiento%	m	Lamina de riego total				L.r Total Aplicada (cm)
		área (m <sup>2</sup> )	vol/m <sup>3</sup>	área (ha)	vol/m <sup>3</sup> (ha)	
100	0.9395	60	56.37	10000	9395	93.95
80	0.7516	60	45.096	10000	7516	75.16
60	0.5637	60	33.822	10000	5637	56.37

Lamina total aplicada (m), área del sitio experimental (m<sup>2</sup>), volumen aplicado en el área del experimento (m<sup>3</sup>), área por hectárea (ha), volumen metro cubico (ha) y lamina aplicada en (cm).

### 3.7 Descripción de las Variedades

El material genético que se evaluó fueron dos variedades de jamaica Criolla regional y conejita del estado de Guerrero Cuadro 3.5

Cuadro 3.5 Características principales de las variedades del cultivo de jamaica. Ciclo agrícola primavera-verano del 2012.

ORIGEN	DESCRIPCION DE LAS VARIEDADES
CRIOLLA REGIONAL	Se divide en criolla tardía y el periodo de madurez es de 190 días es una planta anual, de rápido desarrollo, en donde tiene una altura de 2.5 metros, Es un criollo mejor adaptado a diferentes climas y textura de suelos, no demanda agua es un cultivo que soporta sequías ligeras. Separación de siembra de 50 80 a 1 m, de distancia entre planta y planta, pues distancias más cortas provocan el oscurecimiento del arbusto y promueven el ataque de hongos Fitopatógenos, con una densidad de población de 13,400 a 21,500 plantas/ha.
CONEJITA	Se deriva de la criolla regional es de un periodo precoz y el periodo de madurez es de 160 días es una planta anual, de rápido desarrollo, en donde tiene una altura de 1.5 a 1.8 metros, Es una variedad mejor adaptado a diferentes climas y textura de suelos, no demanda agua es un cultivo que soporta sequías ligeras. Separación de siembra de 50 80 a 1 m, de distancia entre planta y planta, pues distancias más cortas provocan el oscurecimiento del arbusto y promueven el ataque de hongos Fito patógenos, con una densidad de población de 13,400 a 21,500 plantas/ha.

### 3.8 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental Bloques al azar con un arreglo en franjas evaluando seis tratamientos con seis repeticiones, obteniéndose un bifactorial completo 3x2, que consistieron en tres niveles de riego 60, 80 y 100 % y dos variedades de jamaica criolla regional y conejita. El área experimental fue de 360 m<sup>2</sup>, seis surcos de 1.5 m de ancho con 40 m de largo, cada una de las variedades fue sembrada en seis surcos, el tamaño de la parcela experimental fue de 60 m<sup>2</sup>.

### **3.9 Preparación de plántula**

#### **3.9.1 Siembra en charolas**

Se utilizaron charolas de 200 cavidades de polietileno, que fueron llenadas con la mezcla de Peat Moss<sup>1</sup> previamente humedecida. Se compactaron manualmente y se colocó la semilla correspondiente en cada una de las cavidades. Se sembraron manualmente las dos variedades criolla regional y conejita del estado de Guerrero. Las charolas ya regadas se taparon con un plástico de polietileno de color negro para promover la germinación de la semilla. Después de la emergencia de las plántulas el riego se realizó cada tercer día.

### **3.10 Prácticas culturales**

#### **3.11 Preparación del suelo y trasplante**

Antes del trasplante, se llevó a cabo la preparación del suelo que consistió en un barbecho, rastreo y surcado, posteriormente se levantaron seis camas de 1.5 m de ancho y 40 m de largo con la finalidad de obtener las condiciones apropiadas para el trasplante y desarrollo del cultivo de jamaica. El trasplante se llevó a cabo el día 25 de abril de 2012. El trasplante se realizó manualmente utilizando estacas para perforar la cavidad colocando de una a dos plántulas a una distancia entre plantas de 0.50 m y entre surcos 1.5 m que equivale a una densidades de población 13,400 plantas/ha<sup>-1</sup>. Se evaluaron en esta investigación 240 plantas por cada una de las variedades.

#### **3.12. Control de maleza**

La maleza que se presentó durante el experimento de investigación fueron: verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) zacate Johnson (*Sorghum halepense* L.) y zacate pegarropa (*Setaria verticillata* L.) las cuales fueron controladas manualmente.

