

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

EVALUACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO Y DOSIS DE HIDROGEL SOBRE EL RENDIMIENTO DE
SANDÍA; LA FRAGUA, ZACAPA
TESIS DE GRADO

JULIO CORDÓN GARCÍA
CARNET 21260-04

ZACAPA, OCTUBRE DE 2018
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

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

EVALUACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO Y DOSIS DE HIDROGEL SOBRE EL RENDIMIENTO DE
SANDÍA; LA FRAGUA, ZACAPA
TESIS DE GRADO

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

POR
JULIO CORDÓN GARCÍA

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

ZACAPA, OCTUBRE DE 2018
CAMPUS "SAN LUIS GONZAGA, S. J" DE ZACAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

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

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
ING. JOSÉ JAVIER VARGAS

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ÁNGEL OTTONIEL CORDÓN GARCÍA
ING. JOSÉ ÁNGEL URZÚA DUARTE
ING. ZAHYDA MAGALY OLIVA MONROY

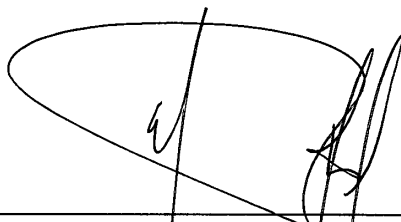
Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante JULIO CORDÓN GARCÍA, Carnet 21260-04 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS HORTÍCOLAS, del Campus de Zacapa, que consta en el Acta No. 06180-2018 de fecha 29 de septiembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO Y DOSIS DE HIDROGEL SOBRE EL RENDIMIENTO DE SANDÍA; LA FRAGUA, ZACAPA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 10 días del mes de octubre del año 2018.



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

Guatemala 17 de Octubre de 2018

Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Estimados Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Julio Córdón García, Carné 21260-04, titulada: "Evaluación de láminas de riego y dosis de hidrogel sobre el rendimiento de sandía; La Fragua, Zacapa".

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

Atentamente,



José Javier Vargas
Ingeniero Agronomo
Colegiado: 6794
Codigo URL: 27170

AGRADECIMIENTOS

- A:** Dios todo poderoso por todas mis bendiciones.
- A:** Ing. José Javier Vargas, por su valiosa asesoría y colaboración para concretar esta investigación.
- A:** La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala, Centro de Estudios que me abrió sus puertas para poder alcanzar mi meta.
- A:** Al Campus “San Luis Gonzaga, S.J” De Zacapa por haberme brindado el material y el espacio para poder llevar cabo la presente investigación.
- A:** Todas las personas y amigos que de una u otra forma contribuyeron con mi persona para el desarrollo de la presenta investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por brindarme la vida, la sabiduría y la oportunidad de alcanzar una meta más en mi vida.

Mis Padres: Gilberto Cordón Pinto, Eva García y García por su apoyo incondicional y amor durante todos estos años de mi vida.

Esposa e Hijo: Jenifer Nineth Orellana (Esposa) Julio David Cordón Orellana (Hijo) por su amor y apoyo incondicional

Mis Hermanos: Rudy, Elmer, Armando Cordón García , por haberme brindado su apoyo durante estos años.

Amigos: Javier Vargas, Carlos Guzman, Ing. Angel Cordón, Vinicio Ortíz, Ing. Selvin Sancé, Ing. Edgar Cordón, Ing. Salvador Orellana, Ing. Cesar Archila.

1. ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. ÍNDICE | i |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 2 |
| 2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA | 2 |
| 2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS | 2 |
| 2.2.1 Sistema radicular | 2 |
| 2.2.2 Tallos | 3 |
| 2.2.3 Hoja peciolada | 3 |
| 2.2.4 Flores | 3 |
| 2.2.5 Fruto | 3 |
| 2.2.6 Semillas | 4 |
| 2.3 ECOLOGÍA DE LA SANDÍA | 4 |
| 2.4 TÉCNICAS DE CULTIVO | 5 |
| 2.5 REQUERIMIENTO HÍDRICO DE LA SANDÍA | 5 |
| 2.6 COMPOSICIÓN DEL POLÍMERO ACRILATO DE POTASIO | 6 |
| 2.7 FUNCIONAMIENTO DE LOS POLÍMEROS | 7 |
| 2.8 ANTECEDENTES DEL USO DEL ACRILATO DE POTASIO | 8 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO | 11 |
| 4. OBJETIVOS | 12 |
| 4.1 GENERAL | 12 |
| 4.2 ESPECÍFICOS | 12 |
| 5. HIPÓTESIS | 13 |
| 6. METODOLOGÍA | 14 |
| 6.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO | 14 |
| 6.1.1 Zona de Vida | 14 |
| 6.1.2 Clima | 14 |
| 6.1.3 Clasificación de suelos | 15 |
| 6.2 CULTIVAR EXPERIMENTAL | 15 |

