

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

EFFECTO DE FUENTES DE POTASIO SOBRE LA CONCENTRACIÓN
DE SÓLIDOS SOLUBLES EN SANDÍA VARIEDAD MICKEY LEE;
TIQUISATE, ESCUINTLA
TESIS DE GRADO

HUGO RENE ARDON RODAS
CARNET 970612-04

QUETZALTENANGO, ENERO DE 2015
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

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

EFFECTO DE FUENTES DE POTASIO SOBRE LA CONCENTRACIÓN
DE SÓLIDOS SOLUBLES EN SANDÍA VARIEDAD MICKEY LEE;

TIQUISATE, ESCUINTLA
TESIS DE GRADO

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

POR
HUGO RENE ARDON RODAS

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

QUETZALTENANGO, ENERO DE 2015
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. MARCO ANTONIO ABAC YAX

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. GERMAN ROLANDO QUEMÉ QUIEJ
MGTR. MARCO ANTONIO MOLINA MONZÓN
ING. ROBERTO ANTONIO MORALES LIMA

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.

SUBDIRECTOR DE INTEGRACIÓN
UNIVERSITARIA: P. JOSÉ MARÍA FERRERO MUÑIZ, S.J.

SUBDIRECTOR ACADÉMICO: ING. JORGE DERIK LIMA PAR

SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ

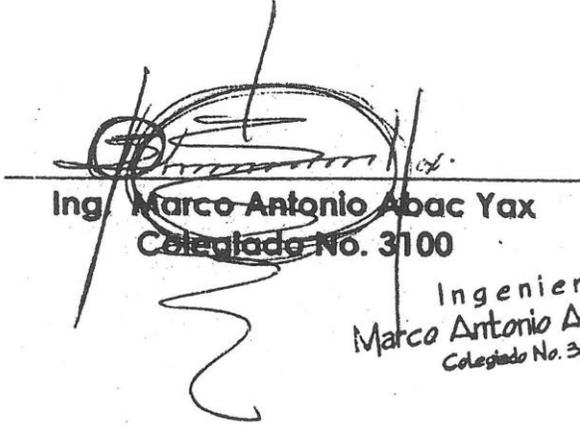
Quetzaltenango, enero del 2010

Ing. Estuardo Lima
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Ciudad.

Ingeniero Lima:

Me permito saludarlo y al mismo tiempo manifestarle que he revisado el Informe final de tesis titulado: **"Efecto de tres fuentes de potasio en cuatro dosis sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*, Cucurbitaceae), variedad Mickey Lee, en Tiquisate, Escuintla"** del estudiante Hugo René Ardón Rodas, quien se identifica con el carné numero 97061204, por tal motivo, tengo el agrado de informarle que dicho documento reúne las características suficientes para poder solicitar su revisión final.

Agradeciendo de antemano me despido de usted, atentamente.



Ing. Marco Antonio Abac Yax
Colegiado No. 3100

Ingeniero
Marco Antonio Abac Yax
Colegiado No. 3100



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06243-2014

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante HUGO RENE ARDON RODAS, Carnet 970612-04 en la carrera LICENCIATURA EN AGRONOMÍA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 06151-2014 de fecha 21 de noviembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE FUENTES DE POTASIO SOBRE LA CONCENTRACIÓN
DE SÓLIDOS SOLUBLES EN SANDÍA VARIEDAD MICKEY LEE;
TIQUISATE, ESCUINTLA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 27 días del mes de enero del año 2015.



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



Agradecimientos

A Dios: Por darme la fe y esperanza para triunfar.

A mis Padres: Juan Antonio Ardón Sánchez e Isolina Rodas Morales porque fueron la base fundamental en mi vida y sus consejos fueron sabios.

A mi Esposa: Muchas gracias. Por su amor, comprensión y apoyo.

A Ing. Agr. Marco

Antonio Abac: Por su apoyo incondicional, durante todo el proceso de culminación de mi carrera como estudiante.

A mis Catedráticos

Prof: Gerónimo Ángel Méndez e Ing. Marco Antonio Abac Yax, por su apoyo durante mi etapa como estudiante y profesional.

A mis amigos: Nery Echeverría, Hanz Madrigales y Gonzalo Hernández, gracias por todo su apoyo.

A Ing. Agr. Marco

Abac: Por asesorarme en mi tesis.

A La Escuela oficial rural mixta Parcelamiento El Arisco sector dos y a la Universidad Rafael Landívar, por brindarme la enseñanza y formación profesional.

Dedicatoria

- A Dios:** Por darme sabiduría, fe y fortaleza para desarrollar mis metas profesionales.
- A mis Padres:** Juan Antonio Ardón Sánchez e Isolina Rodas Morales por inculcarme los valores y motivarme durante mi carrera como estudiante y en mi vida profesional.
- A Esposa:** Muchas gracias. Por su amor comprensión y apoyo.
- A mis hijos:** María Fernanda, Josué, Yessenia, Mireya, Juan Roberto, Paulina, Huguito y Gretel porque son la principal razón para seguirme desarrollando.
- A mis Hermanos:** Fredy, Armenia, Armida y Onelia gracias por su apoyo incondicional y sus consejos
- A mis Catedráticos:** Prof. Gerónimo Ángel Méndez Ing. Marco Abac Yax por los conocimientos recibidos durante los años de estudio.
- A mis Grandes Amigos y Compañeros:** Nery Echeverría, Hanz Madrigales y Gonzalo Hernández por su amistad y apoyo incondicional.

Índice

	Pág.
I, INTRODUCCIÓN.....	1
II, MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 POTASIO (K).....	10
2.1.1. Funciones del Potasio.....	11
2.1.2. Síntomas de deficiencia.....	11
2.1.3. Origen del Potasio en el suelo.....	11
2.1.4. Formas de Potasio en el suelo.....	11
2.1.5. Dinámica de Potasio en el suelo.....	12
2.1.6. Factores que afectan el equilibrio del K en el suelo.....	12
2.1.7. Fuentes de fertilizantes potásicos.....	13
2.1.8. Fertilizantes potásicos.....	14
2.1.9. Métodos de aplicación de Potasio (K).....	15
2.1.10. Absorción del Potasio durante el crecimiento vegetal.....	16
2.1.11. El papel del Potasio en la translocación de azúcares.....	20
2.2 CULTIVO DE SANDIA (Citrullus lanatus).....	20
2.2.1. Origen e importancia.....	20
2.2.2. Distribución.....	20
2.2.3. Aspectos botánicos.....	21
2.2.4. Fenología de las plantas de sandia.....	22
2.2.5. Requerimientos climáticos y edáficos.....	22
2.2.6. Variedades de sandia.....	23
2.2.7. Rendimiento.....	25
2.2.8. Preparación del suelo.....	25
2.2.9. Manejo del cultivo.....	26
2.2.10. Plagas y enfermedades.....	28
2.2.11. Riego.....	33
2.2.12. Recolección y cosecha de frutos.....	33
2.2.13. Rendimiento.....	33
2.2.14. Almacenaje.....	34

2.3	SÓLIDOS SOLUBLES.....	34
2.3.1.	Refractometría.....	34
2.3.2.	Areometría.....	35
2.3.3.	Grados Brix.....	35
III.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	37
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	37
IV.	OBJETIVOS.....	39
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	39
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	39
V.	HIPÓTESIS.....	40
5.1	HIPÓTESIS ALTERNATIVAS.....	40
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
6.1	LOCALIZACIÓN.....	41
6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	41
6.3	FACTORES A ESTUDIAR.....	41
6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	41
6.5	ARREGLO EXPERIMENTAL.....	42
6.6	MODELO ESTADÍSTICO.....	43
6.7	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	44
6.8	CROQUIS DE CAMPO.....	44
6.9	MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	45
6.10	VARIABLES RESPUESTA.....	45
6.11	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	46
6.11.1.	Análisis Estadístico.....	46
6.11.2.	Análisis Económico.....	46

VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
VIII.	CONCLUSIONES.....	67
IX.	RECOMENDACIONES.....	68
X.	BIBLIOGRAFÍA.....	69
XI.	ANEXOS.....	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Pág.
1	Tipos de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>).....	23
2	Tratamientos evaluados sobre la concentración de Sólidos Solubles en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	42
3	Análisis de Varianza Sólidos Solubles expresados en Grados Brix en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	48
4	Comparación de Medias (Tukey) Sólidos Solubles expresados en Grados Brix en dosis evaluadas en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	49
5	Medias para Sólidos Solubles expresados en Grados Brix en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	50
6	Análisis de Varianza diámetro polar expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	51
7	Comparación de Medias (Tukey) para diámetro polar expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	51
8	Medias para diámetro polar expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	52
9	Análisis de Varianza diámetro ecuatorial expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	53
10	Comparación de Medias (Tukey) para diámetro ecuatorial expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	53

11	Medias para diámetro ecuatorial expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	54
12	Análisis de Varianza peso expresados en kilogramos en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	55
13	Comparación de Medias (Tukey) para peso expresado en kilogramos en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	56
14	Medias para peso expresado en kilogramos en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	57
15	Análisis de Varianza Rendimiento en M3 por Hectárea en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	58
16	Comparación de Medias (Tukey) para en Rendimiento en M3 por Hectárea tratamientos evaluados en el cultivo de Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	58
17	Medias para en tratamientos Rendimiento en M3 por Hectárea evaluados en el cultivo de Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	59
18	Variables evaluados en el cultivo de Sandia (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	60
19	Análisis económico en tratamiento con 300 Kg/Ha de K ₂ SO ₄ sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandia (<i>Citrullus lanatus</i> ; Cucurbitaceae), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).....	62
20	Análisis económico en tratamiento con 300 Kg/Ha de KCl sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandia (<i>Citrullus lanatus</i> ; Cucurbitaceae), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).....	63

21	Análisis económico en tratamiento con 200 Kg/Ha de K ₂ SO ₄ sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandía (<i>Citrullus lanatus</i> ; Cucurbitaceae), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).....	64
22	Análisis económico en tratamiento con 200 Kg/Ha de KCl sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandía (<i>Citrullus lanatus</i> ; Cucurbitaceae), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).....	65
23	Análisis económico en tratamiento con 200 Kg/Ha de KNO ₃ sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandía (<i>Citrullus lanatus</i> ; Cucurbitaceae), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).....	66
A	Sólidos Solubles expresados en Grados Brix en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	74
B	Diámetro polar expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	75
C	Diámetro ecuatorial expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	76
D	Peso expresados en kilogramos en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	77
E	Rendimiento expresado M ₃ en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (<i>Citrullus lanatus</i>), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).....	78

Resumen

El objetivo de la evaluación fue evaluar tres fuentes y cuatro dosis de Potasio, en la concentración de Sólidos Solubles, en el cultivo de la sandía. Las fuentes de Potasio evaluadas fueron: KNO_3 (Nitrato de Potasio), KCl (Cloruro de Potasio) y K_2SO_4 (Sulfato de Potasio) y las dosis fueron (00, 50, 100, 150, 200 y 300 kg/ha). La investigación se realizó en el parcelamiento el Arisco, municipio de Tiquisate, Escuintla. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, como factor A, se consideraron las Fuentes y como Factor B, las dosis; en total fueron 15 tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total de 60 unidades experimentales. Las variables de respuesta fueron: Concentración de sólidos solubles expresados en grados Brix, rendimiento (m^3/ha), tamaño de frutos y peso. Los resultados obtenidos mostraron que el mejor tratamiento fue el T15 (K_2SO_4 / 300 Kg/Ha) con 16.78 grados brix, seguido del T14 (K_2SO_4 / 200 kg/ha) con 15.45 grados Brix. En cuanto a los otras variables respuesta (rendimiento, peso y tamaño de los frutos), de igual manera fue el tratamiento T15 (K_2SO_4 / 300 Kg/Ha), el que presento los mejores resultados. En cuanto a la rentabilidad, el mejor tratamiento fue el T10 (KCl con 300 kg/ha), siguiendo en el orden el T3 (KNO_3 con 100 kg/ha) y el T9 (KCl con 200 kg/ha).

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la sandía en la actualidad exige el dominio y/o manejo de un alto nivel tecnológico, así como el conocimiento de aspectos inherentes al crecimiento y desarrollo de la planta, especialmente durante la formación de frutos. Esta fase es dependiente en alto grado de la aplicación adecuada de macro y micro nutrientes, la cual debe basarse en una estimación de los requerimientos, considerando la relación entre la absorción de nutrientes por el cultivo, el análisis de suelo y el análisis de tejido. Además en el conocimiento del comportamiento eco fisiológico que fundamente el manejo agronómico, la medición de biomasa acumulada en la planta y la eficiencia de rendimiento y producción en la conversión de nutrientes.

La fertilización usada actualmente en el cultivo de la sandía, no obedece a un programa establecido, que esté de acuerdo con las distintas fases fenológicas del desarrollo de la planta, lo que hace que la práctica sea ineficiente.

El Potasio es un catión monovalente, cuya absorción es altamente selectiva y estrechamente acoplada a la actividad metabólica; está caracterizado por una gran movilidad en la planta a todos los niveles dentro de células individuales, dentro de tejidos y en el transporte a grandes distancia vía Xilema y Floema, estas funciones están ligadas a los procesos de extensión celular, movimientos de órganos, transporte en el Floema, balance catión-anión.

La eficiencia en la absorción de K ha demostrado ser más alta en plántulas jóvenes, y la habilidad para concentrar K en la corriente xilemática ha sido correlacionada con la tasa de crecimiento del tallo; así mismo, la máxima tasa de acumulación de K en la planta, parece depender de la alta tasa de transporte en la corriente transpiratoria.

Muchos trabajos han verificado el efecto del K en combinación con otros cationes como el Calcio y el Magnesio, así tenemos que la relación K/Ca y K+Mg/Ca está asociada a la

ocurrencia de algunos desordenes en la maduración del cultivo de la sandía, los cuales disminuyen cuando se incrementan las relaciones K/Ca y Ca+Mg/Ca en hojas y frutos. Teniendo estas premisas como marco, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres fuentes de potasio bajo cuatro dosis, sobre el rendimiento e incremento de Sólidos Solubles (Grados Brix) en el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*), permitiendo con ello poder alcanzar un rendimiento potencial, además de aumentar la precocidad del cultivo y la calidad del producto.

Al analizar los resultados de cada una de las fuentes se determinó que la dosis y fuente de Potasio (K_2SO_4 / 300 Kg/Ha) fue la que más rendimiento por hectárea dio.

Con respecto al incremento de sólidos solubles se observa que el mejor tratamiento fue el T15 (K_2SO_4 / 300 Kg/Ha) con 16.78 grados brix.

II. MARCO TEÓRICO

López (2007), en su investigación titulada “Adaptabilidad de dos variedades de Rosa de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) con cuatro dosis de fertilizante a base de potasio (K) en los Municipios de Coatepeque Flores Costa Cuca, Quetzaltenango, Guatemala”, con el propósito de promover el crecimiento socioeconómico de pequeños productores, se establecieron ensayos del cultivo de Rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), sabiendo la importancia que este cultivo tiene a nivel nacional e internacional y las necesidades que tienen los agricultores de la región de la costa sur-occidente de Guatemala, donde se ve la necesidad de introducir cultivos que mejoren los ingresos económicos de los productores de la región. Se utilizó la metodología estadística de un diseño bi factorial con arreglos de bloques al azar, evaluando dos variedades de rosa de jamaica (variedades, Guerrero y Criolla) y cuatro dosis de fertilización química a base de potasio. Los resultados de dicha investigación, indican que de las dos variedades evaluadas, la variedad criolla fue superior en rendimiento a la variedad Guerrero en ambas localidades, obteniendo los mejores ingresos económicos para los productores de la región. Por lo anterior el autor recomienda la utilización de la variedad criolla con una dosis de fertilización química a base de Potasio con aplicación de 0.48 Tm/Ha.

Méndez (2006), en la investigación “Evaluación de dos fuentes y cuatro dosis de potasio en la fertilización de caña de azúcar, variedad cp 72-2086 en un suelo andisol”, menciona que este trabajo tuvo como objetivo, determinar el efecto de nitrato de potasio como fuente de potasio, comparado con el cloruro de potasio que es la fuente tradicional en la producción de caña. Otro objetivo fue determinar la dosis más adecuada y determinar el efecto de la mezcla de cloruro de potasio (70%) y nitrato de potasio (30%) versus las fuentes originales. La investigación se realizó en Finca Margaritas, ubicada en el municipio de La Democracia, del departamento de Escuintla, utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones con un arreglo factorial cuatro x dos más tres tratamientos adicionales que generaron 11 tratamientos con la variedad CP – 722086 en caña plantía. Los tratamientos consistieron en la aplicación de diferentes dosis que fueron desde 50, 100, 150 y 200

kilogramos por hectárea utilizando las fuentes de cloruro de potasio (KCl) y nitrato de potasio (KNO₃). Los resultados indicaron que el cloruro de potasio (KCl) y nitrato de potasio (KNO₃) no tuvieron diferencias significativas aplicándolas por separado, los rendimientos de caña (tm/ha) fueron de 107.7 (KCl) y 104.8 de (KNO₃), mientras que utilizando la mezcla de 70% de KCl y 30% de KNO₃ se obtuvieron los mejores resultados, con un rendimiento de 127.2 (tm/ha), aplicando la dosis de 50 kilogramos por hectárea.