### **3.13 Riego**

Antes del trasplante los días 21,23 y 24 de abril del 2012 se aplicaron tres riegos uniformes con el objetivo de humedecer el suelo antes de trasplantar, después del trasplante se dio un riego el día 29 de abril para uniformar el trasplante. Las aplicaciones de los niveles de riego se realizaron a partir del día 5 de Mayo del 2012, las cuales se aplicaron cada cuarto día durante el ciclo del cultivo.

### **3.14 Fertilización**

La fertilización se realizó en forma líquida, mediante el sistema de riego, para que la planta pudiera absorber más rápido los nutrientes realizando tres aplicaciones de fertilizante al 100% durante el ciclo del cultivo. Los fertilizantes utilizados fueron MAP (11-30-00) y UREA (46-00-00). Se realizaron tres fertilizaciones durante el ciclo del cultivo en las etapas de mayor demanda de nutrimento (plantación, desarrollo y amarre de fruto), aplicando MAP 6.92 por parcela útil, 0.0230 por kg/m<sup>2</sup> y 230.76 kg/ha y para UREA 2.25 kg/parcela útil, 0.0075 por kg/m<sup>2</sup> y 75.25 kg/ha.

### **3.15 Enfermedades y plagas**

Durante el desarrolló vegetativo se presentó hormiga arriera (*Atta spp*), a la cual el cultivo de jamaica es muy sensible, la cual defolia las plántulas (Cuadro 3.6). En el combate de esta plaga, se utilizó fosfuro de aluminio (tableta) depositándolo directamente en el agujero con sulfuramida 5 g de i.a./kg en dosis de 20 g/hormiguero o sea 4 tabletas, se aplicó principalmente cuando no existía humedad o cuando no se regaba

También se presentó en la etapa vegetativa del cultivo la enfermedad Cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*): Se observó en las hojas, cálices y sobre el tallo, pequeñas partículas blanquecinas. La medida preventiva y de control fue disminuir la densidad de población, para que exista mayor penetración de los rayos solares. En forma química se aplicó Mancozeb 80 en dosis de 1.5 kg/ha. Cuadro 3.6.

Cuadro 3.6 Plaga y enfermedad que se presentó durante el ciclo del cultivo de jamaica

<b>Plagas</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis tabletas/agujero</b>
Hormiga	1	Fosforo de aluminio	1-5
Arriera	1	Sulfuramida	1 g./kg
Cenicilla	1	Mancozeb 80	1.5 kg/ha

### **3.16 Cosecha**

Se realizaron tres cosechas a los 197, 205 y 213 días después del trasplante en ( $\text{kg/ha}^{-1}$ ), la parcela útil consistió en  $12 \text{ m}^2$ . La cosecha consistió en cortar los frutos con la ayuda de tijeras. Enseguida se colocaron en bolsas de papel canela, se prosiguió a retirar la flor del fruto llevando a cabo el peso por separado y previamente se tomaron los datos correspondientes a cada tratamiento.

### **3.17 Variables evaluadas**

#### **3.17.1 Altura de la planta**

La medición de esta variable se realizó al final de la última cosecha, a los 197 días después del trasplante, utilizando una cinta métrica (m), por cada tratamiento y repetición.

#### **3.17.2 Diámetro del tallo**

El diámetro se midió de la base del tallo a cinco cm de altura usando un vernier.

#### **3.17.3 Cosecha**

En la cosecha se retiró la semilla y enseguida solamente se pesó el cáliz en base flor seco usando una balanza analítica marca Mca. Ohaus, en el laboratorio de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, posteriormente se tomaron los datos sumando las tres cosechas de cada tratamiento.

### **3.18 Análisis Estadístico**

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el paquete estadístico programa de la Universidad Autónoma de Nuevo León. (Olivares, 1994). El análisis de varianza y comparación de medias para detectar diferencia significativa, se realizó a un nivel del 95% de probabilidad según Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de planta

En la variable altura de planta el cultivo de jamaica, mostro diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) Cuadro 4.1. Los niveles de riego de 100 y 80% de ETp presentaron la mayor altura de 2.34, 2.04 m respectivamente y el nivel de riego de 60% de ETp fue de 1.47 m. Resultados que concuerdan a lo reportado por (Alves *et al.*, 2005), que obtuvieron incrementos al aplicar los niveles de riego 100 y 80% de ETp, obteniendo plantas más altas, tallos más gruesos y más hojas en tres cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L). La planta de jamaica en la variedad criolla regional alcanza hasta 2.50 m de altura (Toral, 2006).