| | |
|--|----|
| 6.3FACTORES ESTUDIADOS | 15 |
| 6.4DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS | 16 |
| 6.5DISEÑO EXPERIMENTAL | 16 |
| 6.6MODELO ESTADÍSTICO | 17 |
| 6.7UNIDAD EXPERIMENTAL | 17 |
| 6.8CROQUIS DE CAMPO | 18 |
| 6.9MANEJO DEL EXPERIMENTO | 18 |
| 6.9.1 Trasplante | 18 |
| 6.9.2 Riegos Y Fertilizaciones | 18 |
| 6.9.3 Aplicación Del Polímero | 19 |
| 6.9.4 Destape Y Colocación De Colmenas | 19 |
| 6.9.5 Control Fitosanitario | 19 |
| 6.9.6 Conteo Y Muestreo De Frutos | 19 |
| 6.10VARIABLES RESPUESTA | 20 |
| 6.10.1 Rendimiento | 20 |
| 6.10.2 Peso Del Fruto | 20 |
| 6.10.3 Calidad | 20 |
| 6.10.3 Análisis Costo/Beneficio | 20 |
| 6.11ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN | 21 |
| 6.11.1ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 21 |
| 6.11.2ANÁLISIS ECONÓMICO | 21 |
| 7.RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 22 |
| 7.1RENDIMIENTO | 22 |
| 7.2PESO DEL FRUTO | 23 |
| 7.3CALIDAD | 25 |
| 7.3.1Concentración De Azúcares | 25 |
| 7.3.2Consistencia | 26 |
| 7.4ANÁLISIS ECONÓMICO | 29 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 8.CONCLUSIONES | 33 |
| 9.RECOMENDACIONES | 34 |
| 10.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 35 |
| 11.ANEXOS | 37 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1 Evapotranspiración del cultivo de sandía por etapa fenológica y duración de esta. | 6 |
| Cuadro 2 Descripción de los tratamientos evaluados. | 16 |
| Cuadro 3 Análisis de varianza del rendimiento neto en kg/ha en la evaluación con diferentes tratamientos de polímero y láminas de riego sobre la sandía diploide. | 22 |
| Cuadro 4 Análisis de varianza del peso del fruto en kilogramos en la evaluación con diferentes tratamientos de polímero y láminas de riego sobre la sandía diploide. | 24 |
| Cuadro 5 Análisis de varianza de la concentración de sólidos en grados brix en la evaluación con diferentes tratamientos de polímero y láminas de riego sobre la sandía diploide. | 25 |
| Cuadro 6 Análisis de varianza de la consistencia en libras por pulgada cuadrada (PSI) en la evaluación con diferentes tratamientos de polímero y láminas de riego sobre la sandía diploide. | 27 |
| Cuadro 7 Costos de producción fijos en quetzales para una hectárea de sandía Mickey Lee®. | 30 |
| Cuadro 8 Costos de producción variables en quetzales para una hectárea de sandía Mickey Lee®. | 31 |
| Cuadro 9 Ingreso en quetzales por tratamiento en la evaluación del efecto de dosis de polímero y láminas de riego en sandía diploide. | 31 |
| Cuadro 10 Análisis beneficio / costo en la evaluación del efecto de dosis de polímero y láminas de riego en sandía diploide. | 32 |

“EVALUACIÓN DE LÁMINAS DE RIEGO Y DOSIS DE HIDROGEL SOBRE EL RENDIMIENTO DE SANDÍA; LA FRAGUA, ZACAPA”

RESUMEN

En la presente investigación se evaluaron tres láminas de riego y 4 dosis del polímero acrilato de potasio en un cultivar de sandía diploide para mejorar el rendimiento y la calidad del fruto, en el municipio de Zacapa, Zacapa, Guatemala. Los tratamientos evaluados fueron: cultivar de sandía diploide Mickey lee® con láminas de riego de 250, 310 y 370 milímetros (mm) por ciclo, con la adición del acrilato de potasio en dosis de 0, 8, 10 y 12 gramos por planta. Para el efecto se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones, dando un total de 36 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento, peso del fruto, calidad de la fruta (grados brix y consistencia) y la rentabilidad evaluada mediante un análisis de costo beneficio. Todas las variables fueron evaluadas a los 55 días después del trasplante. De acuerdo con los resultados se concluyó que el tratamiento consistente en 12 gramos por planta de acrilato de potasio más 370 mm de lámina de riego, presentó el mejor rendimiento seguido por el tratamiento de 12 gramos por planta más 310 mm de lámina de riego. En cuanto a la calidad se obtuvo un mejor resultado utilizando el tratamiento que consistió en 12 gramos por planta más 310 mm de lámina de riego. En cuanto a la rentabilidad el tratamiento de 12 gramos por planta más 310 mm fue el que presentó los mayores ingresos.

1. INTRODUCCIÓN

En el departamento de Zacapa y especialmente en el valle de la Fragua, el cultivo de sandía (*Citrulluslannatus L.*) es de importancia económica, tanto por la generación de empleo como por los ingresos económicos que representa para quienes la producen, así como la generación de divisas. Su producto tiene alta demanda en el mercado local, como internacionales. Esta se ha venido ampliando significativamente, por la apertura comercial que ha devenido de los procesos de globalización (Avalos, 2017).

Para el logro de una alta productividad y calidad del fruto, la humedad disponible en suelo es un factor determinante. Por otro lado, la disponibilidad de agua para riego cada vez es menor constituyendo un insumo básico que debe utilizarse en altos niveles de eficiencia.

Con base a lo descrito anteriormente, dicha situación demanda que se analicen soluciones y/o productos que permitan mantener o incrementar los rendimientos sin detrimento de la calidad y mediante el menor consumo de agua para riego. Es por ello que productos como el polímero, muestran la capacidad de retener hasta 400 veces su peso en agua por cada gramo aplicado. Adicionalmente tiene la característica que una vez incorporado al suelo, puede prolongar sus efectos por un período de tres años, aportando a las plantas una mejor disponibilidad y absorción de nutrientes (Salguero, 2017).

Por tales razones, se planteó la presente investigación con el objetivo evaluar el efecto sobre el rendimiento de tres láminas de riego y tres dosis de polímero en el cultivo de sandía (*Citrulluslannatus L.*) en el valle de la Fragua municipio de Zacapa, Departamento de Zacapa.

Como hallazgos de la investigación realizada se pudo comprobar que existe una relación directa entre la dosis del polímero aplicado y el rendimiento en kg por hectárea, siendo la dosis de 12 gramos por planta combinada con 310 mm de lámina de riego la que presento mejores resultados, en cuestiones de calidad es necesario plantear nuevas investigaciones para obtener mejores concentraciones de azúcares.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

León (1987) citado por Cano (2004) afirma que la clasificación taxonómica de la sandía es como se muestra a continuación.

- Reino: Vegetal
- Sub-reino: Embryobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Dilleniidae
- Orden: Violales
- Familia: Cucurbitáceas
- Género: Citrulluslannatus

2.2 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

Valdés (1991) citado por Cano (2004) señala que la sandía es una planta herbácea y su sistema radicular, tallo, hojas, flores, frutos y semillas, presentan las siguientes características:

2.2.1 Sistemaradicular

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

Cano (2004) citando a Valdés (1991) es de la idea de que la sandía en la mayor parte las raíces se distribuyen a una profundidad comprendida entre 40 y 50 centímetros, la capacidad de extracción de las raicillas de las semillas germinadas de la sandía es de 10.1 atmósferas, lo que da a la planta su gran resistencia a la sequía.