Pinto (2007), menciona en su investigación “Efecto del potasio sobre el control de carbohidratos en granos de maíz dulce (*Zea mays*), bajo riego por gravedad en el municipio de Monjas, del departamento de Jalapa, Guatemala”. El material vegetal utilizado fue el híbrido Sweet Corn PS 8004 SSY (azucarado dulce). El objetivo principal fue el aumentar los niveles de azúcar que alarguen el período de post cosecha, sin alterar la calidad del elote en fresco en el cultivo de maíz dulce. Se evaluaron cinco dosis de potasio 0, 50, 100, 150 y 200 kg. /ha. Para la realización del ensayo se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y el número de repeticiones para medir la degradación de los azúcares en almidón en un periodo de 12 días post cosecha, se utilizó un sacarímetro que marca en grados brix. De acuerdo a los tratamientos en estudio, se pudo observar que la adición de potasio no afectó los grados brix en el grano de maíz dulce, pero mejoró su calidad de grano en el elote evitando menos rechazo. La información generada fue sometida a un análisis de varianza y en los casos en donde se determinó significancia se realizó la prueba de medias de Duncan. Para el análisis económico se utilizó el método de costos directos para conocer su rentabilidad. En los resultados obtenidos las dosis de 150 y 200 Kg. /ha., el potasio fueron altamente significativos, con respecto al tratamiento 0 Kg. /ha. El tratamiento más económico para la producción de elote de maíz dulce fue donde se aplicó 200 kg. /ha de potasio que posee una Tasa Marginal de Retorno del 67 %. Se recomienda darle continuidad a dicha investigación para encontrar qué elementos de nutrición son necesarios, además del potasio, para la no degradación de la sacarosa, en términos de grados brix en el manejo post cosecha del elote.

Roberts (1991), informa en su boletín titulado: “Efectos del potasio (K) en la síntesis de azúcares”, publicado en Tegucigalpa Honduras, que su objetivo principal a, informar a aquellas personas que tengan el interés de saber la función que desempeña el potasio (K) en sus cultivos. Roberts menciona que es necesario evaluar cuatro niveles de potasio (K), por ser este un elemento que incide en la producción de azúcares en los frutos; y es ese caso el cultivo de la Rosa de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*). El potasio (K) además de participar en la síntesis de azúcares también tiene efecto directo en la coloración de los frutos. Roberts concluye que aun no existe información suficiente, en cuanto a la incidencia de este elemento en el cultivo de la Rosa de Jamaica.

Moreno, Inzunza, Morán, Sánchez, Catalán, Villa (2005), en la investigación “Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante, indican que en este estudio se determinó la producción, eficiencia en el uso del agua y la precocidad a cosecha del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) regado con cintilla a 60% de la evaporación de un tanque estándar tipo A, en tres tipos de establecimiento (siembra directa, trasplante a dos hojas verdaderas y trasplante a inicio de guías), con y sin acolchado de plástico negro, y dos niveles de fertilización de N y P₂O₅ (160N-80P y 240N-120P). El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo de tratamientos factorial tres x dos x dos y las comparaciones de media se hicieron mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). La mayor producción de fruto (68.6 t/ha) se logró con el establecimiento del cultivo por trasplante a dos hojas verdaderas combinado con acolchado plástico y fertilizado con 160N-80P, que también fue el tratamiento más eficiente en el uso del agua al alcanzar una productividad de 14.3 kilogramos de fruta por m³ de agua. El rendimiento alcanzado por el mejor tratamiento representó un incremento de casi 150% respecto al rendimiento medio regional. El incremento de la temperatura del suelo debido al uso del acolchado plástico favoreció la producción y adelanto la cosecha de la sandía en una semana.

Preciado, Baca, Tirado, Kohashi-Shibata, Chávez, Martínez (1998), en la investigación titulada “Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón”, indican que la producción de plántulas vigorosas y aptas para el trasplante es un

prerrequisito para la obtención de rendimientos económicamente redituables. La composición química de la solución nutritiva es un importante factor para el logro de este propósito. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de tres relaciones nitrato aniones y tres de potasio cationes, con base en la solución nutritiva universal de Steiner, sobre el crecimiento y la extracción nutrimental de plántulas de dos híbridos de melón (*Cucumis melo* L.): Crusier (HC) y Gold Eagle (HGE). Se tomaron datos de diversas variables del crecimiento y se determinó la extracción nutrimental de las plántulas. Los híbridos presentaron diferente respuesta en el crecimiento y en la extracción nutrimental a la composición química de las soluciones nutritivas; con el HC se obtuvieron plántulas con mayor crecimiento y mayor extracción nutrimental con 12 mol NO₃ - m⁻³ y 10 mol K⁺ m⁻³, mientras que con el HGE se logró lo mismo con 12 ó 14 mol NO₃ - m⁻³ y 7 mol K⁺ m⁻³. Con el suministro de las soluciones nutritivas se obtuvieron plántulas de mayor crecimiento y de mayor acumulación de nutrimentos que las correspondientes al fertilizar al suelo.

Ruiz, Sanchez y Tua , (2003), en la investigación “Efecto de la dosis y forma de colocación del potasio sobre la concentración foliar de macro elementos en el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)”, indican que se estudió el efecto de tres niveles de potasio; 0, 220 y 330 Kg/ha-1, colocados en tres formas diferentes (central, lateral y en el fondo del surco) sobre la concentración foliar de N, P, K, Ca y Mg, medidos por espectrofotometría de absorción atómica utilizando un equipo Perkin-Elmer. Modelo 2280 y la concentración foliar de P, se analizó por fotometría utilizando el reactivo Banato molibdato de amonio, durante la floración, cuajado y fructificación en la planta de tomate cv. Río Grande, del sector Guarabal, Municipio Federación del Estado Falcón, en un suelo clasificado como Haplocambids. Se usó un diseño en bloques al azar con siete tratamientos y seis repeticiones. El N se encontró entre los rangos de 5,38% y 5,88% en los tratamientos de 330 Kg/ha-1-fondo del surco y de 330 Kg/ha-1-lateral, respectivamente. Se determinó mayor concentración de K durante la fase de floración. El P varió, entre 0,29%, 0,14%, 0,23% durante la floración, cuajado y fructificación respectivamente. Los tratamientos que más acumularon K fueron el de 330 Kg/ha-1-central y de 330 kg/ha-1-fondo del surco; las concentraciones del Ca

variaron entre 3,61% y 4,63% en los tratamientos 330 Kg/ha-1-lateral y el 220 Kg/ha-1-fondo del surco respectivamente. Con respecto al Mg las concentraciones variaron entre 0,83% y 1,06% para los tratamientos de 330 Kg/ha-1-lateral y el testigo respectivamente. La concentración de N, durante el cuajado, varió entre 3,30% y 3,78% en los tratamientos testigo y 220 Kg/ha-1-lateral. El P varió entre los rangos de 0,13% y 0,16% en los tratamientos de 220 kg/ha-1-fondo del surco y de 330 Kg/ha-1-lateral. El K se encontró entre 2,11% y 2,40% en los tratamientos 220 y 330 Kg/ha-1-fondo del surco, respectivamente; durante la fructificación, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg.

Becerra-Sanabria, Mosquera, Núñez-López (2007), en la investigación “Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar ‘Criolla Guaneña’ en el departamento de Nariño”. En esta investigación se realizó en dos localidades del municipio de Pasto (Nariño): Obonuco y Jamondino y tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación edáfica de diferentes niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento de tubérculos y la gravedad específica del cultivar Criolla Guaneña, conocida como papa criolla de Colombia, que es el resultado del cruzamiento entre los cultivares Amarilla Tumbay (*S. goniocalix*) por el cultivar Criolla Colombia (*S. phureja*). Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones y estructura factorial 5x2, donde el primer factor corresponde a fósforo (0; 50; 100; 150; 200 Kg/ha-1 de P₂O₅, fuente Superfosfato Triple) y el segundo, potasio (50 y 100 Kg/ha-1 de K₂O, fuente KCl). Las variables evaluadas fueron gravedad específica y rendimiento de tubérculo en las categorías cero (PTO, $\varnothing > 6$ cm), primera (PT1, $\varnothing 4 - 6$ cm), segunda (PT2, $\varnothing 2 - 4$ cm), tercera (PT3, $\varnothing < 2$ cm) y total (PTT). Los resultados no demostraron diferencias en las variables evaluadas para el factor fósforo ni para el factor potasio, tampoco se presentó interacción entre ellos.

Quijada, Camacho, Fonseca, Rivas (1995), en la investigación “Efecto del nitrato de potasio sobre la floración del mango Haden”, mencionan que el mango (*Mangifera indica* L.) es el cuarto frutal más importante en el país, después de los cambures, plátanos y cítricas. La superficie total de su siembra para el año 1995 fue de 9.289 ha, que

produjeron 147.247 T, con rendimientos de 15.836 kg/ha (MAC, 1996). A nivel nacional casi todos los cultivares florecen durante los meses de diciembre y enero, sus frutos se cosechan a finales de abril, mayo, junio y julio, dependiendo del cultivar y de las condiciones ambientales imperantes de cada zona.

Una de las alternativas para acceder a estos mercados en la época propicia, es utilizando productos químicos (nitrato de potasio, nitrato de amonio y nitrato de calcio y otros), para inducir la floración del mango. En tal sentido, se planteó el estudio para determinar la dosis y el número de aplicaciones más convenientes para adelantar y promover la floración del mango, ubicando así las cosechas en épocas de mayor demanda en el mercado internacional y lograr mejores precios de la fruta. El ensayo se estableció en la unidad de producción El Carrusel, ubicada en el kilómetro 20 de la carretera hacia Perijá, en el municipio La Cañada de Urdaneta del estado Zulia, área ubicada dentro de la planicie de Maracaibo, donde la precipitación anual promedio es de 500 a 600 mm, repartidos en dos picos desiguales de lluvias en los meses de mayo y octubre, este último más abundante.

La evaporación promedio anual es de 2.000 a 2.300 mm, la temperatura promedio de 28 °C y 75% la humedad relativa promedio. La plantación está sembrada con mango de la variedad Haden, con una distancia de siete x siete m. El ensayo se estableció en el mes de octubre, las plantas tenían una edad aproximada de seis años. Los tratamientos fueron aplicados en horas de la mañana, con asperjadora de motor, suministrando tres litros de solución por planta, para cubrir uniformemente la planta, la segunda y tercera aplicación se realizó en forma de lluvia para disminuir la caída de las flores ya emitidas.

Para el número de flores se marcó una panícula por cuadrante (norte, sur, este y oeste), a la misma se le determinó el número promedio de frutos por panícula. Se evaluó el nitrato de potasio en dosis de 6, 9 y 12%, en tres diferentes aplicaciones: el 30 de octubre, 15 y 30 de noviembre.

Los resultados obtenidos revelan que el nitrato de potasio (KNO_3) promovió y adelantó la floración en 45 días después de aplicado el producto. El adelanto de la floración por efecto de la aplicación del nitrato de potasio indujo igualmente un adelanto de las cosechas, pudiéndose ofertar frutas en época de mayor demanda del mercado internacional, logrando así mayor beneficio económico para el productor.

Los árboles en los que se aplicó el nitrato de potasio, independientemente de las dosis estudiadas, promovieron la floración en todas las ocasiones que se aplicó, mientras que los en los que no se aplicó el nitrato de potasio, en ningún momento florecieron. Concluyendo que el nitrato de potasio adelantó y promovió la floración en todas las plantas que fue aplicado; la dosis de nitrato de potasio al 9%, aplicado tres veces sobre la misma planta produjo la mayor emisión de panículas por planta y flores por panícula, aunque la mayor producción se logró con la misma dosis, pero aplicando el nitrato de potasio sólo dos veces; a pesar de haberse incrementado significativamente la producción con la aplicación del nitrato de potasio, en general, se muestra una baja producción del mango 'Haden' en la zona, quizás motivado a una baja relación frutos/flores emitidos.

Moreno, Fernández, Sosa y Nava (1999), en la investigación "Efecto del potasio, calcio y magnesio sobre el rendimiento del banano (*Musa* AAA, subgrupo Cavendish, clon Gran Enano)", mencionan que en la finca El Maizal, ubicada en la planicie aluvial del río Motatán, en el estado Trujillo, se investigó el efecto del K, Ca y Mg sobre el rendimiento del banano Cavendish, clon Gran Enano. Las dosis probadas fueron 166, 332 y 498 kg de kg/ha/año, 0 y 285 kg de Ca/ha/año y, 0 y 120 kg de Mg/ha/año. El diseño fue completamente aleatorizado con arreglo factorial tres x dos x dos. Se determinó la concentración de nutrientes en el suelo (cmol.kg^{-1}), el rendimiento (Mg/ha) y la correlación entre el K, Ca y Mg del suelo y el rendimiento. La aplicación simple de 166, 332 y 498 kg de K/ha/año, generó respuestas negativas en el rendimiento obteniéndose valores de 49,6, 45,6 y 31,1 Mg/ha. El Ca incrementó significativamente el rendimiento hasta 48,5 Mg/ha. No se encontró respuestas a la aplicación de Mg; sin embargo, la concentración de este elemento en el suelo mostró correlación negativa con el

rendimiento. La aplicación combinada de 498 kg de K/ha con 285 kg de Ca/ha/año generó el mayor rendimiento con 62,0 Mg/ha. No hubo respuesta a la aplicación conjunta de K con Mg. Al aumentar las dosis de K acompañadas con Ca y Mg, el rendimiento disminuye significativamente.

2.1 POTASIO (K)

El K actúa principalmente como un activador en el metabolismo de las proteínas y carbohidratos, participa en la abertura y cierre de estomas y tiene funciones de regulación osmótica (Pérez, 1996).

El K estimula la actividad de la invertasa, peptasa y catalasa, mueve la formación y translocación de azúcares y da resistencia a enfermedades. (Pérez, 1994). El K es absorbido por las raíces en forma elemental (K^+), y dentro de la planta es un elemento movilizado desde las hojas más viejas hacia las más nuevas. La falta de K en la planta reduce el porcentaje de sacarosa y una cantidad excesiva del mismo aumenta el contenido de almidón. Los síntomas de deficiencia de K en caña de azúcar se caracterizan por un amarillamiento de las hojas, más intenso en el ápice y los márgenes que termina con el necrosamiento de las áreas afectadas y se presentan tallos más delgados (Pérez, 1996).

Las fuentes de potasio más usados son el cloruro de potasio (KCl) y el sulfato de potasio (K_2SO_4). El KCl viene al 60% de K_2O y es fácilmente soluble en agua y es medianamente higroscópico; por otro lado el K_2SO_4 con el 50% de K_2O es una sal muy estable y con menor solubilidad que el KCl; esta fuente es preferiblemente para los suelos con deficiencia de azufre (Pérez, 1996).

El K generalmente es aplicado en el fondo del surco inmediatamente antes de la siembra. En socas debe aplicarse en banda e incorporarlo al suelo. Las pérdidas de K por lixiviación se consideran mínimas debido a su naturaleza catiónica; sin embargo, en suelos muy arenosos y con alta precipitación pluvial puede haber mayores pérdidas que justifiquen su fraccionamiento (Pérez, 1996).

2.1.1. Funciones del potasio

El Potasio (K) es el tercer elemento más importante que requiere el cultivo para un mejor desarrollo ya que ayuda a la planta a mejorar su estructura celular, asimilación de carbono, fotosíntesis, síntesis de proteínas, formación de almidón, translocación de proteínas y azúcares, absorción de agua por las plantas y el desarrollo normal de raíces (Pérez, 1996).

2.1.2. Síntomas de deficiencia

Uno de los síntomas de deficiencia más comunes es el quemado en los bordes de las hojas. En la mayoría de las plantas este quemado aparece primero en las hojas más viejas; especialmente en las gramíneas. Las deficiencias de potasio hacen que las plantas crezcan lentamente presentando un sistema radicular con desarrollo pobre, los tallos son débiles el acame de las plantas es común. Las plantas presentan una resistencia baja a las enfermedades (Guerra, 2000).

2.1.3. Origen del Potasio en el suelo

El Potasio (K) en el suelo se encuentra en varias formas y con diferentes grados de disponibilidad. Las formas intercambiables y en solución son las fracciones fácilmente disponibles para las plantas y las que generalmente son extraídas y medidas en los procedimientos analíticos de un laboratorio para medir la disponibilidad de K en el suelo. Aunque los suelos derivados de ceniza volcánica por su origen, generalmente tienen buenas reservas de K en el suelo, factores como la alta cantidad e intensidad de las lluvias y las texturas livianas tienden a favorecer la lixiviación de las formas disponibles de K (Pérez, 1996).