Las dos variedades evaluadas mostraron diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) Cuadro 4.1. Se encontró que la variedad criolla regional presento mayor altura con 2.09 m y la variedad conejita una altura de 1.81 m. Resultado que coincide con lo reportado por (Cano, 2004) en un estudio de fertilización orgánica encontró una altura de 2.10 m en la variedad criolla regional. En la variedad conejita el crecimiento oscila entre 1.56 m donde define que el comportamiento de altura es heterogéneo (Castañeda, 2002).

Cuadro 4.1 Altura de planta del cultivo de jamaica en tres niveles de riego y dos variedades, ciclo agrícola primavera-verano del 2012.

Niveles de riego (%)	Conejita	Criolla regional	Media
100	2.20	2.47	2.34 a
80	1.87	2.22	2.04 b
60	1.37	1.57	1.47 c
Media	1.81 b	2.09 a	

Misma letra en columna indica tratamientos iguales Tukey ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.2 Diámetro de tallo

El diámetro basal de la planta del cultivo de jamaica, mostro diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) Cuadro 4.2. Se encontró que los niveles de riego de 100% de ETp obtuvo 5.28 cm, superando al nivel del 80 y 60% de ETp con 3.31 y 3.57 cm respectivamente. Resultados similares comparado con la de Cano, 2004 que presenta un diámetro basal de 3.2 a 5.6 cm, en diferentes variedades del cultivo de jamaica.

En variedades se obtuvo diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) Cuadro 4.2. La variedad criolla regional presento mayor diámetro basal del tallo con 4.17 cm resultado similar con lo que reporta Castañeda, 2002 donde encontró un diámetro de tallo de 4.13 cm en la variedad criolla regional. La variedad conejita con 3.92 cm. Resultado similares comparados con lo que reporta Toral, 2004 que en bajo de aplicación de diferentes dosis de fertilización orgánica presentaron diámetros de 1.7, 3.9 a 4.5. cm respectivamente.

Cuadro 4.2. Diámetro del tallo del cultivo de jamaica en tres niveles de riego y dos variedades, ciclo agrícola primavera-verano del 2012.

Niveles de riego (%)	Conejita	Criolla regional	Media
100	5.21	5.36	5.28 a
80	3.26	3.36	3.31 b
60	3.25	3.89	3.57 b
Media	3.92 b	4.17 a	

Misma letra en hilera y columna indica tratamientos iguales Tukey ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.3 Rendimiento total de la flor de jamaica

El rendimiento de flor de jamaica presento diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) entre niveles de riego Cuadro 4.3. El nivel de riego al 100% de ETp presento un rendimiento de 431.18 kg ha<sup>-1</sup>, superando al nivel del 80 y 60% de ETp que presentaron un rendimiento de 294.37 y 155.83 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, resultado similar en la producción de forraje de alfalfa seco con diferentes tratamientos de riego, encontrando diferencia que al aplicar el

100 y 80%, de la ETp fueron semejantes entre si y superiores al 60% (Godoy *et al.*, 2003).

El rendimiento de flor de jamaica se presenta en el Cuadro 4.3. El análisis estadístico no encontró diferencia significativa las variedades son similares entre si estadísticamente con un promedio de 291.38 kg ha<sup>-1</sup> para la variedad conejita y 296.21 kg ha<sup>-1</sup> para la variedad criolla regional resultado similar encontrado por Gallardo, 2004 quien reporto un rendimiento de 298 kg ha<sup>-1</sup> de cáliz seco en la variedad criolla regional.

Cuadro 4.3 Rendimiento total de flor de jamaica en tres niveles de riego y dos variedades, ciclo agrícola primavera-verano del 2012.

Niveles ETp (%)	Conejita	Criolla regional	Media
100	427.47	434.89	431.18 a
80	291.67	297.08	294.37 b
60	155.00	156.66	155.83 c
Media	291.38 a	296.21 a	

Misma letra en columna indican tratamientos iguales Tukey ( $p \leq 0.05$ )

#### 4.4 Eficiencia uso de agua (EUA)

En eficiencia en uso de agua se encontró diferencia significativa ( $p \leq 0.01$ ) entre tratamientos de riego, Cuadro 4.5. La mayor eficiencia en uso de agua fue obtenida con la aplicación de 100 % de la ETp con 7.64 kg m<sup>3</sup>, seguido con la aplicación de 80% de la ETp con 6.51 kg m<sup>3</sup> y el tratamiento de 60% de la ETp presentaron la eficiencia en uso de agua más baja 4.56 kg m<sup>3</sup>.