2.2.2 Tallos

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

2.2.3 Hoja peciolada

La cual es según Cano (2004) citando a Valdés (1991) pinnado-partida, dividida en 3-5 lóbulos que a su vez se dividen en segmentos redondeados, presentando profundas entalladuras que no llegan al nervio principal. El haz es suave al tacto y el envés muy áspero y con nerviaciones muy pronunciadas. El nervio principal se ramifica en nervios secundarios que se subdividen para dirigirse a los últimos segmentos de la hoja, imitando la palma de la mano.

2.2.4 Flores

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

Superb(2001) citado por Cano (2004) que en las flores hermafroditas y femeninas se observa una estructura similar en lo que concierne a la corola, caracterizándose las hermafroditas por poseer estambres normales que recubren el estigma, el cual es corto, constituido por tres partes, cada una de las cuales corresponde a un lóculo del ovario por lo que este resulta ser trilocular.

2.2.5 Fruto

Cano (2004) citando a Valdés (1991) señala que el fruto de la sandía consiste en una baya, con formas variadas (redondeados, oblongos, ovalados, cilíndricos, etc.), con corteza verde y pulpa azucarada de coloración amarilla, roja o anaranjada. La pulpa está formada de células parenquimatosas de la cáscara bien desarrollada y de la

placenta incrementada, llena de agua y azúcares. Una vez que las células del tejido parenquimatoso alcanzan determinado tamaño, sus paredes se rompen con facilidad provocando la separación celular, debido al aumento de pectina soluble lo que indica el inicio de la vejez del fruto y su desprendimiento.

2.2.6 Semillas

De acuerdo con Valdés (1991) citado en Cano (2004) afirma que las semillas de la sandía son generalmente de forma elipsoidal siendo más finas del lado del hilo, con superficie lisa, áspera y color variado (castaño oscuro o claro, negro, blanco, etc.). El peso absoluto varía de 60 - 140 gramos. La madurez fisiológica de las semillas se obtiene a los 10-15 días después de la maduración de la parte comestible del fruto (pulpa). El sacarlas antes o después de este tiempo disminuye su facultad germinativa.

2.3 ECOLOGÍA DE LA SANDÍA

De acuerdo con Océano (1999) citado en Cano (2004) se trata de una especie muy sensible a las heladas, que vegeta bien en áreas de clima cálido con medias térmicas en torno a 20 °C. Para germinar necesita temperaturas superiores a 15 °C.

Aunque puede cultivarse en secanos no demasiado rigurosos, para que una moderna explotación resulte rentable suele precisarse que el cultivo disponga de agua suficiente, al menos durante el período comprendido entre la formación de sus frutos y su maduración.

IICA (1989) citado por Cano (2004) señala que la sandía es un cultivo de zonas calientes, con mucho sol y suelo fértil. Su sistema radicular es bastante desarrollado, profundo y lateral, lo que confiere una gran resistencia a la sequía. El riego puede ser dañino cuando los frutos están formados, por el riesgo de agrietamiento y la disminución en la cantidad de azúcares.

La misma fuente señala que la sandía prefiere suelos francos, ricos en materia orgánica, con un pH de 5.5 a 6.5. Se puede adaptar en otras condiciones, siempre que el suelo esté suelto y drenado adecuadamente.

2.4 TÉCNICAS DE CULTIVO

Cano (2004) al citar a Océano (1999) señala que la sandía se cultiva al aire libre o en invernadero. Las fechas de siembra y recolección dependen del ciclo del cultivar que se haya elegido. Requiere las labores convencionales de preparación del terreno, que faciliten el drenaje y dejen mullida la capa superficial. Estas operaciones terminan con la formación de mesetas de cultivo de 2 o 3 metros de anchura.

Cano (2004) al citar a Océano (1999) señala además que las recomendaciones relativas al abonado son para los cultivos de secano, entre 40 y 80 kg/ha de N, de 40 a 80 kg/ha de P205 y entre 80 y 160 kg/ha de K2O5.

Por último, Cano (2004) citando a Océano (1999) indica que en regadío pueden doblarse las cantidades aplicadas en secano, mientras que en el cultivo en invernadero serían recomendables entre 180 y 300 kg/ha de N, entre 120 y 220 kg/ha de P205 y entre 200 y 400 kg/ha de K2O5.

2.5 REQUERIMIENTO HÍDRICO DE LA SANDÍA

Según INSIVUMEH (2018) la evapotranspiración media para la región de Zacapa oscila entre los 2000 a 2500 mm por año, lo cual nos da una media de que va desde los 5.5 hasta 6.85 mm por día lo cual promedia 6.18 mm por día.

Según Sánchez, 2010. El riego es la aplicación directa de agua al sustrato o suelo con el fin de reponer la lámina perdida por evapotranspiración, además debe ser tomado en cuenta el Kc o coeficiente de cultivo, que está dado por la etapa fenológica del mismo.

Entonces la lámina diaria a aplicarestará dada por la fórmula:

$$E_{tc} = E_{to} * K_c$$

Dónde:

E_{tc} = evapotranspiración del cultivo

E_{to} = Evapotranspiración promedio obtenida por registros del INSIVUMEH.

K_c = coeficiente del cultivo

Cuadro 1 Evapotranspiración del cultivo de sandía por etapa fenológica y duración de esta.

| Etapa Fenológica | Duración (días) | Eto (mm/día) | Kc | Etc (mm/día) | mm/etapa |
|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------|---------------------|-----------------|
| Establecimiento | 10 | 6.18 | 0.6 | 3.71 | 37.05 |
| Crecimiento | 10 | 6.18 | 0.8 | 4.94 | 49.40 |
| Floración | 10 | 6.18 | 1.0 | 6.18 | 61.75 |
| Formación de Fruta | 25 | 6.18 | 1.2 | 7.41 | 185.25 |
| Maduración | 10 | 6.18 | 0.6 | 3.71 | 37.05 |
| TOTAL | | | | | 370.50 |

Según Vásquez (2017) el requerimiento de la sandía personal varía entre 250 a 350 mm dependiendo de la estación del año, en un ciclo aproximado de 65 días después del trasplante.