2.1.4. Formas de Potasio en el suelo

a. Potasio no disponible

Este se encuentra en los minerales (rocas). El K es liberado a medida que los minerales se intemperizan, pero esto sucede en forma lenta que no se hace disponible para las plantas en crecimiento (INPOFOS, 1988).

b. Potasio disponible en forma lenta

Este tipo de Potasio está “fijado” o atrapado entre las capas de ciertas arcillas del suelo. Estas arcillas se encogen y se expanden con los suelos secos y húmedos respectivamente, los iones (K^+) pueden ser atrapados entre estas capas haciéndose no disponibles o disponibles lentamente. Este Potasio es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales tales como la Illita que aparecen alternativamente para eliminarlo o fijarlo, dependiendo de diversos factores. (Guerra, 2000).

b. Potasio disponible del suelo

El K disponible en forma inmediata se encuentra en la solución del suelo, más el K retenido en forma intercambiable de las arcillas y la materia orgánica (INPOFOS, 1988).

2.1.5. Dinámica de Potasio en el suelo

El Potasio no se mueve mucho en el suelo, a diferencia de otros nutrientes, el potasio tiende a permanecer en el lugar donde se coloca el fertilizante. Si el potasio llega a moverse lo hace por difusión, lento y a corta distancia en las películas de agua que rodean las partículas de suelo. Las condiciones de sequía hacen a este movimiento aun más lento. Las raíces de los cultivos por lo general entran en contacto con menos del 3% del suelo en el cual crecen; de modo que el suelo debe estar bien suplido de potasio para asegurar la disponibilidad de Potasio en cada etapa de su desarrollo. (Guerra, 2000).

2.1.6. Factores que afectan el equilibrio del K en el suelo

a. Tipo de coloide

Los coloides del suelo tienen cargas negativas y atraen los cationes, como es el K^+ . Los coloides del suelo repelen los aniones, como son los nitratos. De modo que los cationes son retenidos en forma intercambiable (adsorbidos): Estos cationes intercambiables se encuentran en equilibrio con los que se encuentran en la solución del suelo. Este equilibrio es posible representarlo en la forma siguiente: K^+ de intercambio $>$ K^+ en solución.

La mayoría de los suelos contienen 10 kg/ha o menos en solución. Esto va a servir a una planta en crecimiento para uno o dos días. A medida que el cultivo remueve el K de la solución, parte del K intercambiable se mueve a la solución. Este es reemplazado en el coloide del suelo por otro catión. Este movimiento continúa hasta que se establece un nuevo equilibrio (INPOFOS, 1988).

b. Temperatura

El efecto de la temperatura sobre el equilibrio del Potasio en los suelos no ha sido demasiado estudiado. Sin embargo, los suelos que sufren un aumento en la temperatura dan por resultado un aumento de Potasio intercambiable (Guerra, 2000).

c. Humedad y sequedad

Cuando en el campo los suelos húmedos se secan, hay usualmente un aumento en la cantidad de Potasio cambiabile que puede ser extraído de estos suelos. Esto es particularmente verdadero cuando los niveles de potasio en el suelo son medianos o bajos; cuando los niveles son altos, sin embargo, puede producirse un resultado totalmente contrario (Guerra, 2000).

d. pH del suelo

El efecto de pH sobre la liberación y fijación ha sido sujeto a controversias en varios estudios, llegándose a presentar las siguientes reacciones: si un coloide del suelo se satura con Potasio y se añade una sal neutra como el Sulfato Cálcico, habrá reemplazamiento de parte de los iones potásicos absorbidos por los iones de calcio (Guerra, 2000).

2.1.7. Fuentes de fertilizantes potásicos

El Potasio elemental no se encuentra en estado puro en la naturaleza debido a su alta reactividad. Los depósitos de Potasio se presentan como (1) yacimientos de sales sólidas debajo de la superficie de la tierra y (2) en salmueras de lagos muertos u océanos. El Potasio es extraído de varios minerales, siendo la Silvinita, Silvita y Langbeinita los más importantes (INPOFOS, 1988).

La Silvinita está básicamente compuesta de cloruro de Potasio (KCl) y Cloruro de Sodio (NaCl) con un contenido de K₂O entre el 20 y 30%. La **Silvita** está compuesta principalmente de KCl con un contenido de K₂O de casi el 63%. La **Langbeinita** está compuesta mayormente de Sulfato de Potasio (K₂SO₄) y Sulfato de Magnesio (MgSO₄) con un contenido aproximado de K₂O del 23%. (Las salmueras que contienen Potasio están formadas por 2/3 de agua y contienen sólo un 3% de K₂O.) (INPOFOS, 1988).

2.1.8. Fertilizantes potásicos

En la mayoría de los países donde la productividad agrícola se ha incrementado mediante el uso de fertilizantes, el primer nutrimento aplicado fue el Fósforo y después el Nitrógeno, pero con mucha frecuencia las reservas de Potasio en los suelos han sido suficientes para mantener una producción alta durante años. Tal ha sido el caso de Colombia, excepción hecha de algunas de sus regiones. Sin embargo, tarde o temprano el Potasio se torna deficiente y se hace necesario el uso de fertilizantes potásicos (Guerrero, 1981).

a. Cloruro de Potasio

Es un fertilizante inorgánico de origen mineral, obtenido del minado del mineral Silvita, este mineral es una mezcla física de cristales de Cloruro de Potasio y Cloruro de Sodio, que a la vez contiene pequeñas cantidades de arcilla dispersa y otros minerales. El cloruro de Potasio es separado del Cloruro de Sodio y otros minerales a través de un proceso de flotación selectiva (FertiQuim, 2000).

Compatibilidad química

Si se requiere aumentar algún nutrimento, puede combinarse con urea, Sulfato de Amonio, superfosfatos, Fosfatos de Amonio, Sulfato de Potasio, Nitrato de Amonio y algunos productos con elementos menores (FertiQuim, 2000).

b. Nitrato de potasio

Aporta nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^-). El Nitrato de Potasio posee un 13% de Nitrógeno en forma de Nitrato (NO_3^-), de rápida asimilación, dado que no necesita de transformaciones por microorganismos del suelo para ser absorbido por las raíces.

Características químicas

No acidifica el suelo; por el contrario, neutraliza la acidez. No se volatiliza en forma de amoníaco. El Nitrato de Potasio no contiene ni genera Amonio, por lo que no ésta expuesto a pérdidas por volatilización en forma de amoníaco (Disagro, 2002).

Compatibilidad

Compatible con la mayoría de fertilizantes. Su humedad crítica relativa (a 30°C) se reduce en mezclas con Nitrato de Calcio (31%), Nitrato de Amonio (60%), Nitrato de Sodio y urea (65%).

Comportamiento en el suelo

Fuente de Potasio libre de Cloro. Aporta dos elementos esenciales en la nutrición de la planta: Nitrógeno de alta y rápida disponibilidad, y Potasio. Puede aplicarse en todos los suelos y en todos los cultivos. Sal neutra; no altera el pH del suelo (Disagro, 2002).

2.1.9. Métodos de aplicación de potasio (K)

Vega (2003), menciona: Un método que se pueda considerar como el mejor para aplicar Potasio (K). Los métodos dependen de las condiciones de suelos y cultivos y de las prácticas de manejo. A continuación se listan algunos factores que influyen en el método o métodos de aplicación de potasio (K) en el suelo: Cultivo, equipo y mano de obra disponible, tipo de suelo, cantidad de fertilizante y época de aplicación, uso de otros insumos en combinación con los fertilizantes, temperatura del suelo, humedad del suelo.

Agrónomos y agricultores han probado diversos métodos de aplicación de Potasio (K). Existen muchas variaciones de estos métodos. Algunos de éstos se mencionan a

continuación: aplicación al voleo sin incorporación; aplicación al voleo e incorporación por medio de labranza; colocación directa con la semilla; localización en banda, incluyendo varias combinaciones de distancias por debajo y a un lado de la semilla; colocación en banda profunda; aplicación sobre las líneas o entre las líneas; aplicación en el agua de riego (fertirrigación); combinaciones de los métodos anteriores.

2.1.10. Absorción del Potasio durante el crecimiento vegetal

El Potasio se absorbe durante las etapas tempranas del crecimiento en los cultivos de grano, mucho más que el Nitrógeno o el Fósforo. Al momento en que un cultivo de maíz acumuló el 50 % del total de la biomasa, se habrá absorbido el 68, 56 y 95 % del N, P Y K respectivamente (Welch y Flannery, 1985).

Los requerimientos de Potasio necesarios para alcanzar un óptimo crecimiento cambian con las etapas de desarrollo. Las frutas y hojas verdes contienen generalmente niveles más altos de K en sus primeros estadios (Fageria et al., 1991). La absorción de Potasio precede generalmente a la producción de materia seca.

a. Desarrollo de las plántulas

Durante la germinación de las semillas los nutrientes minerales son re movilizados dentro de los tejidos de la semilla y son transportados por el flujo del floema hacia las raíces, o brotes. La mayoría de las semillas de los cultivos de grano contienen entre 0,4 y 1,0 % de potasio en base materia seca. Esta cantidad es suficiente para la germinación y el establecimiento inicial pero no es suficiente para mantener el crecimiento por un período más largo (Van-Slyke, 1932).

La raíz emergente tiene que absorber K para lograr el crecimiento vegetal adicional. Buckner, (1915) observó que no todo el K de los cotiledones del maíz, porotos y tubérculos de papas se mueve a las plántulas. Aproximadamente el 45 % del Potasio total quedó conservado en los cotiledones no funcionales de las plántulas de poroto. Las hojas de las plántulas y los tallos contenían el 46 % de Potasio, mientras que las raíces el 9 % restante. Luego que los cotiledones dejaron de funcionar en las plántulas

de maíz, éstos contenían el 20 % del Potasio original de la semilla. Cerca del 35 % del potasio se encontraba en las hojas y el restante estaba distribuido equitativamente entre las raíces y el tallo.

b. Período de crecimiento vegetativo

En los cultivos anuales este período se caracteriza por alcanzar la máxima acumulación de materia seca. Este período se caracteriza también por la progresiva acumulación de elementos inorgánicos en cantidades importantes, especialmente de Potasio. La re-movilización de nutrientes minerales desde las hojas maduras a los nuevos tejidos en crecimiento es de importancia clave para la finalización del ciclo de vida en las plantas anuales de grano. Con el aumento de la síntesis de materiales orgánicos, la concentración del Potasio expresada en porcentaje de la materia seca disminuye, aunque la cantidad total de Potasio en valor absoluto aumenta. El consumo de Potasio durante este período es seguido generalmente por la translocación de K en las fases posteriores del crecimiento desde los tejidos más maduros a las semillas nuevas en formación y de nuevo a las raíces (Lawton y Cook, 1954). Los cereales generalmente absorben el K antes de la etapa de floración.

c. Fase reproductiva

Durante la floración o la antesis se observa la redistribución de elementos inorgánicos. El reducido suministro de carbohidratos a las raíces en esta etapa puede explicarse en parte por la menor absorción de Potasio (Lawton y Cook, 1954), Burd, (1919) observó en plantas de cebada una caída singular en el contenido de Potasio total desde dos semanas después de la espigazón seguida por un aumento de la absorción de potasio durante un corto período y finalmente por pérdidas a la madurez. Un aumento substancial de potasio ocurre en algodón durante el inicio de la formación de cápsulas y semillas. La absorción de N y P siguen a la producción de materia seca mientras que la absorción de K alcanzó rápidamente un máximo al momento de la apertura de cápsulas, comenzando después a declinar (Halevy, 1976)

d. Devolución del K al suelo a la madurez del cultivo

La absorción de Potasio del suelo por los cultivos requiere de energía producida por la respiración de la raíz. Por el contrario, la transferencia del Potasio desde las raíces de las plantas al suelo es un simple proceso de difusión desde las partes muertas de la planta. La soja comienza a liberar K desde las hojas y pecíolos caídos ya 50 días después de la germinación.

Se cree que las pérdidas más importantes se deben principalmente a la excreción desde las raíces al suelo (Lawton y Cook, 1954). Burd (1919), observó pérdidas de Potasio, acumulado en las raíces de cebada y tabaco a la madurez fisiológica. En algodón la reducción fue observada después de 120 días de crecimiento (Halevy, 1976). El análisis químico durante las diversas etapas del crecimiento de trigo demostró que el Potasio disminuía un poco luego de la espigazón y por translocación hacia las zonas de crecimiento superior así también como desde las raíces hacia el suelo (Knowles y Watkins, 1931; Halevy, 1976). Jenny et al., (1939) señalaron que plantas de cebada de bajo contenido salino que crecían en suspensiones de arcilla saturadas con Sodio, perdieron rápidamente K por las raíces, pero aquellas cultivadas en arcillas saturadas con calcio esta pérdida era menor. Producir un fardo de algodón requiere alrededor 52 kg de K₂O (43 kg de K). La fibra y la semilla remueven apenas 11 kg de K₂O/ha. La mayoría del K está en las brácteas, tallos, y hojas que luego de la cosecha pueden ser devueltos al suelo (Mullins y Burmester, 1991). El contenido del Potasio en trigo alcanza su máximo durante la etapa vegetativa y después comienza a reducirse, en un proceso opuesto a la acumulación de materia seca total, de Nitrógeno y de Fósforo. En la madurez, solo entre el 50 y 60 % del K remanente en la planta continúa debido a la elución desde las hojas envejeciendo, senescencia de las hojas, así también por la exudación de las raíces maduras (Russell y Clarkson, 1971; Kemmler, 1983).

e. Distribución del Potasio dentro de las plantas

Se conoce que el Potasio es muy móvil dentro de las plantas; moviéndose hacia arriba y hacia abajo por el Xilema y el Floema en dirección hacia tejidos meristemáticos (Ben-

Zioni et al., 1971; Kirkby y Knight, 1977). En el Xilema se observa una elevada tasa de desplazamiento debido a la rápida tasa que se secreta el K selectivamente a los vasos del xilema. Entre todas las especies catiónicas, el K está presente en máximas cantidades en la savia del Floema (Hocking, 1980), donde puede alcanzar concentraciones de 100 mm y más. Esto indica que el K se absorbe selectivamente por los vasos cribados y puede desplazarse fácilmente desde las partes superiores hacia los órganos basales de la planta, frutos y raíces. El movimiento del K hacia arriba y hacia abajo puede entenderse mejor con el experimento de Pitman (1972), cuando las plántulas de cebada fueron cultivadas en una solución que contenía K y Na. Las hojas maduras tienden a acumular más Na y las hojas jóvenes más K. La hoja en su totalidad recibe iones desde el xilema y puede exportar K (preferentemente sobre el Na) hacia el Floema, que luego se mueve principalmente hacia las hojas más jóvenes así también como a las raíces. El equilibrio entre estos procesos determinará el nivel de los iones en las hojas.

El nivel de K en los brotes puede regularse por el control de la tasa de ingreso en los brotes o por retranslocación del K, desde los brotes hacia las raíces. El movimiento del K desde las hoja se realiza a toda la planta por el Floema (Mengel y Kirkby, 1987), como se demostró en papas (Ojikshoorn, 1972), manzanos (Hansen, 1980), durazneros y ciruelo (Lindner y Benson, 1954). La translocación y redistribución del K ocurre desde las partes más maduras de la planta a las partes más nuevas que se van formando. Durante el crecimiento vegetativo, el máximo transporte del K se observa desde el tallo hacia las ramas en plantas de soja, mientras que durante el periodo reproductivo es más alto desde los tallos hacia las vainas. El desplazamiento de K hacia las semillas de soja es especialmente evidente durante la formación de las semillas; y la mayor parte proviene del tallo, de las hojas y de la raíz (Hanway y Johnson, 1985; Sallam et al., 1985). La translocación del K desde las hojas a los frutos en desarrollo es también notable en los árboles frutales por ejemplo duraznos, donde el K foliar del duraznero disminuyó constantemente luego de la floración, mientras que los árboles sin frutas mostraron una cantidad constante de K en las hojas durante la etapa de crecimiento (McClungy Lott, 1956).

2.1.11. El papel del Potasio en la translocación de azúcares

La deficiencia de nutrientes limita la translocación (movimiento) de azúcares desde las hojas (punto de fabricación) a los lugares de almacenamiento. El movimiento de los azúcares recién formados en las hojas se realiza a una velocidad aproximada de 2.5 centímetros por minuto en plantas de caña bien fertilizadas en el campo. La deficiencia de Fósforo no ha mostrado tener un efecto significativo en la velocidad de translocación de azúcares; la deficiencia de Nitrógeno tiene un efecto intermedio, mientras que la falta de Potasio puede bajar la eficiencia del transporte de azúcares por debajo de la mitad comparada con el control. Sin una cantidad adecuada de Potasio, una buena parte del azúcar puede terminar en las hojas en lugar de cosechado en el tallo.

2.2 CULTIVO DE SANDIA (*Citrullus lanatus*)

2.2.1. Origen e importancia

La sandía es oriunda de África Central, Sur de África y Sur de Asia, donde se reportó que los campos se encontraban con plantas de sandía de manera natural. El cultivo ha sido sembrado en la región mediterránea durante miles de años. Ésta se consume de forma fresca, en rebanadas, en jugos, batidos, refrescos y helados, de ella se obtiene una miel especial, confituras y otros productos, contiene vitamina A y además de ser un alimento refrescante es ligeramente laxante (Fernández, 1996).