La eficiencia en uso de agua obtenida en este estudio es superior al realizado por, Farrell-Poe y Martin 2008 quienes reportan una eficiencia en uso de agua de 1.4 y 5.5 kg m<sup>3</sup> en Chile Chilaca a campo

Resultados que indican claramente que a mayor agua aplicada mayor eficiencia agua, lo cual puede conducir a aceptar que el cultivo de jamaica se adapta a la Región Lagunera con un riego adecuado de 100% de ETp.

Cuadro 4.4. Rendimiento total (kg ha<sup>-1</sup>), volumen aplicado (m<sup>3</sup> ha) y eficiencia uso de agua (kg m<sup>3</sup>) de la flor de jamaica a campo, ciclo primavera-verano 2012 Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Niveles de riego	Rend. Total	Vol.	EUA
	kg ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha	kg m <sup>3</sup>
ETp 100%	431.18 a	9395	7.64 a
ETp 80%	294.37 b	7516	6.51 b
ETp 60%	155.83 c	5637	4.53 c

En la hilera y columna, medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey p ≤ 0.05)

## ➤ CONCLUSION

Bajo las condiciones en las que se llevó acabo esta investigación podemos concluir lo siguiente.

- Es factible la producción de la flor de Jamaica en la región de la comarca lagunera bajo un sistema de riego por goteo con una evapotranspiración de 100%.
- La mejor eficiencia en Uso de Agua se obtuvo aplicando 100% de Etp.

## 6. LITERATURA CITADA

- Amaya J.M. 2003."Análisis de comercialización de la jamaica al Mercado de la Unión Europea. Tesis DICEA,Universidad Autónoma Chapingo .Edo. México pp.167-178.
- Arbex, C. N. E., Pereira, P.J.E.B.,Graças, C. M., Ramalho, M.A., Bertolucci, S.K. V.,Guimarães, S.F.,Delú,F.N. 2004. Planting time for maximization of yield plant calyx (*Hibiscus sabdariffa* L.).Ciência de Agrotecnologia 28(3) pp.542-551.
- Allen, R., Pereira, L.,Raes, D.,Smith, M.2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO, p.298.
- Acevedo y Opazo, C., Ortega-Farias, S., Fuentes, S. 2010.Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. Agricultural Water Management, Vol.97, p.956-964.
- Alves, J., Da Silva, C.R.,Ribeiro,R.V., Da Silva, T.J.A.,Folegatti, M.V. 2005.Crecimiento de plantas jovens de limeira ácida 'Tahiti' sob lâminas de irrigação. Engenharia Agrícola, Jaboticabal 25 (1): 170-178.
- Aragón y García, A., Torija y Torres, A., Avelleira Cortés, R., Tapia y Rojas, A. M., Contreras Mora, I. R., López Olgúin, J. F. 2008. Control de plagas de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con *Gliricidia sepium* (Jacq.) en Chiautla de Tapia, Puebla Avances en Investigación

Agropecuaria, Vol. 12, Núm. 3, pp. 33-42 Universidad de Colima  
México

Amigón, C. 2003. Comercialización de la Jamaica en la Mixteca Poblana. Memorias, Primer Encuentro de Investigación y Transferencia de Tecnología de Sector Agropecuario en el Estado de Puebla. Colegio de Posgraduados-Campus Puebla, Puebla, México. pp. 29-30.

Borin, M., Milani, M., Salvato, M., Toscano, A. 2011. Evaluation of phragmites australis (Cav.) Trin. Evapotranspiration in Northern and Southern Italy. Ecological Engineering, v.37, p.721-728.

Babatunde, F. E., Oseni, T. O., Auwalu, B. M y Udom, G. N. 2002. Effect of sowing dates, intra-row spacings and nitrogen fertilizers of the productivity of red variant roselle (*Hibiscus sabdariffa* L). Pertanika J. Trap. Agric. Sci. 25(2): pp.99-106.

Balansiya. 2006. El Karkadé. Artículo en línea. Disponible en: [http://www.balansiya.Com/ingredientes\\_karkadé.html](http://www.balansiya.Com/ingredientes_karkadé.html). Consultado: Septiembre, 2013.