2.6 COMPOSICIÓN DEL POLÍMERO ACRILATO DE POTASIO

De acuerdo con Álvarez (2015), uno de los retos más grandes del sector agrícola de exportación, es aumentar la productividad de los cultivos en zonas con escasa lluvia.

Esto puede ser realidad a través del uso de los hidro retenedores de agua, dentro de los cuales se encuentra el polímero. Según Álvarez (2015) con el uso del polímero, no solo se evita la muerte de la planta por falta de agua, si no que permite un mejor crecimiento de los cultivos en condiciones adversas, se reduce el consumo de agua de riego, se regulariza la absorción de insumos incrementando las reservas de agua y disminuyen los problemas de contaminación al tener un efecto biodegradable.

Según Salguero (2017), el polímero está compuesto químicamente por acrilato de potasio, el cual a diferencia de otros polímeros que se hidratan, tiene la propiedad de liberar fácilmente agua y nutrientes absorbidos, permitiendo que estos estén disponibles para las plantas en función de sus ciclos absorción liberación.

El acrilato de potasio es un polímero retenedor de agua, con apariencia similar al azúcar, sin embargo, al contacto con agua se transforma en un gel capaz de absorber en promedio de entre 350 y 400 veces su peso en agua.

Según Álvarez (2015) en cultivos extensivos donde es factible utilizar sistemas de riego se puede aplicar seco o hidrato, ambos casos se aplica en surcos y se cubre con tierra.

En invernaderos, más que reducir la mortalidad, lo que se busca es optimizar el uso del agua, se llega a reducir entre el 30 al 50% en este tipo de cultivos, sin afectar la productividad y su calidad.

El uso del polímero dependerá mucho del valor para el productor. El costo se incrementaría en Q0.22 por planta, un costo muy bajo si se toma en cuenta que, si se muere una plántula por falta de agua, el reponerlo supondrá unos Q5.14(Álvarez, 2015).

El retenedor de agua es un producto importado de Brasil. Al ser aplicado en el suelo y alrededor de la raíz puede proveerles del agua necesaria durante largos periodos de tiempo evitando los problemas con el exceso de humedad, puesto que las plantas tomaran por osmosis solo la cantidad de agua que necesitan.

Según Romero (2013), un kilo de este producto alcanza hasta para 400 plántulas en las zonas más secas y tiene un periodo de vida de hasta cinco años, puesto que los polímeros se hinchan y se contraen dependiendo de los ciclos de lluvia y sequía. Y puede ser utilizado en todo tipo de terrenos (arenoso, arcillas, etc.), dado que mejorar la ventilación de los suelos compactos e incrementa la humedad.

2.7 FUNCIONAMIENTO DE LOS POLÍMEROS

El mecanismo por el que alguno los polímeros son capaces de absorber tanto volumen de soluciones acuosas no es solamente físico, sino que depende de su naturaleza química. Entre las fuerzas que contribuyen a su hinchamiento son la energía libre de mezcla y la respuesta elástica del entrecruzamiento, aunque también existen polímeros que presentan en su estructura unidades ionizables, es decir que presentan forma de iones. Así, cuando un polímero de estas características se introduce en un medio acuoso, las unidades iónicas se disocian y crean una densidad de carga a lo largo de las cadenas y una elevada densidad de iones en el gel. Este carácter iónico produce unas nuevas fuerzas que condicionan el hinchamiento. Por un lado, la diferencia entre la concentración de iones entre el gel hinchado y la solución externa produce una presión osmótica, es decir la fuerza que debe aplicarse sobre una solución cuando se

necesita frenar el flujo por medio de una membrana de características semipermeables, que sólo puede reducirse a través de la dilución de carga, es decir, por el hinchamiento del gel, y por otro, la densidad de carga neta entre las cadenas genera repulsiones electrostáticas que tienden a expandir el gel, lo que contribuye al hinchamiento. (Cabildo et al., 2010).

2.8 ANTECEDENTES DEL USO DEL ACRILATO DE POTASIO EN LA AGRICULTURA

En los últimos años, debido sobre todo a las posibilidades comerciales que presentan estos compuestos, se ha desarrollado un importante trabajo de investigación sobre estos materiales, lo que ha derivado en la obtención de polímeros súper absorbentes usados en nuevas y muy diversas aplicaciones. Así, se están fabricando productos con estos polímeros que ya forman parte de la vida cotidiana, y que van desde pañales hasta productos para agricultura, la industria alimentaria o las telecomunicaciones entre otros. Pese a que su uso está enfocado principalmente en los plásticos para los invernaderos, su aplicación con los polímeros súper absorbentes tiene poco tiempo de implementación.

Desde hace unos 20 años se están realizando ensayos que demuestran que el uso extensivo de polímeros súper absorbentes mejora la capacidad de retención de agua del suelo, favoreciendo por tanto el desarrollo de las plantas (Van Cotthem et al., 1991 citado por Ochoa 2004).

Al mezclarse el polímero con el suelo se consigue, por un lado, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego al perderse menor cantidad de agua por filtración, y por otro lado, también se consigue disminuir la evaporación de la misma. Estos dos factores son suficientes para mejorar la actividad biológica y aumentar la producción del suelo (Azzam, 1983). Además, la utilización de polímeros también produce una mejora de la estructura del suelo y de la aireación del mismo. Así, el uso de este tipo de polímeros permitiría, por ejemplo, la recuperación de zonas semiáridas o terrenos de cultivos abandonados y poco fértiles cuando se emplea de forma extensiva. También se han utilizado, mezclándolo con abonos, en campañas de reforestación, donde proporcionan a los plantones una reserva de agua para las primeras fases (las más críticas) de su

adaptación al terreno permitiendo una disminución en la cantidad de agua empleada en el riego o bien, un mayor espaciado de los mismos, con el consiguiente ahorro de agua y dinero que ello supone (Estrada, 2006).

El primer hidrogel lo desarrolló el Departamento de Agricultura de Estados Unidos a finales de la década de los sesenta. Era un hidrolizado de almidón y poliacrinitrilo. Desde entonces numerosos hidrogeles se han sintetizado con miras a incrementar la capacidad de absorción de agua (Yoshimura et al, 2005 citado por Ochoa 2004).