En El Salvador se cultiva la sandía, sin embargo; la producción no cubre la demanda de esta fruta por lo que se hace necesario importarla, en 1999 se adquirió de Guatemala y Honduras un total de 631.8 toneladas métricas por un valor de \$ 90.114.28.

2.2.2. Distribución

Se encuentra en las zonas tropicales, en toda América y en las regiones del mundo donde las condiciones agro climáticas favorecen el desarrollo del cultivo. En el país se ha cultivado en la zona del litoral aunque se adapta en condiciones agro ecológicas de los valles intermedios (Fernández, 1996).

2.2.3. Aspectos botánicos

a) Raíz

Las raíces de la sandía son muy ramificadas y se desarrollan de acuerdo al suelo y otros factores, posee una raíz pivotante que puede profundizar hasta 0.8 metros, las raíces laterales pueden alcanzar hasta dos metros de longitud llegando a formar un diámetro radicular de aproximadamente cuatro metros. La mayor distribución de las raíces se encuentra entre los 20 y 40 centímetros de profundidad (Fernández, 1996).

b) Tallo

A los 25 a 30 días después de la germinación, el tallo es erecto y posee alrededor de 5 hojas verdaderas, luego se hace decumbente o rastrero alcanzando una longitud de hasta cinco metros de largo, posee cinco aristas y está cubierto de vellos blanquecinos. Del tallo principal se forman ramas primarias y sobre éstas las secundarias (Fernández, 1996).

c) Hojas

Las hojas son simples, grandes, alargadas, de contorno triangular, pudiendo ser ligera o profundamente lobuladas, dentadas, pilosas, de color verde pardo, cubierta de una capa de células incoloras que les dan resistencia a la sequía y las protege de las quemaduras del sol (Fernández, 1996).

d) Flor

La sandía es una planta monoica con flores masculinas y femeninas(a veces dioicas), que se forman en las axilas de las hojas y tienen un color generalmente amarillento. La mayoría de las flores se forman en las ramificaciones secundarias, apareciendo primero las masculinas, las flores hermafroditas y femeninas se forman en la parte terminal de las ramificaciones y en las axilas de la novena hoja hasta las 17-20 hojas separadas cada 2-3 hojas, por esta razón no se justifica el despunte de este cultivo. Las flores hermafroditas se caracterizan por poseer estambres que recubren el estigma, el cual es corto y está formado por tres partes, cada una de las cuales corresponde a un lóculo del ovario (Fernández, 1996)..

El proceso de polinización en la sandía es generalmente cruzado y realizado por abejas, las flores hermafroditas son polinizadas principalmente por las hormigas y Thrips, las cuales en horas de la mañana realizan esta actividad en mayor proporción que las abejas. Se ha establecido que las plantas andromonoicas forman frutos redondeados y las de flores masculinas y femeninas producen frutos generalmente alargados (Fernández, 1996).

e) Fruto

Es una baya que presenta diferentes formas: redondeadas, oblongas, ovaladas y cilíndricas; la corteza es verde, lisa o rayada y la pulpa puede ser de color amarilla, verde pálida, blanca, anaranjada hasta rojo intenso. El sabor de la pulpa es dulce y está formado por células parenquimatosas. El peso de los frutos difiere según la variedad desde las cinco libras hasta las cincuenta libras (Fernández, 1996).

f) Semilla

Casi siempre de forma elipsoidal, siendo más delgadas de la parte del hilo, con superficie lisa, áspera y color variado (café oscuro o claro), negro, blanco. La madurez de las semillas se logra a los 15 días después de la maduración de la pulpa; si se sacan antes o después disminuye el porcentaje de germinación (Fernández, 1996).

2.2.4. Fenología de las plantas de sandía

Germinación 5 – 6 días, Inicio de emisión de guías 18 – 23; Inicio de floración 25 – 28; Plena flor 35 – 40; Inicio de cosecha 71 – 40; Término de cosecha 92 – 100.

2.2.5. Requerimientos climáticos y edáficos

El desarrollo óptimo lo alcanza a altas temperaturas, temperaturas promedio mayores a 21 °C con óptimas de 35 °C y máxima de 40.6 °C. La humedad relativa del aire óptima es del 50 % al 60 %y requiere alrededor de 10 horas luz al día (Fernández, 1996).

a. Suelos

Es necesario que los suelos posean buen drenaje tanto interno como externo. Los suelos franco arenosos a francos son los mejores para el desarrollo de las plantas, no obstante se pueden utilizar suelos franco arcillosos a arcillosos, estos últimos con enmiendas (agregar materia orgánica). Se debe evitar cultivar sandía en la misma área todos los años. La rotación debe hacerse cada 3 años utilizando gramíneas (maíz, sorgo, pastos). La temperatura del suelo para la germinación es de 25-35 °C. La sandía tiene un óptimo desarrollo en pH desde 5.0 a 6.8 (tolera suelos ácidos y al mismo tiempo se adapta a suelos débilmente alcalinos. Suelos de textura franca con alto contenido de materia orgánica son los más apropiados para el desarrollo de este cultivo (Fernández, 1996).

2.2.6. Variedades de sandía

Según el siguiente cuadro las variedades de sandía se pueden clasificar:

Cuadro 1. Tipos de Sandía (*Citrullus lanatus*)

Tipo	Característica
Tipo Jubilee	Cáscara verde con venas oscuras, de forma larga.
Crimson Sweet	Cáscara verde con venas oscuras, de forma larga.
Tipo Peacock	Cáscara verde, de forma oblonga.
Tipo Sugar Baby	Cáscara verde, de forma redonda.

Las características de cada uno de estos tipos de variedades se describen a continuación:

a. Tipo Charleston Gray

Son variedades de polinización abierta, poseen un período de siembra a cosecha de 80 a 90 días, son tolerantes a Antracnosis y tolerancia moderada a Fusarium. Se adapta a climas áridos y tropicales, los frutos son alargados con extremos redondeados, la epidermis es grisácea con un reticulado fino de color verde, la pulpa es roja brillante dulce y de buen sabor, las semillas son oscuras, el peso oscila entre 12.72 kg a 15.90

kg. Es resistente al transporte. De este tipo se han obtenido híbridos de muy buena adaptación en el país (Fernández, 1996).

b. Tipo Jubilee

Variedades de polinización abierta, con un período de siembra a cosechar de 80 a 90 días, se adaptan a climas calurosos y húmedos. El fruto tiende a ser ligeramente oblongo, el color externo es verde brillante con líneas de color verde oscuro y regulares, la pulpa es rojo brillante y muy dulce, las semillas pequeñas de color café oscuro, el peso promedio es de 11.36 kg (Fernández, 1996).

c. Tipo Crimson Sweet

Variedades con fruto oblongos de tamaños y pesos medianos, el color de la cáscara es verde claro, con venas verde oscuro; la pulpa es de color rojo con escasas semillas. Este tipo tiene gran demanda en el mercado norteamericano por las características del tamaño del fruto. De este tipo se han derivado las variedades híbridas Mirage y Oasis (Fernández, 1996).

d. Tipo Peacock

Variedades que producen frutos oblongos de cáscara verde oscura; pulpa de color rojo anaranjado, y semillas pequeñas de color café, el tamaño de sus frutos es de aproximadamente 11.36 kg, promedio y resistentes al transporte a larga distancia. Su período de siembra a cosecha es de alrededor de 85 días. Es un importante tipo en los estados de California y Arizona (Fernández, 1996).

e. Tipo Sugar Bay

Variedades de frutos redondos, de 7" a 8" de diámetro con un peso promedio de 3.64 a 4.54 Kg.; su cáscara, es de color verde muy oscuro, delgada, dura y firme; la pulpa es de color rojo mediano, firme, dulce y de textura fina con relativamente pocas semillas muy pequeñas y muy oscuras. Bajo las condiciones locales, se comporta como un cultivar precoz, con poco desarrollo de área foliar, situación que puede provocar manchas de sol en los frutos. Entre los híbridos de tamaño pequeño se encuentra la

Micky Lee, Peerola, Baby Fun y los híbridos sin semilla como Sunworld, de 5.90 a 6.81 kg, de peso. Estos híbridos producen de seis a ocho frutos por planta. Perola es vigorosa y productiva pero posee una cáscara muy delgada por lo que se daña con facilidad al transportarla (Fernández, 1996).

2.2.7. Rendimiento

Con los cultivares de sandía con semilla se pueden obtener hasta mil cajas por manzana y con las cultivares sin semilla hasta 700 cajas por mz. Con sandías grandes como la Charleston Gray con producción de primera se obtienen aproximadamente 1,750 sandías por manzana (Fernández, 1996).

2.2.8. Preparación del suelo

Para el logro de una buena cosecha de sandía es necesario realizar una buena preparación del suelo. Se deben destruir las malezas y residuos de cosechas anteriores que puedan encontrarse en el área de siembra, de esta manera se eliminan plagas de insectos y hospederos de patógenos que atacan el cultivo. Con la roturación del suelo, éste se acondiciona para facilitar la germinación de la semilla y el posterior desarrollo de la planta. Antes de preparar el área de cultivo se debe conocer la profundidad de la capa arable del terreno. En suelos pocos profundos se deben efectuar las labores de manera superficial, en ocasiones es preferible rastrillarlos en vez de ararlos. No se debe sembrar en suelos pocos profundos y la aradura debe hacerse a una profundidad de 30 cm. Las labores de preparación del suelo deberán hacerse de acuerdo al grado de humedad que contenga éste (no muy húmedo ni excesivamente seco) (Fernández, 1996).

Para que las semillas reciban la humedad y aireación adecuada para germinar y para que las raíces desarrollen y utilicen el agua y los nutrientes disponibles es necesario preparar la cama de siembra.

Drenajes: para terrenos bajos (en la zona costera). Esta operación es necesaria, ya que los suelos mal drenados no pueden prepararse adecuadamente. Los suelos bien

drenados permiten la circulación del aire, el cual es necesario para las plantas y micro flora y micro faunas benéficas que hacen disponibles algunos nutrientes a las plantas (Fernández, 1996).

Arada: los suelos superficiales deben profundizarse gradualmente (2.0 a 5.0 cm/año) hasta lograr la profundidad deseada; se debe evitar el vuelco de subsuelo a la superficie; la profundidad de la aradura es de 20 a 30 cm. Cuando la siembra se hace con riego por gravedad la aradura deberá hacerse en la dirección que correrá el agua de riego. La aradura con tractor y arado con 4 discos demora 2 horas por manzana.

Rastreado: se hace después de la aradura; la condición del suelo determina la clase de implemento que debe hacerse; en suelos pesados hay que utilizar la rastra de discos. Es necesario utilizar una rastra de dientes para nivelar un poco la superficie y afinarlo. La humedad del suelo es determinante para la eficiencia de la rastra (Fernández, 1996).

Surcado: se hace con surcadores (arados de doble vertedera) que desplazan tierra a los lados dejando una zanja o surco, la parte superior de éste se utiliza para sembrar las semillas y la inferior para riego de germinación. El número de pases de rastro varía de 5 a 6, luego a los 4 días la humedad sube por capilaridad hasta un nivel de 10 a 12 cm de profundidad. Las camas altas o bancos se hacen de 15 a 28 cm. de alto y de 2 mts. de centro a centro (Fernández, 1996).

2.2.9. Manejo del cultivo

Épocas de siembra: de acuerdo al comportamiento estacional de los precios de la sandía en el país (estable durante todo el año con una baja entre los meses de julio y agosto) se pueden realizar al menos 2 siembras en el año, tratando que la cosecha no coincida los meses de julio y agosto. La primera siembra se efectúa entre los meses de febrero y abril y la segunda desde los meses de julio a octubre (Fernández, 1996).

a. Cultivos de época lluviosa

Se realizan en pequeñas áreas durante mayo a junio para cosechar en los meses de agosto a octubre. Se cultiva en terrenos de ladera. Cultivos de humedad: Son las siembras de mayor extensión, se realizan en noviembre y diciembre para cosechar en febrero y abril, se realizan en terrenos bajos de la zona costera y en las proximidades de los ríos y lagunas (Fernández, 1996).

b. Cultivo bajo riego

Se siembra en postrera tardía y en época seca diciembre enero, se cosecha de marzo a mayo. Siembra: hexagonal o tresbolillo: distanciamiento de tres x tres m. (1,260 posturas/ ha), es recomendable para el cultivo de invierno (Fernández, 1996).

Para una siembra por inundación, se siembra a un distanciamiento dos x tres m, (1,666 posturas/ha). Indicado para cultivos de humedad. Distanciamiento: Doble hilera: Sistema de dos x dos m. hexagonal y en hilera doble (1900 posturas/ha). Indicado para cultivos de riego y humedad. Es necesario orientar las guías hacia las calles anchas dejándose una brecha en las calles angostas (Fernández, 1996).

c. Fertilización

La Sandía responde bien a la aplicación de abono verde recomendándose la especie denominada terciopelo (*Stizolobium sp*), la cual en un corto lapso cubre el suelo e impide al mismo tiempo el desarrollo de malezas. Antes de proceder a la fertilización química es necesario efectuar análisis del suelo. Las dosis de abono orgánico recomendadas en sandía son de 30-40 ton/ha., aplicadas durante el proceso de preparación de suelo y por lo menos dos meses antes de la siembra.

Generalmente, se recomienda aplicar 85.71 a 128.57, 48.70 a 58.44 y 107.14 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O. Para que exista un mejor aprovechamiento del fertilizante por parte de la planta es necesario aplicar éste, en tres momentos. ¼ antes de la siembra, después del raleo 3/8 y 3/8 en el último aporque. En el país se acostumbra efectuar dos aplicaciones de fertilizante al suelo, la mitad ocho a diez días después de germinadas

las plantas separado de la base de los tallos ocho cm, alrededor o en bandas enterrados cinco cm. La segunda aplicación a los 30-40 días después de la primera aplicación a 15 a 20 cm. de la base del tallo y a 20 cm., de profundidad. La fertilización anterior, es complementada con fertilizaciones foliares (Nitrato de Calcio, Micronutrientes y otros). Contenido de N, P y K disponibles en el suelo y cantidad de Nutrientes que se debe aplicar al cultivo kg/ha (Fernández, 1996).

2.2.10. Plagas y enfermedades

a. Plagas

Mosca blanca (*Bemisia tabaco*) (Gennadius), (Homóptera)

Daños: las ninfas y adultos succionan los nutrientes de la planta y provocan trastornos en el desarrollo de ella. Por la inyección de saliva durante el proceso de succión se producen manchas cloróticas sobre las hojas de las plantas, infestaciones severas pueden provocar defoliación (Fernández, 1996).

Las ninfas excretan mielecilla sobre las hojas, la que sirve de sustrato para el desarrollo de *Capnodium* responsable de la formación de fumagina que disminuye el proceso de fotosíntesis y causa reducción en el rendimiento. El daño más severo se produce por la transmisión de gemini virus que provocan enanismo y trastornos que hacen que la planta no produzca frutos (Fernández, 1996).

Manejo preventivo: sembrar más denso y eliminar plantas infectadas, revisar el cultivo periódicamente, utiliza Mulch plástico, eliminar las malezas hospederas, sembrar barreras rompe viento para minimizar el movimiento de las moscas blancas, producir plántulas bajo condiciones controladas, manejo curativo, aplicar insecticida selectivo si se registran altas poblaciones del insecto, aplicar extractos de Nim como repelencia para los adultos (Fernández, 1996).

Minador de la hoja (*Liriomyza sativae*)

Daño: las larvas penetran la epidermis y se alimentan succionando la savia, en este proceso ellas dejan un rastro bien característico al cual deben su nombre. Los

minadores dejan galerías en el tejido foliar de forma estrecha y sinuosa. Cuando el ataque es severo, los minadores pueden provocar que las hojas se sequen y caigan (Fernández, 1996).

Manejo preventivo: alimentar y guardar bien las plantas para aumentar su resistencia, eliminar las malezas hospederas dentro y alrededor del área de cultivo, sembrar tomate en asocio con frijol, minimizar las aplicaciones de plaguicidas para conservar los enemigos naturales, aplicar un plaguicida cuando más del 20% del área foliar de la planta esté afectada (Fernández, 1996).

Observaciones: productos a base de *Bacillus thuringiensis* dan resultados regulares porque no daña la larva que está dentro de la mina.

Cortador (*Agrotis ípsilon*)

Daño: las larvas grandes cortan o atraviesan los tallos a ras del suelo. Las pequeñas raspan los tallos, debilitando la planta. Todos los estadios atacan los tubérculos en el suelo, perforándolos y permitiendo la entrada de patógenos u otros insectos. Asimismo, pueden dañar las hortalizas y frutos en contacto con el suelo. Esta plaga es más importante durante la época seca y en lotes donde existen muchas malezas gramíneas inmediatamente antes de la siembra del cultivo (Fernández, 1996).