Crane, J. C. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a fiber crop. Economic plants of interest to the American. USDA. 47 p.

Campos, H., Trejo, C., Peña y Valdivia, C. B., Ramírez y Ayala, C., Sánchez y García, P. 2009. Effect of partial rootzone drying on growth, gas exchange, and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L). Scientia Horticulturae 120: 493-499.

- Chavarria A, H. 2012. Increasing the active constituents of sepals of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plant by applying gibberellic acid and benzyladenine. *Journal of Applied Sciences Research* 1(2):137-146.
- Coronado D. C., Caro V. F., Flores B. de Jesús., Flores J. N. A., López B. S. 2010 El cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en Nayarit, Universidad Autónoma de Nayarit categoría: Plantas de medio ambientes específicos. *Ecología vegetal*: 978-607-7868-149
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2008. Estadísticas del Agua en México 2008. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (ed.). México, D.F. pp.233.
- Cano Z. J. J. 2004. El cultivo de Jamaica orgánica (*Hibiscus sabdariffa*) Fenología y comportamiento de la Jamaica en México. Director General AgroSerou SRL de CV. Uruapan Michoacán México, 01 800 847 7815 e-mail: [knorganico@hotmail.com](mailto:knorganico@hotmail.com) pp.134-136.
- Castañeda, W. 2002. Caracterización de 10 introducciones de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) en pocora limón, costa rica, trabajo de graduación las mercedes de guácimo, CR, Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda p.42.
- Causapé, J., Quílez, D., Aragüés, R. 2004. Assessment of irrigation and environmental quality at the hydrological basin level: I. Irrigation quality. *Agricultural Water Management*, v.70, p.195-209.
- Cassel, F. S., S. Sharmasarkar, S. D., Miller, G. Vance, and R. Zhang. 2001. Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use

eficiencias for sugarbeets. Agric. Water Manage.Vol.46. Pp.241-251.

Contreras, G. J. A. 2001. Informe Técnico Final del establecimiento de una parcela de jamaica en el sur de Quintana Roo. C. E. San Felipe Bacalar, INIFAP-CIRSE. 28p. Mc Caleb, S. 1996. Roselle Production Manual (*Hibiscus sabdariffa*). Herb Research Foundation. 1007 Pearl St., Suite 200. Boulder, CO 80302. USA 3

Changdee, T., Polthanee, A., Akkasaeng, C. and Morita, S. 2009. Effect of different waterlogging regimes on growth, some yield and roots development parameters in three fiber crops (*Hibiscus cannabinus* L., *Hibiscus sabdariffa* L. and *Corchorus olitorius* L.). Asian Journal Plant Sciences, pp. 515-525.

Caro V.F. 2006. Aptitud combinatoria y heterosis en un cruzamiento Dialélico en Jamaica *Hibiscus sabdariffa* L., Unidad académica de agricultura universidad autónoma de Nayarit.

Dorji, K., Behboudian, M. H., Zegbe y Domínguez, J. A. 2005. Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial drying. Scientia Horticulturae 104: 137–149.

Duke, J. A., Jobogenschutz y Godwin, M., Ducey, J., Duke, P. A. 2003. Handbook of Medicinal Spices. CRC Press LLC. New York, USA. 348 p.

Díaz P. B., Ramos D. J. 2011. El cultivo de rosa de jamaica Departamento de Producción Vegetal. E.T.S.I. Agrónomos .Universidad Politécnica de

Madrid. Correo: [bertadiazperez19@hotmail.com](mailto:bertadiazperez19@hotmail.com); [jdramas@hotmail.com](mailto:jdramas@hotmail.com).

Escalante, Estrada Y.I., 2008, Variedades de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), Revista digital alternativa volumen, 5 Numero 18. Académica Instituto de Investigación Científica Área de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Guerrero. Av. L. Cárdenas s/n. Cd. Universitaria.

Chilpancingo, Guerrero, México. CP.39079. [y\\_escalante@yahoo.com.mx](mailto:y_escalante@yahoo.com.mx).

Flores, T. J.R. 2012. Fuente de fertilización orgánica para el establecimiento del cultivo de la jamaica "*hibiscus sabdariffa* L." tesis para obtener el grado de maestría en ciencias agrícolas y forestales las agujas, Zapopan, Jal. Universidad de Guadalajara centro universitario de ciencias biológicas y agropecuarias división de ciencias agronómicas departamento de producción agrícola coordinación de posgrado. pp.123-145.