Hüterman et al (1999), estudiaron el efecto de la adición de un hidrogel de poliacrilamida en la sobrevivencia de plántulas de *Pinushalapensis* durante estrés hídrico. El gel de poliacrilamida que emplearon tenía el 40% de los grupos amida hidrolizados hasta ácidos carboxílicos. Con esta metodología encontraron que la retención de agua en el suelo aumento exponencialmente con los incrementos en las dosis de hidrogel y que, durante la desecación, las plántulas tratadas con 0.4% de hidrogel sobrevivieron el doble del tiempo que las plántulas control; también observaron que el crecimiento de las plántulas fue tres veces mayor cuando se adiciono el hidrogel al suelo.

Rozo et al (2009), sintetizaron un gel súper absorbente, capaz de retener sesenta veces su volumen en agua, por copolimerización de poliacrilamida y kappa carragenina aislada de alga roja *Hypneamusiformis*. Evaluaron el gel en combinación con mezclas de turba y fibras naturales (cascarilla de arroz), en proporción variable, con el fin de determinar si estos podían reemplazar parcialmente los sustratos en los cuales germina y se cultiva la lechuga *Lactuca sativa* variedad Green Forest. Encontraron que la retención de agua fue mayor en aquellos sustratos en los cuales se incorporó el gel en mayores concentraciones. Durante la fase de semillero no encontraron diferencias significativas en área foliar ni el número de semillas que germinaron entre los diferentes tratamientos.

Zapeta(2012) evaluó el efecto de cinco dosis de un polímero retenedor de humedad y cuatro frecuencias de riego en almacigo de Rambután (*Nepheliumlappaceum* L, *Sapindaceae*) en Coatepeque, Quetzaltenango. Las dosis utilizadas fueron: 0, 1, 2, 3,4

g/planta y frecuencias de riego: 7,14, 21 y 28 días. Las variables evaluadas fueron diámetro de planta, longitud de raíz, número de hojas y altura de planta. Zapeta concluyó que el mayor diámetro se logró al utilizar 2 y 3 g/planta de polímero con frecuencias de riego cada 14 y 21 días, junto con el uso de 3 g/planta de polímero a frecuencia de 7 días. En relación a la altura, los mejores tratamientos fueron utilizando 3 g/planta con frecuencias de riego cada 7, 14 y 21 días conjuntamente con dosis de 2 g/planta de hidrotendedor cada 14 y 21 días. Finalmente recomendó utilizar 2 g/planta de hidrotendedor a una frecuencia de riego cada 21 días, debido a que es la menor dosis utilizada del polímero retenedor y la mayor frecuencia de riego que permitió obtener los mejores resultados.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

El valle de la Fragua, Zacapa, ha sido un área que se ha caracterizado por ser productora sandía bajo condiciones de riego. Sin embargo, la productividad y calidad del fruto se ven afectados cuando no se mantiene la humedad adecuada en suelo. Lo cual, disminuye considerablemente la rentabilidad del cultivo y por lo tanto, la posibilidad de competir favorablemente en el mercado nacional y principalmente en el mercado internacional, que es muy exigente en cuanto a la calidad del fruto (Avalos, 2017).

La presente investigación se considera importante debido que, para tener capacidad de competir en la producción de sandía en estos momentos, es necesario producir en cantidad con alta calidad. Un factor que puede contribuir al logro de esto es la aplicación de la cantidad de agua requerida por la planta.

Además, es necesario establecer la frecuencia de riego adecuada, para reducir la pérdida de agua y los costos por concepto de riego, lo que al final se traducirá en mayor rentabilidad del cultivo, sobre todo si se toma en cuenta los altos costos que el agua tiene en la actualidad, cuando es aplicada con sistemas de riego altamente tecnificados, tal y como normalmente ocurre con el cultivo de sandía.

Tomando en cuenta que históricamente el valle de la Fragua posee una precipitación pluvial inferior a los 700 mm por año mientras que la evapotranspiración supera los 2000 mm por año, demostrando un inmenso déficit hídrico en la región, lo que se traduce en pérdidas para los productores locales que pueden ir desde un 30 hasta un 50 % de su producción total. Por tanto, es necesario generar información referente al uso eficiente del agua de riego para disminuir dichos riesgos.

La adición de hidro retenedores ha sido tema de estudio en plantas forestales y frutales, mas no existe tanta información en hortalizas, por tanto, un aspecto importante es la aportación información de carácter científico acerca de la conveniencia del uso del polímero en cultivares de sandía, tanto desde el punto de vista del rendimiento como de la calidad de los frutos.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Evaluar el efecto de tres láminas de riego y tres dosis de polímeros sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de sandía, en el valle de la Fragua, Zacapa.

4.2 ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de láminas de riego y dosis de polímero sobre el rendimiento de sandía Mickey Lee®.
- Determinar el efecto de láminas de riego y dosis de polímero sobre el peso de fruto de sandía Mickey Lee®.
- Determinar el efecto de láminas de riego y dosis de polímero sobre la calidad de sandía Mickey Lee®.
- Determinar el costo beneficio de aplicación de las láminas y dosis de polímero en el cultivo de sandía Mickey Lee®.

5. HIPÓTESIS

- Al menos una de las láminas de riego y dosis de polímero aplicados al cultivo de sandía presenta diferencias significativas en el rendimiento.
- Al menos una de las láminas de riego y dosis de polímero aplicados al cultivo de sandía presenta diferencias significativas en el peso del fruto.
- Al menos una de las láminas de riego y dosis de polímero aplicadas en el cultivo de sandía presenta diferencias significativas en la calidad del fruto.
- Al menos una de las láminas de riego y dosis de polímero aplicadas al cultivo de sandía presenta diferencias significativas en la relación costo/beneficio.

6. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Rafael Landívar Campus San Luis Gonzaga, SJ del municipio de Zacapa, Zacapa, Guatemala; en el área experimental, ubicada a 237msnm y en las coordenadas geográficas 14° 32'24.4" Latitud Norte y 89° 32'05" Longitud Oeste (googleearth, 2017).