Manejo preventivo: Preparar bien el suelo, para reducir una gran parte de las larvas y pupas presentes, aumentar la densidad poblacional de las plantas para compensar pérdidas causadas por el daño de larvas en lotes con historial de daño, aplicar riego permanente para bajar la población de las larvas, eliminar malezas con bastante tiempo antes de la siembra (Fernández, 1996).

Gallina ciega (*Phyllophaga* sp.)

Daños: con la primera lluvia, en los meses de mayo a junio, ellas comienzan a activarse, moviéndose hacia las capas menos profundas donde llegan las raíces de las

plantas. Al alimentarse de las raíces y bases de los tallos, causan daños graves a los cultivos (Fernández, 1996).

Manejo preventivo: para conocer la población de gallina ciega presentes en la parcela, se hacen cinco hoyos bien distribuidos en toda la parcela. Cada hoyo debe ser de 30 cm. de largo, 30 cm. de ancho y 30 cm. de profundidad. La tierra recolectada de los hoyos se pone sobre un plástico blanco para contar las larvas presentes. Si se encuentran más de 3 larvas grandes o 5 larvas medianas en los cinco sitios, se considera que la población de gallina ciega en la parcela es alta y es necesario tomar algunas medidas de control (Fernández, 1996).

Al preparar temprano el terreno en el verano, con una roturación profunda, o con varios pases de arado, al inicio de la época de lluvia, las larvas sobrevivientes en el suelo quedan expuestas al aire libre y al sol, se mueren por secamiento o porque las gallinas, pájaros y sapos se las comen (Fernández, 1996).

b. Enfermedades

Mildiu vellosa (*Pseudoperonospora cubensis*)

Distribución: en todo el país en áreas cultivadas de plantas pertenecientes a la familia de las cucurbitáceas.

Síntomas: se manifiesta en las hojas y tallos como manchas amarillas, cuando existe alta humedad relativa se desarrolla vellosidad en el haz y envés de las hojas y cuando se desarrolla adquiere el aspecto blanquecino hasta cubrir completamente el follaje, las plantas mueren en caso contrario la producción disminuye drásticamente.

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad: El hongo es diseminado a grandes distancias por corrientes de aire, por salpicaduras de las lluvias o transmitido a plantas sanas por trabajadores del campo y herramientas. La enfermedad se desarrolla rápidamente bajo temperatura de moderada a caliente, siempre que haya presencia de

agua sobre las hojas. La niebla, el rocío o un régimen abundante de lluvias representan condiciones muy favorables para el desarrollo de la enfermedad (Fernández, 1996).

Control: usar siempre variedades resistentes cuando ello sea posible. Un sistema denominado Blite-cast ha sido usado con éxito en ciertas áreas para predecir la aparición de la enfermedad y programar aplicaciones.

Mal del talluelo o Damping Off *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Thielaviopsis basicola*, *Acremonium sp.*, *Fusarium equiseti*, y otros hongos.

Síntomas: *Pythium sp.* Las plántulas se tornan verdes opacas y los cotiledones se caen. Se pueden observar también lesiones húmedas a nivel del suelo. Finalmente las plantas se marchitan o mueren. Algunas veces las plántulas mueren antes de emerger. *Rhizoctonia solani*. En plántulas jóvenes los síntomas son similares a los descritos para *Pythium sp.* En plántulas adultas el hongo ataca solamente la corteza produciendo una lesión hundida de color marrón o pardo-rojizo. *Thielaviopsis basicola*. Las lesiones comienzan con un color grisáceo a rojizo, volviéndose casi inmediatamente negras. En suelos húmedos una capa con apariencia de escarcha puede cubrir parte de la lesión negra. *Fusarium sp.* Se desarrolla sobre la corteza del hipocotilo una lesión pardo-rojiza. El hongo puede causar damping off pre y post emergente (Fernández, 1996).

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad: esta enfermedad ocurre frecuentemente cuando existe alta densidad de plantas, suelos muy húmedos, deficiente aireación y durante días nublados.

Control: prácticas culturales que eviten condiciones prolongadas de alta humedad del suelo y pobre aireación del mismo reducirán la presencia de la enfermedad. Otras medidas de control incluyen evitar los suelos compactados, la preparación de camas o surcos elevados para tener un buen drenaje, y el evitar largos períodos de riego. En algunos casos el tratamiento de la semilla con fungicidas puede evitar la presencia de la enfermedad. Semilla de alta calidad con un buen vigor reduce el riesgo de damping

off. Para mantener el vigor de la semilla, ésta deberá ser almacenada en un lugar fresco y con baja humedad (Fernández, 1996).

Gomosis del tallo (*Mycosphaerella melonis*) (*Didymella bryoniae*)

Síntomas: a menudo la infección inicia como un marchitamiento en el margen de la hoja progresando hacia el centro, finalizando en un ennegrecimiento de la hoja. Los tallos infectados desarrollan úlceras que producen un fluido gomoso rojo o marrón característico. Pequeñas estructuras negras se van desarrollando dentro del tejido infectado. Los tallos sufren un estrangulamiento, causando la muerte de los tejidos por encima de este punto (Fernández, 1996).

Condiciones para el desarrollo de la enfermedad: El hongo sobrevive de una estación a otra sobre cultivos infectados, maleza o residuos de otros cultivos. Puede también transmitirse por medio de las semillas. Las heridas producidas durante la poda, recolección o las lesiones causadas por insectos, son una importante fuente de entrada para el hongo en tallos y hojas (Fernández, 1996).

Control: el riego por aspersión deberá ser evitado, también es necesario un programa de aspersión con fungicidas.

Mildiu polvoriento (*Erysiphe cichoracearum*)

Síntomas: el hongo comúnmente se mantiene en la maleza, dispersándose por el viento a través de largas distancias. La infección puede tener lugar sin la presencia de humedad sobre la superficie de la planta, aunque si se precisa de un alta humedad relativa (50-90%). La enfermedad se ve favorecida por tasas elevadas de crecimiento de la planta, moderadas temperaturas, luz pobre y rocío.

Control: aplicar un buen programa de aspersión con fungicidas puede ser un excelente medio de control. El control de malezas y buenas condiciones sanitarias son prácticas que ayudarán al control del mildiú polvoriento. Evitar sombra de árboles al contorno del cultivo (aplicar podas) (Fernández, 1996).

2.2.11. Riego

El más utilizado es el de gravedad por surcos, en aquellas zonas donde el agua es limitada es necesario utilizar el riego por goteo. La longitud de los surcos varía de 20-150 metros de largo, dependiendo el tipo del terreno, la primera se utiliza para suelos arenosos y la máxima para suelos pesados, el cultivo es exigente en agua sobretodo en la primera etapa de crecimiento; cuando hay déficit de agua al momento de la fructificación las plantas toman el agua de los frutos, lo que ocasiona pudrición apical o éstos se secan completamente. El agua requerida durante el ciclo del cultivo es de 38 centímetros (mínimo), la frecuencia de riego puede variar de siete a 10 días, en el caso de suelos arenosos se deben continuar los riegos aún después del inicio de la maduración.

2.2.12. Recolección y cosecha de frutos

En la mayoría de cultivares la primera cosecha se realiza a los 85 días después de haber germinado las semillas (45 días después de la floración). Las características que determinan la madurez son: bráctea y zarcillo seco, los bellos del pedúnculo caen y éste se pone más delgado, el fruto se cubre de un polvo blanquecino, al golpearlo con los nudillos de los dedos los frutos verdes producen un sonido metálico, en cambio los maduros tienen un sonido sordo y la mancha clara basal se torna amarilla. La cosecha se debe realizar temprano por la mañana, dejando una porción del pedúnculo al fruto de unos 5 centímetros para evitar la penetración de patógenos a la pulpa. En la clasificación de los frutos para exportación se debe de considerar el peso ya que la tendencia actual es la de consumir sandías de menos de 5 kilogramos, los frutos deben ser uniformes y completamente libres de daños por insectos y enfermedades, sin lesiones físicas, adecuado porcentaje de azúcares y pulpa de un rojo intenso.

2.2.13. Rendimiento

En el país los rendimientos son bajos (alrededor de 10 toneladas por manzana). Con riego y con mediana tecnología se pueden obtener hasta 15 toneladas por manzana, con tecnología avanzada se pueden llegar a obtener hasta 42 toneladas por mz.

2.2.14. Almacenaje

La temperatura recomendada para el almacenaje de frutos es de 13 a 16°C si se van a almacenar hasta dos semanas; para un período mayor de dos semanas es necesario mantenerlos a una temperatura de 7-10°C; la humedad relativa debe mantenerse entre 80- 85%.

2.3 SÓLIDOS SOLUBLES

Los sólidos solubles son los componentes mayoritarios en el zumo de la fruta. La medición de los sólidos solubles, junto a la de acidez total, representa uno de los principales análisis a realizar durante el proceso de elaboración de vinos de frutas. Constituye la piedra angular del proceso de acondicionamiento del mosto, con el cual se logran las condiciones ideales de fermentación. El contenido de sólidos solubles es un buen estimador del contenido azúcar en los jugos de frutas, ya que ésta representa más del 90% de la materia soluble en la mayoría de ellos. Además de ser empleado en el acondicionamiento de mostos, este procedimiento tiene utilidad adicional en: determinación del estado óptimo de madurez de un fruto; evaluación de la marcha fermentativa por la disminución de su valor en el tiempo; cálculo del alcohol potencial de un mosto (Vino de fruta, 2007).

Los dos métodos más comunes para la determinación de sólidos solubles son la refractometría y la areometría (Vino de fruta, 2007).

2.3.1. Refractometría

La refractometría se basa en los cambios del índice de refracción que sufre una sustancia cuando otra es disuelta en ella. Si consideramos el jugo de fruta como una sustancia constituida por agua, su índice de refracción será mayor cuanto mayor sea la cantidad de azúcar presente en ella. Existen diversos instrumentos que miden esta variación, pero el más útil para nuestros fines es el refractómetro de mano. Éste consiste de un tubo con un prisma en su interior que dirige el rayo de luz incidente hacia una escala observable en un ocular. Al colocar una muestra líquida sobre el prisma (dos o tres gotas), ésta ocasiona una desviación proporcional a la cantidad de sólidos

disueltos. Esta desviación es leída en la escala como porcentaje de azúcar, conocida también como grados Brix (Vino de fruta, 2007).

2.3.2. Areometría

Consiste en la medición de los cambios de densidad que sufre una sustancia cuando otra es disuelta en ella. Al igual que para la refractometría en los jugos de frutas, se considera que el azúcar es el producto más importante en la modificación de esta propiedad. El instrumento empleado en esta medición es el areómetro, densímetro o hidrómetro. Éste consiste en un bulbo de vidrio con un contrapeso en uno de sus extremos y un tallo graduado en el otro. Al ser sumergido en la muestra el hidrómetro flota más o menos según la densidad del líquido. A mayor densidad, mayor empuje y más sobresale el tallo. La lectura se realiza en el punto donde la superficie del líquido corta la escala, dada generalmente como porcentaje de azúcar o grados Brix. Areómetros especiales para medición de azúcar en mostos son los denominados mostímetros, cuya escala viene expresada en grados Baumé, equivalentes aproximadamente a la mitad de los grados Brix (1Baumé = 2Brix) (Vino de fruta, 2007).

2.3.3. Grados Brix

La escala Brix es un refinamiento de las tablas de la escala Balling, desarrollada por el químico alemán Karl Balling. La escala Plato, que mide los grados Plato, también parte de la escala Balling. Se utilizan las tres, a menudo alternativamente, y sus diferencias son de importancia menor. La escala Brix se utiliza, sobre todo, en la fabricación del zumo y del vino de fruta y del azúcar a base de caña. La escala Plato se utiliza, sobre todo, en la elaboración de cerveza. La escala Balling es obsoleta pero todavía aparece en los sacarímetros más viejos (Vino de fruta, 2007).

La escala Brix se utiliza en el sector de alimentos, para medir la cantidad aproximada de azúcares en zumos de fruta, vino o bebidas suaves, y en la industria del azúcar. Diversos países utilizan las tres escalas en diversas industrias. En el Reino Unido la elaboración de la cerveza se mide con la gravedad específica X 1000, grados europeos de la escala Plato del uso de los breweres; y las industrias de los EE.UU. utilizan una

mezcla de la gravedad específica de los grados Brix, los grados Baumé y los grados de la escala Plato (Vino de fruta, 2007).

Para los zumos de fruta, un grado Brix indica cerca de 1-2 % de azúcar por peso. Ya que los grados Brix se relacionan con la concentración de los sólidos disueltos (sobre todo sacarosa) en un líquido, tienen que ver con la gravedad específica del líquido. La gravedad específica de las soluciones de la sacarosa también puede medirse con un refractómetro. Por su facilidad de empleo, los refractómetros se prefieren sobre los aerómetros marcados para la escala de Brix (Vino de fruta, 2007).

Los refractómetros de temperatura compensada evitan la dependencia de la temperatura de las medidas de la gravedad específica y requieren solamente una gota o dos de la muestra para tomar una lectura (Vino de fruta, 2007).

III. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El uso del Potasio como fertilizante se ha multiplicado rápidamente en la medida que los agricultores se dan cuenta de los síntomas de la deficiencia de este elemento y pueden comprobar la respuesta en diferentes cultivos a este importante nutriente.

A nivel mundial los principales fertilizantes potásicos utilizados en la agricultura son el Cloruro de Potasio (KCl), Sulfato de Potasio (K_2SO_4) y el Nitrato de Potasio (KNO_3). De estas fuentes, KCl es el producto comercialmente dominante, respondiendo por cerca del 95% de todo el Potasio usado en la agricultura.

La exigencia del Potasio en el cultivo de la sandía es superior a otros elementos primarios, siendo aquel nutriente necesario en mayores cantidades al inicio de la fructificación. El Potasio es el elemento más absorbido y con mayor demanda, del total extraído por las plantas un 50% contribuye a la formación de frutos.

La deficiencia de este elemento limita la translocación (movimiento) de azúcares desde las hojas (punto de fabricación) a los lugares de almacenamiento. El movimiento de los azúcares recién formados en las hojas se realiza a una velocidad aproximada de 2.5 centímetros por minuto en plantas bien fertilizadas en el campo. La deficiencia de Fósforo no ha mostrado tener un efecto significativo en la velocidad de translocación de azúcares, la deficiencia de Nitrógeno tiene un efecto intermedio, mientras que la falta de Potasio puede bajar la eficiencia del transporte de azúcares por debajo de la mitad comparada con el control. Sin una cantidad adecuada de Potasio, una buena parte del azúcar, puede terminar en las hojas en lugar de cosechado en los frutos.

Teniendo estas premisas como marco, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres fuentes de Potasio y cuatro dosis, sobre el rendimiento e incremento de sólidos solubles, expresados en grados Brix, en el cultivo de la sandía (*Citrullus*

lanatus), permitiendo con ello poder alcanzar un rendimiento potencial, además de aumentar la precocidad del cultivo y la calidad del producto.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar tres fuentes de Potasio en cuatro dosis sobre la concentración de Sólidos Solubles en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus.*, Cucurbitaceae), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de tres fuentes de Potasio en cuatro dosis sobre el incremento de la concentración de Sólidos Solubles en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), variedad Mickey Lee.
- Determinar el efecto de tres fuentes de Potasio en cuatro dosis sobre el desarrollo, rendimiento y calidad en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), variedad Mickey Lee.
- Establecer la fuente y dosis de Potasio económicamente más rentable en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), variedad Mikey Lee.

V. HIPOTESIS

5.1 HIPOTESIS ALTERNATIVAS

- Al menos una las fuentes de Potasio incrementará la concentración de Sólidos Solubles expresados en grados Brix en el cultivo de Sandia (*Citrullus lanatus*), variedad Mickey.
- Al menos una de las fuentes de Potasio incrementará el rendimiento en el cultivo de Sandia (*Citrullus lanatus*), variedad Mickey Lee.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se realizó en el municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla, con una altitud aproximada de 115 metros sobre el nivel del mar. Su distancia con respecto a la ciudad capital es de 95.5 kilómetros. Se localiza a 14° 11' 22'' latitud Norte y 90° 58' 36'' longitud oeste. Los suelos de esta región pertenecen al tipo de suelo Andisol, se encuentran en la zona media de la región cañera del país, con pendientes que van desde cuatro a 10%, materiales fluvio volcánicos, constituidos por cenizas, piedra pómez y otros materiales derivados de las erupciones volcánicas.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se evaluó el efecto de tres fuentes de Potasio bajo cuatro dosis en la variedad Mickey Lee, variedad de frutos redondos, de 17.78 a 20.32 cm de diámetro con un peso promedio de 3.63 a 4.54 kg.; su cáscara es de color verde muy oscuro, delgada, dura y firme; la pulpa es de color rojo mediano, firme, dulce y de textura fina con relativamente pocas semillas muy pequeñas y muy oscuras.

6.3 FACTORES A ESTUDIAR

Se evaluaron tres fuentes de Potasio (KCl, K₂SO₄, KNO₃) y cuatro dosis, y su efecto en el contenido de azúcares (Sólidos Solubles) rendimiento y tamaño de frutos en la variedad Mickey Lee.