FAO. 2002. Food and agriculture organization Crop Water Management: Cotton. <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwater/cotton.stm>. Última visita: 05 de enero de 2013.

FAO. 2004. Food and Agriculture Organization. (En línea): <http://faostat.fao.org>. Consultado Septiembre 2013.

Futless, K. N., Kwaga, Y. M and Clement, T. (2010). Effect of sowing date on calyx yield and yield components of roselle (*Hibiscus Sabdariffa* L.) in Northern Guinea Savanna. New York Science Journal 3(11):1- 4.

- FAO. 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dirección electrónica: <http://www.fao.org> consultado el 12 de Septiembre 2013.
- Flores, Ariza Rafael., Serrano Altamirano, Víctor., Navarro Galindo, Salvador., Ovando Cruz, Manuel E., Vázquez García, Enrique., Barrios Ayala, Aristeo., Michel Aceves, Alejandro C., Guzmán Maldonado, Salvador H., Otero Sánchez, M. Antonio. 2014. Variedades mexicanas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) 'alma blanca' y 'rosalíz' de color claro, y 'cotzaltzin' y 'tecoanapa' de color rojo Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 37, núm. 2, pp. 181-185 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.Chapingo, México.
- Giuliani, R., Magnanini, A. and Flore, J. A. 2001. Potential use of infrared thermometry for the detection of water deficit in apple and peach orchards. Acta Hort. 557:38–43. Investigaciones Geografía cas, nº 43 (2007) pp. 63-84 ISSN: 0213-4691.
- Gallardo Torres A., 2004. Comportamiento del cultivo de la jamaica (*hibiscus sabdariffa* L.) establecida en tres tipos de composta en Tizapan, Jalisco, maestra en ciencias en manejo de áreas de temporal Zapopan, Jal, pp. 45-49.
- Godoy A. C., Pérez G. A., Ciria A. Torres E., Hermosillo L. J., Reyes J. I. 2003. Uso de agua, producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa con riego por goteo subsuperficial Agrociencia, vol. 37, núm. 2, pp. 107-115, Colegio de Postgraduados México.
- Grubben, G. J. H. y Denton, O. A. 2004. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2. Légumes, p.737.

Gaytán Hernández M. 2004. Guerrero si produce, órgano Informativo de la Fundación produce de Guerrero A.C. Núm. 8.

Inzunza I. A., Román L. A., Mendoza M. S. F., Catalán V. E. A., y Villa C, M. 2010. Methodologies for the Programation Design of Irrigation in the Drip Method Marco Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en relación Agua Suelo Planta Atmósfera (CENID-RASPA-INIFAP), Canal Sacramento Km. 6.5 Margen derecha. CP 35140. Gómez Palacio, Durango México. E-mail: [inzunza.marco@inifap.gob.mx](mailto:inzunza.marco@inifap.gob.mx).

Kang, S., Zhang, L., Hu, X., LI, Z., Jerie, P. 2001. An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. *Scientia Horticulturae* 89: 257–267.

López A.E., López A.F., Hurtado D, S. 2004. Agroecología; principios y métodos universidad de Guadalajara, Centro universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuaria 7-115 pp.

López-López., R. Arteaga-Ramírez., M. A. Vázquez y Peña., I. L. López y Cruz., I. Sánchez y Cohen. 2009. Producción de tomate de cáscara (*physalis ixocarpa* Brot.) basado en láminas de riego y acolchado plástico, posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México- Texcoco. Chapingo, Estado de México. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México- Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. México.

- Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M. N., Jacob y Sen, S. E.; Jensen, C. 2006. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. *Scientia Horticulturae* 109: 113-117.
- Montemayor L, A. Josefina Bota, José Cifre, Jaume Flexas, Miquel Ribas-Carbó y Javier 2007 guías eficiencia en el uso del agua por las plantas Grupo de Biología de les plantes en condiciones mediterráneos Departamento de Biología Universitario de les Balears- IMEDEA.
- Martínez, S. T.2014. De la agricultura tradicional a la agricultura sostenible.11 Simpo sio Internacional y 111 Reunión Nacional. Comisión de Estudios Ambientales y Campus San Luis Potosí del Colegio de Postgraduados. pp 11-121.
- Moreno, J.R. 2002. Clasificación taxonómica de la familia de las malváceas. Enciclopedia Encarta. pp s/no.
- Mojarro D., F. 2004. Optimización del uso del agua de riego para incrementar la productividad de chile seco en Zacatecas. Memorias de la Primera Convención Mundial del Chile. León Guanajuato, México. p. 203-210.
- Méndez N. J. R., Lara L., Gil, M.J. A. 2007. Efecto del riego por goteo en el crecimiento inicial de tres cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) Vol.2, pp. 145-156.
- Meza Chavarría Pedro, 2012. Guía: Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) el (*Hibiscus cruentus* Bertol). Asociación para el Desarrollo Eco-Sostenible ADEES