Figura 1. Ubicación del área experimental

6.1.1 Zona de Vida

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge la zona de vida del área experimental se clasifica como Monte Espinoso Subtropical (me-S). El monte espinoso abarca un área que va de la aldea El Júcaro en el valle del Motagua, hasta la aldea El Tempisque cruzando hacia la Fragua, Zacapa, hasta llegar a Chiquimula. La superficie total de esta zona de vida es de 928 kilómetros cuadrados aproximadamente, lo que representa el 0.85% de la superficie del país (Calderón, 1994).

6.1.2 Clima

En esta zona de vida, las condiciones climáticas están representadas por días claros en la mayor parte del año y una escasa precipitación anual, que generalmente se presenta durante los meses de agosto a octubre y es de 400 a 600 mm anuales. En esta zona la

biotemperatura oscila de 24 a 26 grados centígrados. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 130% mayor a la cantidad de lluvia total anual (Calderón, 1994).

6.1.3 Clasificación de suelos

Para evidenciar con que capacidad productiva de terreno se cuenta en el departamento de Zacapa, en Guatemala de acuerdo con el Departamento de Agricultura de los EE. UU., existen 8 clases de clasificación de capacidad productiva de la tierra, en función de los efectos combinados del clima y las características permanentes del suelo. De estas 8 clases agrológicas la I, II, III Y IV son adecuadas para cultivos agrícolas con prácticas culturales específicas de uso y manejo; las clases V, VI, y VII pueden dedicarse a cultivos perennes, específicamente bosques naturales o plantados; en tanto que la clase VIII se considera apta solo para parques nacionales, recreación y para la protección del suelo y la vida silvestre. En Zacapa están representadas siete de las ocho clases agrológicas indicadas, predominando las clases VIII, VII y VI (Calderón, 1994).

6.2 CULTIVAR EXPERIMENTAL

El cultivar evaluado fue la sandía diploide Mickey Lee®, la cual es una variedad ampliamente cultivada en la región ya sea como polinizador o como cultivo base, posee frutos redondos de color verde claro con unas sutiles rayas color verde oscuro, la fruta alcanza pesos entre las 5 y 15 libras, en condiciones de clima de la región sus días a cosecha oscilan entre los 60 hasta los 65 días después de trasplante (Avalos, 2017).

6.3 FACTORES ESTUDIADOS

El factor A o parcela grande fueron las tres láminas de riego consistentes en 250 mm, 310 mm y 370 mm; estas láminas en un ciclo de cultivo consistente en 65 días.

El factor B o parcela pequeña consistió en 3 dosis de polímero de 8, 10 y 12 gramos por planta y un testigo comercial.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Cuadro 2 Descripción de los tratamientos evaluados.

| LÁMINA (mm/ciclo) | DOSIS DE POLÍMERO (g/planta) | No. DE TRATAMIENTOS | DESCRIPCIÓN |
|----------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------|
| 250 | 0 | T1 | Testigo comercial |
| 250 | 8 | T2 | Dosis mínima |
| 250 | 10 | T3 | Dosis media |
| 250 | 12 | T4 | Dosis máxima |
| 310 | 0 | T5 | Testigo comercial |
| 310 | 8 | T6 | Dosis mínima |
| 310 | 10 | T7 | Dosis media |
| 310 | 12 | T8 | Dosis máxima |
| 370 | 0 | T9 | Testigo comercial |
| 370 | 8 | T10 | Dosis mínima |
| 370 | 10 | T11 | Dosis media |
| 370 | 12 | T12 | Dosis máxima |

En cuanto a la selección de las dosis evaluadas para la variable dosis de polímero se tomó como referencia la dosis recomendada por el proveedor (10 g por planta) y se redujo en un 25% para determinar la dosis mínima, de igual forma se hizo con la dosis máxima donde se aumentó un 25%, la lámina de riego por su parte fue calculada en la tabla 1 y se redujeron en un 16 y 32 % para obtener las dosis media y mínima.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo de parcelas divididas, experimento conto con 3 láminas de riego distintas y 4 dosis de polímero (incluyendo dosis 0) lo cual hizo un total de 12 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \beta_j + (A\beta)_{ij} + R_k + \varepsilon_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

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

μ = Efecto de la media general.

A_i = Efecto del nivel i -ésimo de la lámina de riego.

β_j = Efecto del nivel j -ésimo de la dosis de polímero

$(A\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i -ésimo nivel de factor A con el j -ésimo nivel del factor B

R_k = Efecto de la k -ésima de la repetición.

ε_{ik} = Efecto del error experimental asociado a la i, k -ésima parcela grande.

ε_{ijk} = efecto del error experimental asociado a la $i-j-k$ -ésima parcela pequeña.

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

El área experimental estuvo constituida por 27 surcos de 23.6 metros de largo separados a una distancia de 1.80 metros dando un área total de 1146.96 metros cuadrados, por su parte la parcela grande que para este caso también representaba al bloque estaba constituida por 9 surcos de 23.6 metros de largo separados a 1.8 metros dando un área de 382.32 metros cuadrados, la parcela pequeña que en este caso también se estableció como unidad experimental estaba constituida por 3 surcos de 5.40 metros de largo a una distancia de 1.80 metros dando un área de 29.16 metros cuadrados.

En cada unidad experimental se trasplantaron los pilones de sandía a un distanciamiento de 0.5 metros entre planta, dando un total de 37 plantas por unidad experimental, es de mencionar que entre las unidades se estableció un distanciamiento de 0.5 metros para contrarrestar el efecto de bloque.

6.8 CROQUIS DE CAMPO

Las parcelas fueron distribuidas tal y como se presenta en el siguiente croquis de campo.