6.4 DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

En el cuadro dos, se observan los tratamientos evaluados (Fuentes y dosis de Potasio), en la concentración de sólidos solubles en el cultivo de la Sandía. La aplicación de los tratamientos se hizo en base a los requerimientos del cultivo por lo que no se realizó análisis de suelo ya que el objetivo principal era determinar que fuente y dosis de Potasio incrementaban los sólidos solubles.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados sobre la concentración de Sólidos Solubles en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Tratamiento	Fuente	Dosis
T01		00 Kg/Ha
T02		50 Kg/Ha
T03	KNO ₃	100 Kg/Ha
T04	(Nitrato de Potasio)	200 Kg/Ha
T05		300 Kg/Ha
T06		00 Kg/Ha
T07		50 Kg/Ha
T08	KCl	100 Kg/Ha
T09	(Cloruro de Potasio)	200 Kg/Ha
T10		300 Kg/Ha
T11		00 Kg/Ha
T12	K ₂ SO ₄	50 Kg/Ha
T13	(Sulfato de Potasio)	100 Kg/Ha
T14		200 Kg/Ha
T15		300 Kg/Ha

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Little, T. & Hills F. (1989), dicen que esta investigación es tipo experimental, partiendo de que en ella se hizo una descripción y análisis de lo que sucedió si se verifican ciertas condiciones controladas. En este tipo de investigación se trabaja una o varias variables independientes en condiciones rigurosas de control, que permitieron describir lo que pasó en una o varias variables dependientes. Según el autor, el diseño con tratamientos múltiples factoriales la variable independiente tiene más de dos niveles, así como la variable dependiente.

El experimento se manejó en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas (*split-plot design*, en inglés), en donde se incluyen todas las posibles combinaciones de dos ó más factores en sus diferentes niveles, y la diferencia entre esos tipos de arreglos está en la manera de instalación de los experimentos y en el esquema del análisis de varianza.

Se consideró un diseño en bloques al azar, con cuatro bloques y tres niveles del factor A. (Fuentes de Potasio). Cada una de las parcelas del factor A, se dividió en 5 subparcelas, y entre esas **b** subparcelas se distribuyeron al azar los **b** niveles de un factor B (dosis). Obteniéndose entonces, una generalización del diseño en bloques al azar, conocida como arreglo en parcelas divididas.

En otras palabras, los niveles del factor A fueron distribuidos entre las parcelas grandes, las cuales sufrieron una división, de tal modo que los niveles del factor B, quedaron distribuidos en estas parcelas. De esta manera, se crearon dos estructuras, una estructura a nivel de parcelas grandes, con los niveles del factor A (fuentes de Potasio), y otra estructura a nivel de subparcelas dentro de cada parcela grande, con los niveles del factor B (Dosis). Los niveles aplicados en las parcelas grandes fueron denominados: **tratamientos primarios**, y los niveles del factor aplicado en las parcelas pequeñas fueron denominados: **tratamientos secundarios**. De acuerdo a la estructura planteada, este diseño fue un arreglo de Parcelas Divididas en el espacio.

6.6 MODELO ESTADISTICO

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk - ésima unidad experimental

M = Media general

β_j = Efecto del j - ésimo bloque

α_i = Efecto del i - ésimo nivel del factor A.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j – ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es

representado por error(a)

ρ_k = Efecto del k - ésimo nivel del factor B

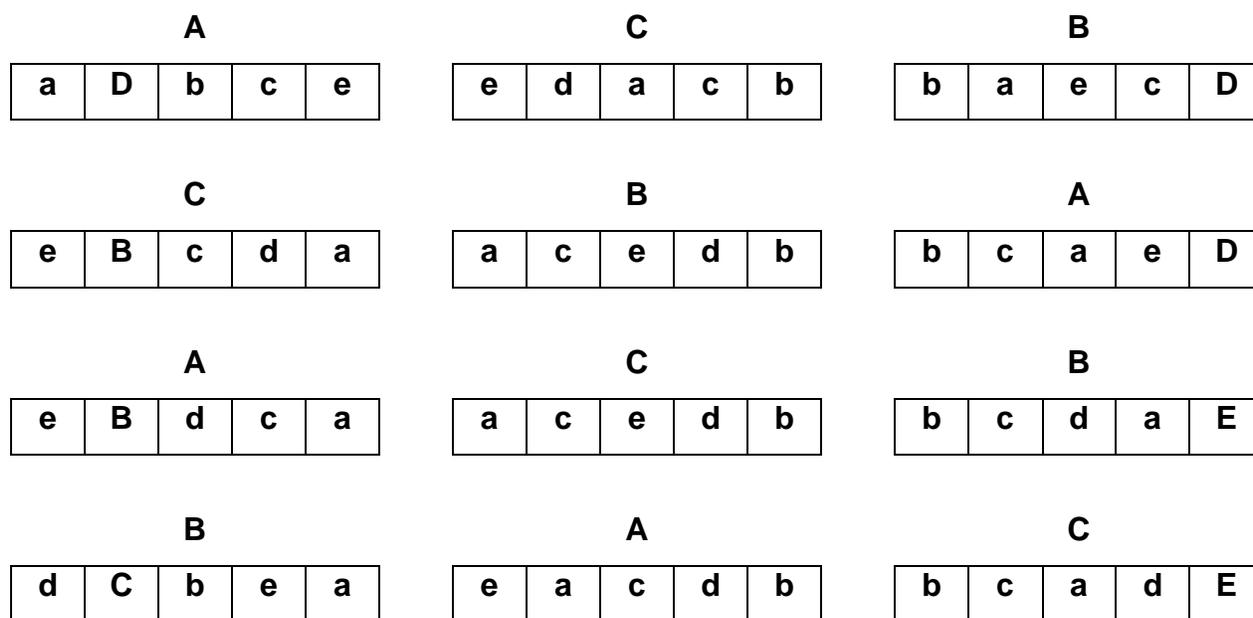
$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k – ésimo nivel del factor B.

ϵ_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña, y es definido como: Error(b)

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

El área total del experimento fue de 3,264 m²; área de la parcela grande (Factor A), fue de 256 m²; área de la sub parcela bruta 36 m²; área de sub parcela neta cuatro m²; número de posturas por sub parcela 16; numero de postura por sub parcela neta cuatro; número total de plantas por el experimento 960 posturas.

6.8 CROQUIS DE CAMPO



Referencias:

Fuentes de Potasio (A, B y C)

Dosis de fuentes de Potasio (a, b, c, d y e).

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

El experimento se llevó bajo las condiciones climáticas del municipio de Tiquisate Escuintla. Se establecieron en un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, evaluándose las fuentes de Cloruro, Nitrato y Sulfato de Potasio en las dosis de 50, 100, 200 y 300 kilogramos por hectárea de Potasio (K_2O). Cada sub parcela bruta estuvo compuesta de 16 posturas, utilizándose para el análisis del experimento una sub parcela neta que tuvo cuatro posturas, ubicadas en el área central de cada sub tratamiento. Se realizaron dos aplicaciones, un 50% de la dosis 10 días después de germinadas las plantas, y una segunda aplicación (50%) de la dosis 40 días después de la primera aplicación. La cosecha se realizó 80 días después de la siembra, realizándose cuatro cortes, para promediarlos y posteriormente realizar los respectivos análisis estadísticos.

La cosecha se realizó de forma manual haciendo un corte al ras del pedúnculo en aquellas sandías que mostrarán estar maduras, siguiendo como criterio, que el pedúnculo debería de estar verde macizo, que al golpear con los nudillos el sonido fuese sordo y que cuando el brillo de la capa cerosa del verde tierno no se apreciara.

Para el análisis de los sólidos solubles se utilizó un refractómetro N-1E marca Tago, la medición consistió en cortar trozos de fruta de cada una las unidades experimentales, los cuales fueron licuados obteniendo un promedio de 250 mililitros de zumo, con la ayuda de una pipeta se tomaron unas gotas y fueron colocadas sobre el prisma del refractómetro apuntando este a un fuerte foco de luz, la medición fue ocular, ajustando la sombra en el punto medio de la cruz para leer en la escala numerada superior el índice de refracción. El valor leído se anoto en grados Brix.

6.10 VARIABLES RESPUESTA

- Concentración de sólidos solubles expresados en grados Brix
- Rendimiento (m^3/ha)
- Tamaño de frutos

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1. Análisis estadístico

La tabulación de datos se realizó mediante una boleta de datos, para posteriormente realizar el respectivo análisis estadístico mediante una hoja electrónica. Posterior al análisis de varianza (ANDEVA) para contrastar las hipótesis de interés, se verificó que el valor de la estadística F para alguna de las hipótesis en la tabla de ANDEVA fue significativa. Posterior a ello se realizó la prueba de comparación múltiple de medias, de acuerdo con los criterios de Tukey, que sirvió para comparar las medias de los tratamientos, dos a dos, o sea, para evaluar las hipótesis alternativas.

6.11.2. Análisis económico

Se realizó un análisis de costo basado en la rentabilidad de los tratamientos como criterio de decisión. Se consideraron parámetros como cambios de costos, cambio de utilidad bruta, costos de capital, ingreso bruto, para un respectivo análisis de un presupuesto.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El concepto de calidad en el cultivo de la sandía, ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Al principio la percepción de la calidad era diferente según el interés particular de cada uno de los agentes que intervenían en el proceso de producción (productor, consumidor y comerciante). Sin embargo cada vez hay más coincidencia entre los sectores implicados ya que todos ellos tienden a acercar sus criterios hacia los que impone el consumidor, en lo que el estado de maduración de la fruta que compra juega un papel fundamental. El precio de la fruta cada vez esta más ligado a la calidad y, por este motivo, las explotaciones de sandia planifican su proceso productivo con miras a satisfacer al máximo las exigencias del sector comercial.

El fruto de la sandía pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas, caracterizada por una secuencia de continuos cambios metabólicos. Así, la polinización y cuajado, la vida de la fruta puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, sin que sea fácil establecer cuando acaba una y empieza otra. La primera suele iniciarse antes de que termine el crecimiento celular y finaliza, más o menos, cuando el fruto tiene las semillas en disposición de producir nuevas plantas.

La etapa más importante y compleja en el desarrollo de la fruta, el proceso de maduración, puede dividirse a su vez, en dos fases: la fase de maduración fisiológica y la maduración organoléptica. La maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que las definen como comestibles. En general, esta etapa es un proceso que comienza durante los últimos días de maduración fisiológica y que irreversiblemente conduce a la senescencia de la fruta.

Hay algunos índices que sirven tanto para seguir la maduración como la evolución de la calidad organoléptica durante la cosecha, siendo uno de los índices mas utilizados el contenido de sólidos solubles. En este sentido, a continuación se presentan los

resultados obtenidos de la aplicación de tres fuentes de potasio en cuatro dosis, para determinar indicadores físico- químicas en el cultivo de la sandia como lo son los sólidos solubles expresados en grados Brix.

Cuadro 3. Análisis de Varianza sólidos solubles expresados en grados Brix en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandia (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
Bloques	3	3.43				
Fuentes de Potasio	2	5.45	2.72	1.02	5.14	10.92
Error (a)	6	16.05	2.68			
Subtotal	11	24.93				
Dosis	4	108.37	27.09	23.67**	2.64	3.90
DF	8	16.11	2.01	1.76	2.21	2.68
Error (b)	36	41.20	1.14			
Total	59	190.61				

CV 7.96 % ** Altamente significativo

En base al análisis de varianza efectuada con los datos de campo, se puede observar en el cuadro número 3 que existe diferencia altamente significativa entre dosis, así mismo se observa que estadísticamente no existe una diferencia estadística entre fuentes de Potasio e interacciones.

El coeficiente de variación obtenido fue de: 7.96%, lo cual indica que la investigación fue manejada adecuadamente, ya que el rango aceptable según la literatura oscila de 1 a 20% (Little & Hills), bajo condiciones de campo de cultivo. Los resultados obtenidos por tratamiento y repetición se pueden observar en anexos cuadro A.

Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey) sólidos solubles expresados en grados Brix en dosis evaluadas en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Dosis	Media (Sólidos Solubles)	Tukey 5%
300	15.26	A
200	14.55	AB
100	13.03	CD
50	12.89	DE
0	11.43	F

TUKEY 1.10

En el cuadro anterior se aprecia que estadísticamente las dosis 300 y 200 Kg/Ha., son iguales. Al analizar los resultados se ve que la dosis juega un papel muy importante en la cantidad con respecto a la concentración de sólidos solubles expresados en grados Brix en el cultivo de la sandía, existiendo una diferencia de 3.83 grados con respecto a la mejor dosis y la dosis cero kg/ha.

Si se analiza esa diferencia en puntos porcentuales, la mejor dosis (300 Kg/Ha) supera a la demás dosis en 4.65%, 14.61%, 15.53% y 25.09 % respectivamente.

En el cuadro numero cinco, se observa que existen dos tratamientos diferentes (T15 y T14) con 300 y 200 kg/ha de K_2SO_4 , existiendo una diferencia entre ambos de 2.24 Grados Brix, si observar los promedios, los peores tratamientos (T1, T6 y T11), son aquellos en donde no se aplicó ninguna fuente de Potasio (KCl, K_2SO_4 y KNO_3), por lo que se deduce que la aplicación de estas fuentes influyeron en el contenido de sólidos solubles, aunque estadísticamente estas son iguales, según resultados del cuadro tres. Al analizar las fuentes, se ve que la mejor fue K_2SO_4 (Sulfato de Potasio), seguida de KCl (Cloruro de Potasio) ocupando el último lugar KNO_3 , (Nitrato de Potasio). Cabe mencionar que las mejores dosis fueron 300 y 200 kg/ha.

Cuadro 5. Medias para sólidos solubles expresados en grados Brix en tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Tratamiento	Media (Centímetros)
T15	16.78
T14	15.45
T10	14.63
T9	14.45
T5	14.38
T4	13.75
T8	13.20
T7	13.18
T13	13.13
T2	12.83
T3	12.78
T12	12.68
T1	11.78
T6	11.40
T11	11.13

En el cuadro número seis, se observa que existe diferencia altamente significativa con respecto a dosis en relación al diámetro polar, por lo que se deduce que uno o más tratamientos se comportaron de manera diferente con respecto a los demás.

Cuadro 6. Análisis de varianza diámetro polar expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
Bloques	3	357.40				
Fuentes de						
Potasio	2	11.43	5.72	0.58	5.14	10.92
Error (a)	6	59.50	9.92			
Subtotal	11	428.33				
Dosis	4	339.73	84.93	14.45**	2.64	3.90
DF	8	47.07	5.88	1.00	2.21	2.68
Erro (b)	36	211.60	5.88			
Total	59	1026.73				

CV 4.13 % ** Altamente significativo

Cuadro 7. Comparación de medias (Tukey) para diámetro polar expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Dosis	Media (Centímetros)	Tukey 5%
300	61.58	A
200	61.33	AB
100	58.25	CD
50	57.25	DE
0	55.42	E

TUKEY 2.49

Al analizar los resultados obtenidos en el cuadro número siete, se aprecia que estadísticamente la dosis de 300 Kg/Ha. y la dosis 200 kg/ha. se comportan de una manera igual. Sin embargo, cuando se compara los resultados entre la mejor y última dosis, se ve que existe una diferencia de 6.16 centímetros, equivalente a un 10% de incremento con respecto a la dosis absoluta (cero kg/ha.)

Cuadro 8. Medias para diámetro polar expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Tratamiento	Media (Centímetros)
T9	63.25
T10	62.25
T14	61.75
T15	61.25
T5	61.25
T8	59.25
T4	59.00
T3	58.25
T7	57.75
T12	57.25
T13	57.25
T2	56.75
T1	56.25
T11	55.75
T6	54.25

En el cuadro número ocho se aprecia que el mejor tratamiento fue (T9) seguido del tratamiento (T10), con una diferencia de un centímetro respectivamente; estos tratamientos corresponden a la fuente KCl, con las dosis de 200 y 300 Kg/Ha. El tercer (T14) y cuarto (T15) mejor tratamiento corresponden a los tratamientos con la fuente K₂SO₄. Si se compara los resultados obtenidos en el cuadro número cinco y los obtenidos en el cuadro número ocho, se aprecia que los mejores cuatro tratamientos siguen siendo (T15, T14, T10 y T9) con respecto a rangos de calidad, ya que estos presentaron valores arriba del 10% de azúcares y uniformidad de tamaño, requisitos básicos que debe tener la sandía según las normas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA).

Cuadro 9. Análisis de varianza diámetro ecuatorial expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
Bloques	3	25.07				
Fuentes de						
Potasio	2	7.03	3.52	0.52	5.14	10.92
Error (a)	6	40.83	6.81			
Subtotal	11	72.93				
Dosis	4	166.57	41.64	13.20**	2.64	3.90
DF	8	28.63	3.58	1.13	2.21	2.68
Error (b)	36	113.60	3.16			
Total	59	381.73				

CV 8.91 % ** Altamente significativo

Al analizar los resultados obtenidos en el cuadro anterior se observa que existe una diferencia altamente significativa con respecto a las dosis empleadas. Al igual que en las variables analizadas anteriormente no existe diferencia estadística con respecto a las fuentes y a la interacción. El coeficiente de variación obtenido (8.91 %) se mantiene dentro de los rangos permitidos según la literatura.