- Navarro y Galindo, S., Cruzaley y Sarabia, R., Reyes, J.M., Noriega y Cantú, D.H., Miranda y Salazar, F. 200. Nueva Alternativa Tecnológica para Producir Maíz-Jamaica en Áreas ´potenciales de Guerrero. (Folleto para productores No. 11). Area Agrícola SAGARPA-INIFAP, México.
- Nuñez, P.G., 2003. Fenología de materiales genéticos de jamaica (*Hibiscus sabadarifa* L) Tesis de Maestro en ciencias en agrobiotecnología. ITA- GIGA Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. pp 163-178.
- Olioso, A., Ortega y Farías, S., Valdés, H., Antonioletti, R. 2005. Estimación de la evapotranspiración de tomate usando el modelo interacción suelo-vegetación-atmósfera (ISBA). Agricultura Técnica Chile, v.65, p.284-294.
- O'brien. B., Hulme, P. 2002. Irrigation scheduling for cotton under drip. The Australian Cottongrower 23 (1): 72-76.
- Oktem, A., M. Simsek, and A. G. Oktem. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region: I. Water-yield relationship. Agric. Water Manage. Pp.61, 63 y 74.
- Ortiz, Márquez S. 2009. Composición en macronutrientes, minerales y metales pesados en cálices de Jamaica cultivada en el estado Monagas Revista voces: tecnología y pensamiento. Volumen 3, N° 1-2 Enero- Diciembre 2008, IUTEJIDO Mérida ISSN: 1856-867X.
- Passioura, J. 200. Increasing crop productivity when water is scarce— from breeding to field management. Agricultural Water Management 80: 176–196.

- Pimienta, B.E. 2003. Eco fisiología de la fotosíntesis. Temas selectos en ecología y fisiología vegetal. Universidad de Guadalajara. CUCBA pp. 51-52.
- Patiño, N. 2003. Cultivo y aprovechamiento de la jamaica. Folleto Dirección general de Extensión Agrícola. Divulgación Chapingo México. pp 1-1.
- Palomo, G. A., Gaytán, Godoy, A. S. 2001. Efecto de los riegos de auxilio y densidades de población en el rendimiento y calidad de la fibra de algodón. CELALA-INIFAP.
- Pérez, Torres. C., A. Aragón, García, N. Bautista Martínez, A. M. Tapia Rojas y J. F. López Olguín. 2009. Entomofauna asociada al cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el municipio de Chiautla de Tapia, Puebla. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 25(2): 239-247.
- Ruiz, C. 2003. Recursos edafo-climáticos para la planeación del sector productivo en el estado de Jalisco. Libro Técnico Núm. 2 INIFAP-CIRPAC. Guadalajara, Jal. México.p.172.
- RUIZ, R. P. 2000. Gravimetric Determination of Water by Drying and Weighing, unit A1.1.1-6. *In: Current Protocols in Food Analytical Chemistry.* RUIZ, R.P. (ed.). John Wiley & Sons, Inc. New York, NY.
- Rousseaux, M. C., Figuerola, P. I., Correa y Tedesco, G., Searles, P. S. 2009. Seasonal variations in sap flow and soil evaporation in an olive (*Olea europaea* L.) grove under two irrigation regimes in an arid region of Argentina. *Agricultural Water Management*, v.96, p.1037-1044.