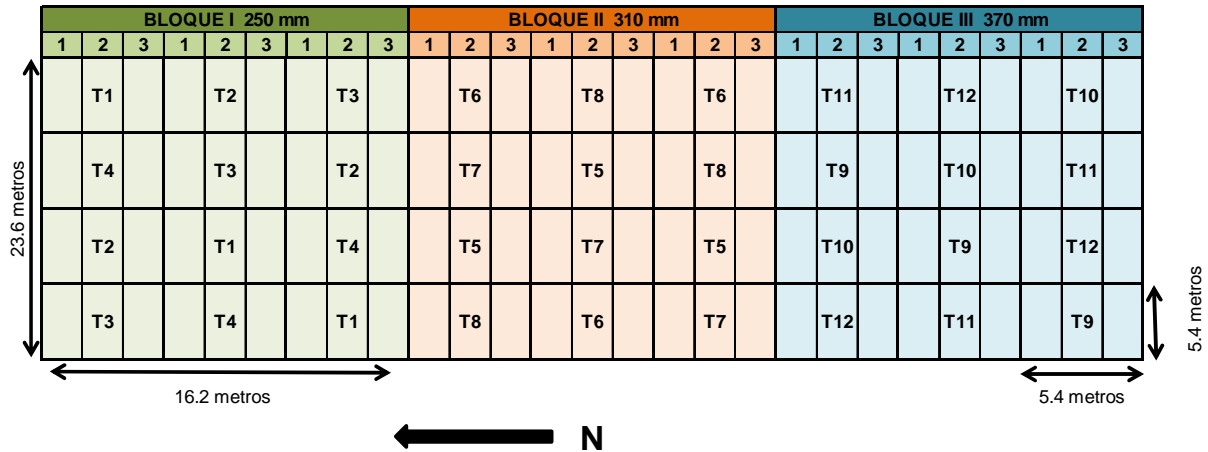


Figura 2. Croquis de campo de la distribución de los tratamientos.

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Trasplante

El trasplante de los pilones se realizó a los 19 días después de la germinación en vivero, dicha actividad se llevó a cabo el 22 de enero de 2017.

6.9.2 Riegos y fertilizaciones

Los riegos iniciaron a aplicarse dos días antes del trasplante con una lámina de 21 mm y posteriormente se aplicó una lámina de 10.5 mm durante los primeros 8 días a todos los tratamientos, a partir de los 12 días después del trasplante se aplicó la lámina asignada a cada uno de los bloques (ver anexo 1) en intervalos de 4 días, hasta alcanzar los totales evaluados (250, 310 y 370 mm/ ciclo).

Las fertilizaciones por su parte se aplicaron de forma uniforme para todos los tratamientos en intervalos de 4 días, dependiendo de la edad y requerimiento del cultivo (ver anexo 1).

6.9.3 Aplicación del polímero

El polímero se colocó a 15 centímetros de profundidad a una distancia que oscilará entre 5 cm y 10 cm del pilón de sandía. De acuerdo con la descripción de tratamientos, el polímero fue colocado en el suelo 1 día antes del trasplante en dosis de 8, 10 y 12 g/planta.

6.9.4 Destape y colocación de colmenas

La cobertura flotante de polipropileno se retiró a los 25 días después del trasplante (ddt) el día 16 de febrero de 2017, posteriormente se colocaron las colmenas a razón de 2 colmenas por el área del experimento (8 colmenas/ha).

6.9.5 Control fitosanitario

El programa fitosanitario tuvo como objetivo el control y eliminación de plagas y enfermedades dentro del cultivo, dicho programa se implementó desde el momento previo a la siembra por medio del fertirriego, y desde el destape hasta los 50 ddt por medio foliar.

6.9.6 Conteo y muestreo de frutos

El conteo y muestreo de frutos se realizó el 18 de marzo de 2017 a los 55 ddt, el conteo se llevó a cabo tomando 10 metros lineales por unidad experimental y contando la totalidad de frutos, en el caso de muestreo de frutos se tomó 3 frutas por unidad experimental para obtener las variables peso, concentración de azúcares y consistencia.

6.10 VARIABLES RESPUESTA

6.10.1 Rendimiento

El rendimiento se determinó por medio de la cantidad de kilogramos producidos en una hectárea (kg/ha) de todas las unidades experimentales, dicho cálculo se hizo multiplicando la cantidad de frutos por metro lineal por 5555.56 que corresponde a los metros lineales de una hectárea y posteriormente multiplicado por el precio promedio del fruto.

6.10.2 Peso del fruto

El peso del fruto se determinó mediante muestreos aleatorios a cada una de las unidades experimentales tomando 5 frutas por unidad, y obteniendo el peso de cada una de ellas para obtener un promedio.

6.10.3 Calidad

a. Concentración de azúcares

La concentración de azúcares o grados brix se determinó por el método del refractómetro, la cual consiste tomar una muestra del mesocarpio y exprimirla en el lector del aparato para determinar la concentración.

b. Consistencia

La consistencia se determinó utilizando un aparato conocido como penetrómetro el cual expresa la consistencia en libras por pulgadas cuadradas (PSI), la metodología consistió en tomar 3 muestras de por fruto para obtener un promedio de la misma.

6.10.3 Análisis costo/beneficio

Se aplicó un análisis costo/beneficio para determinar la rentabilidad de los tratamientos, y así determinar las principales ventajas y desventajas de cada uno de los mismos.

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el análisis de varianza ANDEVA para las variables en estudio, las variables que presentaron diferencia significativa según el siguiente criterio: Si el alfa es superior a 0.05 se considerará que no existen diferencias significativas (NS), si el alfa es mayor que 0.01 pero menor o igual que 0.05, se considerará que existen diferencias significativas (*), si el alfa es menor o igual que 0.01 se considerará que las diferencias son altamente significativas (**).

En los casos donde el ANDEVA reportó que hay diferencias significativas o altamente significativas, se procedió a realizar la prueba de medias de Tuckey. Tanto los ANDEVAS como prueba de medias de Tuckey se realizaron en el paquete estadístico INFOSAT.

6.11.2 Análisis económico

El análisis económico se determinó mediante la aplicación del análisis costo/beneficio, el cual consistió en dividir los ingresos obtenidos por rendimiento de sandía entre los costos de cada uno de los tratamientos. Según Cordón (2017), un análisis costo beneficio es un estudio del retorno, no solo financiero, sino también de aspectos sociales y medioambientales de lo que un proyecto tiene alguno o toda influencia.