Cuadro 10. Comparación de medias (Tukey) para diámetro ecuatorial expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Dosis	Media (Centímetros)	Tukey 5%
300	22.17	A
200	21.58	AB
100	19.33	CD
50	18.75	DE
0	17.83	E

TUKEY 1.83

En el cuadro numero 10, se observa que la dosis de 300 y 200 kg/ha. se comportan de una manera igual, al ver los resultados obtenidos en el cuadro numero siete (diámetro polar), se puede decir que estas dosis influyeron tanto el diámetro polar como ecuatorial, para el caso de este último existe una diferencia de 4.34 centímetros entre la dosis de 300 kg/ha. con respecto al testigo absoluto, equivalente a un 19.57 %, en relación a esta variable la mejor fuente fue K_2SO_4 superando relativamente a KCl.

Cuadro 11. Medias para diámetro ecuatorial expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Tratamiento	Media (Centímetros)
T15	23.00
T14	23.00
T5	22.25
T10	21.25
T9	21.00
T4	20.75
T8	20.00
T7	19.75
T13	19.50
T6	18.75
T3	18.50
T12	18.50
T2	18.00
T1	17.75
T11	17.00

En el cuadro numero 11, se observa que los dos mejores tratamientos corresponden a la fuente K_2SO_4 , con 300 y 200 kg/ha., respectivamente. Al analizar las variables estudiadas hasta aquí, se puede mencionar que los mejores tratamientos en su orden son T15, T14, T9 y T10, éstos con las dosis de 300 y 200 kg/ha, de las fuentes K_2SO_4 y KCl.

Otro de los parámetros para determinar la calidad de la sandía se refiere al peso de la fruta, medida que es muy tomada en cuenta para su venta. En el cuadro numero 12, se observa el análisis de varianza para la variable peso, se aprecia que existe diferencia altamente significativa para dosis y no así para fuentes e interacción.

En este sentido se puede mencionar que al menos una dosis se comportó de una manera diferente con respecto a las demás. La variabilidad del experimento es adecuada ya que el Coeficiente de Variación obtenido es del 11.97%.

Cuadro 12. Análisis de varianza peso expresados en kilogramos en tratamientos evaluados en el cultivo de sandia (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
Bloques	3	6.84				
Fuentes de						
Potasio	2	0.96	0.48	2.44	5.14	10.92
Error (a)	6	1.18	0.20			
Subtotal	11	8.99				
Dosis	4	18.92	4.73	13.54**	2.64	3.90
DF	8	1.07	0.13	0.38	2.21	2.68
Error (b)	36	12.57	0.35			
Total	59	41.55				

CV 11.97 % Altamente significativo

En el cuadro 13 se puede apreciar los resultados obtenidos en función del peso promedio por dosis, se ve que estadísticamente los dos mejores tratamientos 300 y 200 Kg/Ha., se comportan de una manera igual. La diferencia entre la mejor dosis y la última, es de 1.32 Kilogramos, en términos porcentuales, la mejor dosis es superior en 23.44 %.

Cuadro 13. Comparación de medias (Tukey) para peso expresado en kilogramos en tratamientos evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Dosis	Media (Kilogramos)	Tukey 5%
300	5.63	A
200	5.59	AB
100	4.72	CD
50	4.44	DE
0	4.31	E

TUKEY 0.61

En el cuadro número 14 se aprecia los resultados obtenidos en función del peso expresado en kilogramos, se ve que el primer tratamiento (T15) y el segundo tratamiento (T9), son iguales. Al comparar los resultados, siguen siendo los tratamientos a base de K_2SO_4 y KCl los que tienen predominancia, con respecto a los demás. Los tratamientos con peores resultados son el T1 y T6, en donde no se aplicó ninguna fuente de Potasio, habiendo una diferencia de 1.66 kilogramos con respecto al mejor tratamiento, lo que representa en términos porcentuales 28.62 por ciento.

Cuadro 14. Medias para peso expresado en kilogramos en tratamientos evaluados en el cultivo de sandia (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Tratamiento	Media (Kilogramos)
T15	5.80
T9	5.80
T14	5.63
T5	5.57
T10	5.51
T4	5.34
T8	5.00
T13	4.72
T11	4.66
T12	4.55
T3	4.43
T7	4.43
T2	4.35
T6	4.15
T1	4.14

En el cuadro 15, se aprecia de existe diferencia altamente significativa en fuentes y dosis, lo que hace suponer que existe una relación directa en cuanto a fuentes y dosis con respecto al rendimiento en metros cúbicos. El promedio de sandias por metro cúbico del mejor tratamiento fue de aproximadamente 65.04 m³/ ha, correspondiente al tratamiento T04.

En el mismo cuadro, se observa que no existe diferencia significativa entre fuentes y dosis, situación similar a las variables medidas anteriormente, por lo que a estas instancias se puede ir concluyendo que las fuentes se comportaron de igual manera, así como el efecto entre fuentes y dosis en relación al rendimiento en metros cúbicos por hectárea, no hubo diferencia estadística. De igual manera en el mismo cuadro se observa que el coeficiente de variación se encuentra dentro de los rangos permitidos.

Cuadro 15. Análisis de varianza rendimiento en M³ por Hectárea en tratamientos evaluados en el cultivo de sandia (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

FV	GL	SC	CM	FC	FT	
					0.05	0.01
Bloques	3	108.64				
Fuentes	2	125.92	62.96	3.55	5.14	10.92
Error (a)	6	106.31	17.72			
Subtotal	11	340.87				
Dosis	4	4248.54	1062.13	109.19**	2.64	3.90
DF	8	1032.88	129.11	13.27*	2.21	2.68
erro (b)	36	350.20	9.73			
Total	59	5972.49				

CV 6.12 % Altamente significativo

En el cuadro 16, se aprecia que estadísticamente las dosis se comportan iguales, existiendo una diferencia de 3.19 metros cúbicos entre el primero y el segundo. Con relación a la mejor dosis (300 kg/ha) y en donde no se aplicó ninguna fuente, la diferencia fue de 22.57 m³, lo que representa un 36.50 % de incremento con relación a la dosis más alta y la dosis testigo absoluto.

Cuadro 16. Comparación de medias (Tukey) para en rendimiento en M³ por hectárea tratamientos evaluados en el cultivo de sandia (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Dosis	Media (M ³ /ha)	Tukey 5%
300	61.83	A
200	58.64	AB
100	50.54	CD
50	44.65	DE
0	39.26	E

Tukey 3.21

Cuadro 17. Medias para en tratamientos rendimiento en M³ por hectárea evaluados en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

Tratamiento	Media (M ³ /ha)
T04	66.98
T15	60.36
T10	58.15
T05	66.98
T03	51.52
T14	50.79
T09	58.15
T13	50.05
T02	39.75
T11	45.64
T12	47.11
T08	50.05
T06	33.12
T07	47.11
T01	22.29

Tal como se mencionó anteriormente las dosis más altas presentaron los mejores rendimientos, sin embargo en relación al rendimiento en m³ por hectárea el tratamiento T04 a base de KNO₃ con dosis de 200 Kg/Ha supera al tratamiento T15 a base de K₂SO₄ por 6.62 metros cúbicos, pero cuando se analiza el cuadro 15 se observa que no existe diferencia significativa entre interacciones de fuentes y dosis, por lo que se puede concluir de el tratamiento T04 y T15 son iguales estadísticamente hablando.

Cuadro 18. Variables evaluados en el cultivo de sandia (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	6
T1	56.25	17.75	4.14	11.78	39.01	24.99
T2	56.75	18.00	4.35	12.83	42.69	26.64
T3	58.25	18.50	4.43	12.78	51.52	35.22
T4	59.00	20.75	5.34	13.75	64.04	30.62
T5	61.25	22.25	5.57	14.38	57.41	27.51
T6	54.25	18.75	4.15	11.40	33.12	11.66
T7	57.75	19.75	4.43	13.18	33.12	9.17
T8	59.25	20.00	5.00	13.20	36.07	14.31
T9	63.25	21.00	5.80	14.45	47.85	31.97
T10	62.25	21.25	5.51	14.63	58.15	41.19
T11	55.75	17.00	4.66	11.13	39.01	24.99
T12	57.25	18.50	4.55	12.68	39.01	19.51
T13	57.25	19.50	4.72	13.13	44.90	25.31
T14	61.75	23.00	5.63	15.45	50.79	25.54
T15	61.25	23.00	5.80	16.78	60.36	30.26

1: Diámetro Polar (cms); 2: Diámetro Ecuatorial (cms); 3: Peso (Kg); 4: Sólidos Solubles (Grados Brix); 5: Rendimiento (M³/Ha). 6. Rentabilidad

En el cuadro 18, se aprecia que el mejor tratamiento es el T15 (K₂SO₄/ 300 Kg/Ha), en relación a la concentración de sólidos solubles, peso y diámetro ecuatorial. Este mismo tratamiento ocupa el segundo lugar en relación al rendimiento, así mismo el cuarto lugar con respecto al diámetro polar. Se puede apreciar que en relación al rendimiento el mejor tratamiento correspondió al T10 (KCl/ 300 Kg/Ha), sin embargo este tratamiento en relación a los sólidos solubles ocupó el tercer lugar con valores 14.63 grados brix, existiendo una diferencia entre el mejor tratamiento y éste de 2.15 grados brix. En

términos generales se puede mencionar que los mejores tratamientos fueron aquellos cuya dosis fue de 300 Kg/Ha, aunque al realizar la respectiva prueba de medias se observa que no existe diferencia significativa entre esta dosis y la de 200 Kg/Ha. Con respecto a las fuentes se concluyendo que las mejores fueron K_2SO_4 y KCl, aunque al realizar los análisis de varianza no existió diferencia significativa entre las variables evaluadas a excepción del rendimiento.

Al realizar una análisis del promedio de las variables se observa que el mejor tratamiento en términos de promedio general fue el T15, seguido del T04, sin embargo como se mencionó anteriormente, los rendimientos en metros cúbicos por hectárea del T04 fueron mejores, pero su concentración de Sólidos Solubles fue baja. En términos generales los mejores tratamientos fueron en su orden de importancia el T15, T04, T10. Se observa que el primero corresponde a la dosis de 300 kg/ha.

Al analizar los resultados de rentabilidad se aprecia que el tratamiento T10 con 300 Kg/Ha de KCl, obtuvo una rentabilidad de 41.19 %, sin embargo este estuvo 8.83 puntos por debajo del mejor tratamiento con respecto al rendimiento en metros cúbicos T04 (KNO_3 / 200 Kg/Ha). Como se mencionó anteriormente éste último tiene una diferencia de 3.03 grados brix con respecto al tratamiento 300 Kg/Ha de K_2SO_4 , ya que presentó valores arriba del 10% de azúcares y uniformidad de tamaño, requisitos básicos que debe tener la sandía según las normas del departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA).

Cuadro 19. Análisis económico en tratamiento con 300 Kg/Ha de K₂SO₄ sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*; *Cucurbitaceae*), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).

Costo	Unidad	Cantidad	PU	Total
Costos Directos				
1. Mano de Obra				
Preparación del suelo	Tractor	6	200.00	1200.00
Surqueado	Tractor	4	100.00	400.00
1.2 Siembra				
	Jornal	24	40.00	960.00
1.3 Labores Culturales				
Aplicación de Abonos	Jornal	24	40.00	960.00
Limpia del área experimental	Jornal	24	40.00	960.00
Riego	Jornal	36	40.00	1440.00
1.4 Toma de datos				
Toma de datos en el campo	Jornal	24	40.00	960.00
1.5 Materiales y Herramientas				
Azadones	Unidad	24	75.00	1800.00
Rafia	Unidad	10	10.00	100.00
1.6 Insumos				
Fertilización 18-46-0	Quintal	6	480.00	2880.00
Abono K ₂ SO ₄	Kg	300	22.86	6858.00
Fungicidas	Litro	1	250.00	250.00
Insecticidas	Litro	1	225.00	225.00
Semillas	Unidad	400	1.00	400.00
1.7 Arrendamiento				
Arrendamiento de una hectárea	Ha	1	1000.00	1000.00
1.8 Análisis de suelo				
Análisis de suelo para plantación	Unidad	1	300.00	300.00
1.9 Cosecha				
Cosecha de plantación	Jornal	36	50.00	1800.00
Total costos directos				22,493.00
Costos Indirectos				
Administración	CD	10%		2,249.30
Financieros	CD	21%		4,723.53
Total costos indirectos				6,972.83
Total de Costos				29,465.83
Ingreso Total	M3	60.36	700.00	42252.00
Ingreso Neto				12,786.17
Rentabilidad				30.26

Cuadro 20. Análisis económico en tratamiento con 300 Kg/Ha de KCl sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*; *Cucurbitaceae*), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).

Costo	Unidad	Cantidad	PU	Total
Costos Directos				
1. Mano de Obra				
Preparación del suelo	Tractor	6	200.00	1200.00
Surqueado	Tractor	4	100.00	400.00
1.2 Siembra	Jornal	24	40.00	960.00
1.3 Labores Culturales				
Aplicación de Abonos	Jornal	24	40.00	960.00
Limpia del área experimental	Jornal	24	40.00	960.00
Riego	Jornal	36	40.00	1440.00
1.4 Toma de datos				
Toma de datos en el campo	Jornal	24	40.00	960.00
1.5 Materiales y Herramientas				
Azadones	Unidad	24	75.00	1800.00
Rafia	Unidad	10	10.00	100.00
1.6 Insumos				
Fertilización 18-46-0	Quintal	6	480.00	2880.00
Abono KCl	Kg	300	8.80	2640.00
Fungicidas	Litro	1	250.00	250.00
Insecticidas	Litro	1	225.00	225.00
Semillas	Unidad	400	1.00	400.00
1.7 Arrendamiento				
Arrendamiento de una hectárea	Ha	1	1000.00	1000.00
1.8 Análisis de suelo				
Análisis de suelo para plantación	Unidad	1	300.00	300.00
1.9 Cosecha				
Cosecha de plantación	Jornal	36	50.00	1800.00
Total costos directos				18,275.00
Costos Indirectos				
Administración	CD	10%		1,827.50
Financieros	CD	21%		3,837.75
Total costos indirectos				5,665.25
Total de Costos				23,940.25
Ingreso Total	M3	58.15	700.00	40705.00
Ingreso Neto				16,764.75
Rentabilidad				41.19

Cuadro 21. Análisis económico en tratamiento con 200 Kg/Ha de K₂SO₄ sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*; *Cucurbitaceae*), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).

Costo	Unidad	Cantidad	PU	Total
Costos Directos				
1. Mano de Obra				
Preparación del suelo	Tractor	6	200.00	1200.00
Surqueado	Tractor	4	100.00	400.00
1.2 Siembra	Jornal	24	40.00	960.00
1.3 Labores Culturales				
Aplicación de Abonos	Jornal	24	40.00	960.00
Limpia del área experimental	Jornal	24	40.00	960.00
Riego	Jornal	36	40.00	1440.00
1.4 Toma de datos				
Toma de datos en el campo	Jornal	24	40.00	960.00
1.5 Materiales y Herramientas				
Azadones	Unidad	24	75.00	1800.00
Rafia	Unidad	10	10.00	100.00
1.6 Insumos				
Fertilización 18-46-0	Quintal	6	480.00	2880.00
Abono K ₂ SO ₄	Kg	200	22.86	4572.00
Fungicidas	Litro	1	250.00	250.00
Insecticidas	Litro	1	225.00	225.00
Semillas	Unidad	400	1.00	400.00
1.7 Arrendamiento				
Arrendamiento de una hectárea	Ha	1	1000.00	1000.00
1.8 Análisis de suelo				
Análisis de suelo para plantación	Unidad	1	300.00	300.00
1.9 Cosecha				
Cosecha de plantación	Jornal	36	50.00	1800.00
Total costos directos				20,207.00
Costos Indirectos				
Administración	CD	10%		2,020.70
Financieros	CD	21%		4,243.47
Total costos indirectos				6,264.17
Total de Costos				26,471.17
Ingreso Total	M3	50.79	700.00	35553.00
Ingreso Neto				9,081.83
Rentabilidad				25.54

Cuadro 22. Análisis económico en tratamiento con 200 Kg/Ha de KCl sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*; *Cucurbitaceae*), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).