- Ruelas, Hernández P.G., Caro, Velarde F. de J., Pérez, González R., Valdivia-Bernal R. 2008, Aptitud combinatoria y heterosis en un cruzamiento Dialélico en Jamaica *Hibiscus sabdariffa L.*, Unidad académica de agricultura universidad autónoma de Nayarit carretera Tepic- Compostela. Km 9 Jalisco Nayarit.
- Samartzidis, C., Awada, T., Maloupa, E., Radoglou, K., Constantinidou, H-I.A. 2005. Rose productivity and physiological responses to different substrates for soil-less culture. *Scientia Horticulturae*, v.106, p.203-212.
- SAGARPA. 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca Lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo. Dgo.
- SAGARPA. (2002). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca Lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo. Dgo.
- Smith, R. J., S. R. Raine, and J. Minkevich. 2005. Irrigation application efficiency and deep drainage potential under surface irrigated cotton. *Agric. Water Manage.* 71: 117-130.
- SAGARPA. 2010, Secretaría de Economía. Productos Agrícolas, Destinados para Consumo Humano-Flor (Cáliz) de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa L.*) Especificaciones y Métodos de Prueba.

- Sumaya M., Ma. Teresa M. C., Raquel E., Machuca S., Ma. Luisa J.R., Edgar B. M., Leticia H. L. 2014.potencial de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en la elaboración de alimentos funcionales con actividad antioxidante Revista Mexicana de Agronegocios, vol. XVIII, núm. 35, pp. 1082-1088 Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. Torreón, México.
- Solórzano, R. y T. Macario. 2002. Estudio de factibilidad del cultivo, procesamiento y comercialización de la Rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). Documentolínea.Disponibleen:[http://volensamerica.org/spip/IMG/doc/estudiomercadorosa\\_jamaica\\_altertec.doc](http://volensamerica.org/spip/IMG/doc/estudiomercadorosa_jamaica_altertec.doc). Consulta: septiembre, 2013.
- (SIAP), 2010 Estados productores de Jamaica en México (Fuente: Anuario Estadístico.
- SAGARPA-CONACYT. 2011. Demandas del sector Jamaica. Convocatoria 2011-pp.6.
- Takakura, T., Kubota, C., Sase, S., Hayashi, M., Ishii, M., Takayama, K., Nishina, H., Kurata, K., Giacomelli, G.A. 2009.Measurement of evapotranspiration rate in a single-span greenhouse using the energy-balance equation. Biosystems Engineering, v.102, p.298 - 304.
- Tyagi, N. K., D.K. Sharma andS.K.Luthra. 2000. Determination of evapotranspiration and crop coefficients of rice and sunflower with Lysimeter. Agricultural water management. 45:41-54.

- Toral F. J. R., Pérez G. A., Carreón A. J., Martínez R. J. L., Rodríguez R. R., Casas S. J. F. 2006. Niveles de fertilización orgánica mediante vermicomposta en el cultivo de la Jamaica, Avances en la investigación científica en el CUCBA, ISBN: 970-27-0770-6.
- Torres P. B. C., Aragón, G. A. y López, O. J. F. 2006. Pérdidas económicas por plagas insectiles que dañan el follaje del cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). En: Estrada V. E. G.; J. Romero, N. A. Equihua, M. C.; Luna, L. y J. L. Rosas A. (Eds.) Entomología Mexicana Vol. 5. Tomo II. Colegio de Posgraduados. Montecillos, Edo. De México. pp. 725-729.
- Urbina T.F. 2009. Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola Cultivo de Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) y (*Hibiscus cruentus* Bertol), MCA/Nicaragua, Chemonics Internacional, Inc pp. 72-73.
- Villalobos R., S., J. Z. Castellanos R., L. Tijerina C. y G. Crespo P. 2005. Coeficientes de desarrollo del cultivo de brócoli con riego por goteo. Terra Latinoamericana. 23:329-333.
- Van Ieeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Jaeck, M. E., Rabusseau, S., Audillere, J. P. 2003. Le suivi du régime hydrique de la vigne et son incidence sur la maturation duraisin. Bulletin de l'O.I. V. pp. 369-379.
- Velez, J., Intrigliolo, D., Castel, J. 2007. Scheduling deficit irrigation of citrus trees with maximum daily trunk shrinkage. Agricultural Water Management, v.90, p.197-204.

- Wong, P. K., Yusof, S., Ghazali, H.M. y Che Man, Y.B. 2002. Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Nutrition & Food Science* 32, 68-73.
- Yagoub, A.E.A., Mohamed, B.E., Ahmed, A.H.R. y El Tinay, A.H. 2004. Study on Furundu, a traditional sudanese fermented Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed: Effect on in vitro protein digestibility, chemical composition, and functional properties, shrinkage. *Agricultural Water Management*, Vol.90, p.197-204.
- Zoehl, D. 2006. Is water productivity a useful concept in agricultural water management *Agricultural Water Management*, v.16, and p.265-272.