Costo	Unidad	Cantidad	PU	Total
Costos Directos				
1. Mano de Obra				
Preparación del suelo	Tractor	6	200.00	1200.00
Surqueado	Tractor	4	100.00	400.00
1.2 Siembra	Jornal	24	40.00	960.00
1.3 Labores Culturales				
Aplicación de Abonos	Jornal	24	40.00	960.00
Limpia del área experimental	Jornal	24	40.00	960.00
Riego	Jornal	36	40.00	1440.00
1.4 Toma de datos				
Toma de datos en el campo	Jornal	24	40.00	960.00
1.5 Materiales y Herramientas				
Azadones	Unidad	24	75.00	1800.00
Rafia	Unidad	10	10.00	100.00
1.6 Insumos				
Fertilización 18-46-0	Quintal	6	480.00	2880.00
Abono KCl	Kg	200	8.80	1760.00
Fungicidas	Litro	1	250.00	250.00
Insecticidas	Litro	1	225.00	225.00
Semillas	Unidad	400	1.00	400.00
1.7 Arrendamiento				
Arrendamiento de una hectárea	Ha	1	1000.00	1000.00
1.8 Análisis de suelo				
Análisis de suelo para plantación	Unidad	1	300.00	300.00
1.9 Cosecha				
Cosecha de plantación	Jornal	36	50.00	1800.00
Total costos directos				17,395.00
Costos Indirectos				
Administración	CD	10%		1,739.50
Financieros	CD	21%		3,652.95
Total costos indirectos				5,392.45
Total de Costos				22,787.45
Ingreso Total	M3	47.85	700.00	33495.00
Ingreso Neto				10,707.55
Rentabilidad				31.97

Cuadro 23. Análisis económico en tratamiento con 200 Kg/Ha de KNO₃ sobre la concentración de sólidos solubles en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*; *Cucurbitaceae*), variedad Mickey Lee, en el municipio de Tiquisate, Escuintla. (2009).

Costo	Unidad	Cantidad	PU	Total
Costos Directos				
1. Mano de Obra				
Preparación del suelo	Tractor	6	200.00	1200.00
Surqueado	Tractor	4	100.00	400.00
1.2 Siembra	Jornal	24	40.00	960.00
1.3 Labores Culturales				
Aplicación de Abonos	Jornal	24	40.00	960.00
Limpia del área experimental	Jornal	24	40.00	960.00
Riego	Jornal	36	40.00	1440.00
1.4 Toma de datos				
Toma de datos en el campo	Jornal	24	40.00	960.00
1.5 Materiales y Herramientas				
Azadones	Unidad	24	75.00	1800.00
Rafia	Unidad	10	10.00	100.00
1.6 Insumos				
Fertilización 18-46-0	Quintal	6	480.00	2880.00
Abono KNO ₃	Kg	200	22.00	4400.00
Fungicidas	Litro	1	250.00	250.00
Insecticidas	Litro	1	225.00	225.00
Semillas	Unidad	400	1.00	400.00
1.7 Arrendamiento				
Arrendamiento de una hectárea	Ha	1	1000.00	1000.00
1.8 Análisis de suelo				
Análisis de suelo para plantación	Unidad	1	300.00	300.00
1.9 Cosecha				
Cosecha de plantación	Jornal	36	50.00	1800.00
Total costos directos				20,035.00
Costos Indirectos				
Administración	CD	10%		2,003.50
Financieros	CD	21%		4,207.35
Total costos indirectos				6,210.85
Total de Costos				26,245.85
Ingreso Total	M3	54.04	700.00	37828.00
Ingreso Neto				11,582.15
Rentabilidad				30.62

VIII. CONCLUSIONES

Al comparar los resultados obtenidos con respecto al incremento de sólidos solubles se observa que el mejor tratamiento fue el T15 (K_2SO_4 / 300 Kg/Ha) con 16.78 grados brix, seguido del T14 (K_2SO_4 / 200 Kg/Ha) con 15.45 grados brix, por lo que se concluye que la mejor fuente fue la K_2SO_4 , aunque al realizar el análisis de varianza no existió diferencia significativa como se mencionó anteriormente.

En la evaluación de las tres fuentes de Potasio, se demostró que no existe diferencia significativa en las variables diámetro polar, diámetro ecuatorial, sólidos solubles y rendimiento. En relación a las dosis el ANDEVA demuestra que sí existió una diferencia altamente significativa, obteniéndose los mejores resultados con 300 kg/ha, sin embargo al realizar la prueba de medias se aprecia que estadísticamente no hay diferencia entre estas dos dosis, pero si con respecto a las demás.

El mejor tratamiento en base a las mejores características organolépticas, rendimiento y rentabilidad resulta ser el T15 (K_2SO_4 / 300 Kg/Ha) ya que se obtuvo los valores más altos en relación de los sólidos solubles que fue el objeto de esta investigación, así como su rentabilidad estuvo entre las cuatro mejores rentabilidades.

IX. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y condiciones de desarrollo de la presente investigación se recomienda a los agricultores de la región utilizar la dosis de 300 Kg/Ha de K_2SO_4 , en la producción del cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*; *Cucurbitaceae*), variedad Mickey Lee, bajo las condiciones climáticas y edáficas del municipio de Tiquisate, Escuintla, en este sentido es necesario recalcar los resultados obtenidos en esta investigación se explican por las características físico químicas de los suelos donde se desarrollaron los experimentos.

Se recomienda realizar evaluaciones similares al presente estudio que determinen la época y forma de aplicación de las mejores fuentes K_2SO_4 y KCl, es decir qué influencia tiene estas fuentes en diferentes períodos de adición al suelo.

Evaluar una dosis comprendida entre las dosis de 200 a 300 kg/ha. Y de ser posible más altas, siempre y cuando sean económicamente rentables.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Achaerandio, I. (1995). Iniciación a la práctica de la investigación. Guatemala: Profars. Universidad Rafael Landívar.
- Bidwell R., G. S. (1990). Fisiología Vegetal. A.G.T.
- Becerra S; Mosquera N; Nustez I. (2007). Efecto de niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar 'Criolla Guaneña' en el departamento de Nariño. Revista Latinoamericana de la Papa.
- Ben-zioni, A.V, y Lips, S.H. (1971). Nitrate uptake by roots as regulated by Nitrate reduction products of the shoot. *Physiol Plant*.
- Buckner, G.O. (1915). Translocation of ineral constituents of seeds and tubers of certain plants during growth. *J. Agri. res.*
- Burd, J.S. (1919). Rate of absorption of soil constituents at successive stages of plant growth. *J. Agri. res.*
- Creech, R. (1968). Carbohydrate synthesis in maize. *advances in agronomy* 20:275-322 pp.
- Anderson D.L., y Bowen J.E. (1994). Nutrición de la caña de Azúcar. Instituto de la Potasa y el Fósforo A.C. Quito Ecuador.
- DISAGRO. (2002). Manual de Fertilización. Guatemala
- Fageria, D. (1991). Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel dekker. New York.
- Fernández, IA. (1996). Estudio de la regulación de la producción de Sandía(***Citrullus lanatus***) mediante aplicación de tres sistemas de podas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.
- Guerra, R.G. (2000). Revista de la Asociación Argentina de la Potasa. Argentina.
- Guerrero, R. (1981). Estudio de la Potasa en la agricultura. Universidad Nacional de Colombia.
- Halevy, J. (1976). Growth rate and nutrient uptake of two cotton cultivars grown under irrigation. *Agron. J.* 68: 701-705.
- Hansen, P. (1980). Crop load and nutrient translocation.. in: mineral nutrition of fruit trees. Butterworths, London. pp. 201-212.

- Hanway, J. J. and Johnson, J.W. (1985). Potassium nutrition of soybean. In: R.O. Munson (ed.) Potassium in agriculture. Asa, Madison, WI.. pp. 753-764
- Hocking, P.J. (1980). The composition of phloem exudates and xylem sap from tree tobacco (*Nicotiana Glauca Groh.*) ann. Bot. (London). 45: 633-643.
- INPOFOS. (1988). Potasio, Manual de fertilidad de los suelos y su manejo. p. 44–49.
- Jenny, H.; Overstreet, R. and Ayers, A. (1939). Contact depletion of barley roots as revealed by radioactive indicators. Soil SCI. 48: 9-40.
- Kemmler, G. (1983). Modern aspects of wheat manuring. (2nd ed.), Ipi-Bull. No.1. IPI, Bern, Switzerland.
- Kirkby, EA and Knight, A.H. (1977). Influence of the level of nitrate nutrition on uptake and assimilation, organic acid accumulation, and cation-anion balance in whole tomato plants. Plant Physiol. 60: 349-353.
- Knowles, F. and Watkins, J.E. (1931). The assimilation and translocation of plant nutrients in wheat during growth. J. Agri. SCI. 21: 612-637.
- Lawton, K. and Cook, R.L. (1954). Potassium in plant nutrition. ADV. Agron. 6: 253-303.
- Leigh, R.A. and Wyn-Jones, R.G. (1984). A hypothesis relating critical Potassium concentration for growth to the distribution and function of this ion in the plant cell. New Phytol. 97, 1-13.
- Lindner, R.C. and Benson, N.R. (1954). Plum, prune and apricot. pp. 666-683. in: n. Childers (ed.) fruit nutrition. Horticulture publ., Rutgers Univ., New Brunswick.
- Little, T. & Hills F. (1989). Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. (2ª ed.) México. Trillas.
- López, M. (2007). Adaptabilidad de dos variedades de rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) con cuatro dosis de fertilizante a base de Potasio (k) en los municipios de Coatepeque y Flores Costa Cuca, Quetzaltenango, Guatemala. Universidad Rafael Landívar. Campus Quetzaltenango.
- Escalona, V. (2009). Manual del Cultivo de la Sandía. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.
- Mcclungy L. (1956). <http://ipipotash.org/udocs/sesion%20v.pdf>

- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plant. Second edition. Academic press. California, USA. 680 pp.
- Mendez H. Oscar R. (2006). Evaluación de dos fuentes y cuatro dosis de potasio en la fertilización de caña de azúcar, variedad cp 72-2086 en un suelo andisol. Universidad Rafael Landívar.
- Mengel K & Kirby, E.A. (1982). Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Worblaufen-bern. Suiza. 465 pp.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. (1987). Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Ern, Switzerland.
- Moreno M.P; Insuza M; Martinez R; Cohen I; Catalan V.; Villa C. (2005). Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Mullins, G. I. and Burmester, C.H. (1991). Phosphorus and potassium uptake by cotton. better crop with plant food 75(3): 12-13. Potash and phosphate Institute, Atlanta, GA.
- NPFL (1988). Manual de fertilizantes. Ed. Limusa. México, D. F. 292 pp.
- Nuñez, ER. (1981). Principios de fertilización agrícola con abonos orgánicos. biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. AGT editor S.A. México, D. F. 57-63 pp.
- Ojikshoorn, W. (1972). Partition of ionig constituents between organs. Recent adv. Plant nutr. 2: 447-476.
- Pérez, G. (1996). Introducción a la filosofía vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Pinto I. (2007). Efecto del Potasio sobre el control de carbohidratos en granos de maíz dulce (*Zea mays* convar. *Saccharata*, Poaceae), bajo riego por gravedad en el municipio de Monjas, de departamento de Jalapa, Guatemala. Universidad Rafael Landívar.
- Pitman, M.G. (1972). Uptake and transport of ions in barley seedlings 111. Correlation between transport to the shoot and relative growth rateo aust. J. Biol. SCI. 25: 905-919.

- Preciado, B.; Kohashi-shibata, CH.; Martinez, C. (1998). Nitrógeno y Potasio en la producción de plántulas de Melón. Instituto de SEI. Colegio de postgraduados. 56230 Montecillo, Estado de México.
- Ramírez, R. (1992). Aplicación eficiente de los fertilizantes y posibilidades de uso de fertilizantes no tradicionales en el país. en: situación actual y perspectivas de los fertilizantes en Venezuela. Taller de fertilizantes 21p.
- Roberts, C. (1991). Efecto del Potasio en la síntesis de azúcares. Tegucigalpa Honduras.
- Rodriguez, S.F. (1982). Fertilizantes, Nutrición Vegetal. AGT editor S. A. México, D. F. 157 pp.
- Ruiz, C.; Sanchez, A.; Tua D. (2003). Efecto de la dosis y forma de colocación del Potasio sobre la concentración foliar de macro elementos en el tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas – Estación Experimental Falcón. Avenida Roosevelt zona Institucional.
- Russell, R.S.. and Clarkson, D.T. (1971). The uptake and distribution of potassium in crop plants. in: potassium in biochemistry and physiology. proc. IPI Colloquim, bern. 8: 79-92.
- Terralia del cultivo de la sandía injertada (en línea). (1998). 2 p. consultado 7 de enero 2007. disponible en www.terralia.com/revista11/pagina24.htm.
- Vega, J. (2003). Proyecto de autogestión en la agricultura. Editorial Trillas. México. D.F.
- Vino de Fruta (2007). Consultado 12 de agosto de 2008. Disponible en http://vinodefruta.com/medicion_de_los_ss_marco.htm. Consul
- Welch, L.F.. and Flannery, R.L. (1985). Potassium nutrition of corn. In: Munson, R.D., (ed.). Potassium in Agriculture. ASA, Madison, WI.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Sólidos Solubles expresados en Grados Brix en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

K	DOSIS	I	II	III	IV
KNO ₃	0	14.00	10.00	11.00	12.10
	50	14.00	11.50	13.80	12.00
	100	13.00	13.00	13.10	12.00
	200	14.50	13.00	13.50	14.00
	300	15.00	14.00	14.50	14.00
			70.50	61.50	65.90
KCl	0	13.00	10.80	11.80	10.00
	50	14.80	12.90	12.00	13.00
	100	13.80	14.00	12.00	13.00
	200	14.00	15.80	15.00	13.00
	300	14.80	14.80	14.90	14.00
			70.40	68.30	65.70
K ₂ SO ₄	0	10.50	12.00	10.00	12.00
	50	12.00	12.80	13.00	12.90
	100	15.00	13.00	12.00	12.50
	200	14.00	17.00	16.80	14.00
	300	14.00	17.50	17.80	17.80
			65.50	72.30	69.60

Anexo 2. Diámetro polar expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

K	DOSIS	I	II	III	IV
KNO ₃	0	59	56	58	52
	50	60	56	58	53
	100	60	60	58	55
	200	62	61	55	58
	300	65	60	62	58
			306	293	291
KCl	0	60	55	50	52
	50	64	55	53	59
	100	63	55	60	59
	200	65	65	60	63
	300	63	63	64	59
			315	293	287
K ₂ SO ₄	0	58	58	55	52
	50	63	58	56	52
	100	65	58	53	53
	200	70	63	56	58
	300	62	63	60	60
			318	300	280

Anexo 3. Diámetro ecuatorial expresados en centímetros en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

K	DOSIS	I	II	III	IV
KNO ₃	0	18	19	16	18
	50	19	19	16	18
	100	19	20	17	18
	200	20	21	20	22
	300	21	24	20	24
			97	103	89
KCl	0	20	16	19	20
	50	23	17	19	20
	100	25	17	19	19
	200	21	21	21	21
	300	20	20	23	22
			109	91	101
K ₂ SO ₄	0	18	16	16	18
	50	21	18	17	18
	100	20	18	16	24
	200	24	25	23	20
	300	20	24	23	25
			103	101	95
		309	295	285	307

Anexo 4. Peso expresados en kilogramos en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandía (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

K	DOSIS	I	II	III	IV
KNO ₃	0	3.36	4.55	4.09	4.55
	50	3.77	4.55	4.55	4.55
	100	3.64	5.00	4.55	4.55
	200	4.09	5.45	5.91	5.91
	300	5.00	5.45	5.91	5.91
			19.86	25.00	25.00
KCl	0	3.86	4.09	4.55	4.09
	50	5.00	4.55	4.55	3.64
	100	5.00	5.00	4.55	5.45
	200	5.45	5.45	5.91	6.36
	300	4.32	5.45	5.91	6.36
			23.64	24.55	25.45
K ₂ SO ₄	0	3.18	4.55	5.45	5.45
	50	4.55	3.64	5.45	4.55
	100	4.32	4.55	4.55	5.45
	200	5.91	6.36	5.00	5.23
	300	4.09	6.36	6.36	6.36
			22.05	25.45	26.82

Anexo 5. Rendimiento expresado M³ en tratamientos evaluados en el cultivo de Sandia (*Citrullus lanatus*), en Tiquisate, Escuintla, Guatemala (2009).

K	DOSIS	I	II	III	IV	
KNO ₃	0	38.27	44.16	38.28	35.33	
	50	47.10	38.27	38.28	35.33	
	100	50.05	52.99	53.00	50.05	
	200	70.66	67.72	64.78	64.78	
	300	67.71	67.72	67.72	64.78	
			273.79	270.87	262.05	250.27
KCl	0	38.27	35.33	32.39	26.50	
	50	47.10	47.11	47.11	47.11	
	100	50.05	50.05	50.05	50.05	
	200	61.82	58.89	55.94	55.94	
	300	58.88	55.94	61.83	55.94	
			256.13	247.33	247.33	235.55
K ₂ SO ₄	0	47.10	44.17	44.17	47.11	
	50	47.10	47.11	47.11	47.11	
	100	50.05	50.05	50.05	50.05	
	200	52.99	50.05	41.22	58.89	
	300	67.71	61.83	53.00	58.89	
			264.96	253.22	235.55	262.05