La fórmula utilizada en un análisis costo beneficio es la siguiente:

$$B/C = VAI / VAC$$

Donde:

B/C = Relación costo-beneficio

VAI = Valor actual de los ingresos totales netos o beneficios netos

VAC = Valor actual de los costos de inversión o costos totales

Según el análisis de costo-beneficio un proyecto será rentable cuando la relación es mayor a la unidad.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 RENDIMIENTO

El rendimiento fue calculado en kg/ha, donde se presentaron diferencias altamente significativas entre las dosis de polímero y la interacción entre dosis y lámina de riego, por tanto, se procedió a realizar una comparación de medias utilizando la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$, mientras que la variable lámina no presentó ninguna diferencia significativa.

Cuadro 3 Análisis de varianza del rendimiento neto en kg/ha en la evaluación con diferentes tratamientos de polímero y láminas de riego sobre la sandía diploide.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | Dif. Significativa |
|-------------------|-------------|----------------|-------------------|-------|---------|--------------------|
| Bloque | 318546329.1 | 2 | 159273164.5 | 0.96 | 0.4554 | |
| Lámina | 140150516.1 | 2 | 70075258.03 | 0.42 | 0.6808 | NS |
| Error (A) | 661140300.9 | 4 | 165285075.2 | 2.6 | 0.0712 | |
| Dosis | 8248146719 | 3 | 2749382240 | 43.19 | <0.0001 | ** |
| Dosis*Lámina | 3494125034 | 6 | 582354172.3 | 9.15 | 0.0001 | ** |
| Error (B) | 1145968074 | 18 | 63664893.01 | | | |
| Total | 14008076973 | 35 | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | | |
| Rendimiento kg/ha | 36 | 0.92 | 0.84 | 15.86 | | |

(p<0.01 **Altamente significativa, p>0.01 y <0.05 significativa, p>0.05 NS no significante)

El ANDEVA del cuadro 3 mostró que las dosis de polímero presentaron diferencias altamente significativas, esto pudo observarse en el campo debido a que donde se aplicó la mayor dosis de polímero se observaba planta más vigorosa y frutos con mayor peso, las láminas de riego por su parte no presentaron diferencias significativas debido en parte a la heterogeneidad de los frutos entre los bloques, la interacción por su parte presentó diferencias altamente significativas, en la figura 3 puede observarse que donde se aplicó las dosis más altas de polímero las láminas intermedia y alta se presentaron frutos de mayor peso y tamaño pero en menor cantidad que en los tratamientos de menor lámina y dosis de polímero donde había más frutos pero con menor peso y tamaño.

La figura 3 muestra los rendimientos por tratamiento, siendo el tratamiento de 12 g/planta más 370 mm de lámina y el tratamiento de 12 g/planta más 310 mm los que

presentaron los rendimientos más sobresalientes siendo 77,484.43 y 76739.77 kg/ha respectivamente, el resto de los tratamientos estuvieron por debajo de estos, ambos tratamientos presentaron un mayor tamaño y peso de fruto.

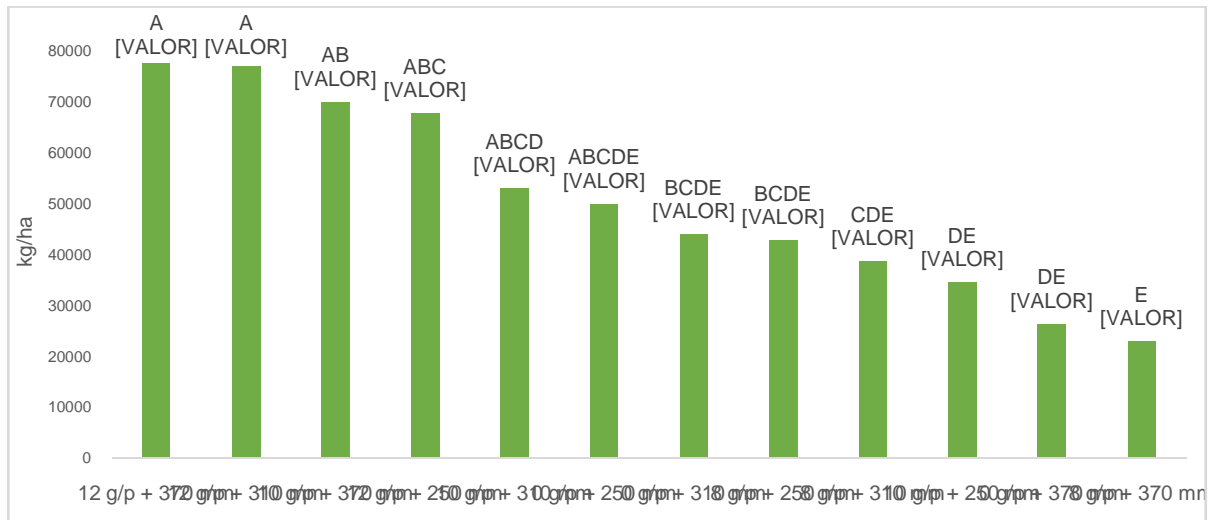


Figura 3. Prueba de Tukey para la interacción dosis polímero y lámina de riego sobre el rendimiento de sandía diploide.

7.2 PESO DEL FRUTO

El peso del fruto expresado en kilogramos es una variable importante para la sandía diploide, ya que nos permite determinar el contenido de agua de una fruta y así el rendimiento final que esta tendrá dependiendo del número de frutos, en términos generales una fruta con poco peso presentará una menor cantidad de mesocarpio y menor cantidad de agua.

Mediante la aplicación del análisis de varianza encontrado el cuadro 4 se determinó que existe diferencia altamente significativa entre las dosis de polímero, de igual manera entre las interacciones, y entre las láminas de riego existe diferencia significativa.

Cuadro 4 Análisis de varianza del peso del fruto en kilogramos en la evaluación con diferentes tratamientos de polímero y láminas de riego sobre la sandía diploide.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | Dif. Significativa |
|-----------------|-------|----------------|-------------------|-------|---------|--------------------|
| Bloque | 0.23 | 2 | 0.11 | 0.5 | 0.6403 | |
| Lámina | 7.55 | 2 | 3.78 | 16.6 | 0.0116 | * |
| Error (A) | 0.91 | 4 | 0.23 | 1.99 | 0.1394 | |
| Dosis | 11.01 | 3 | 3.67 | 32.09 | <0.0001 | ** |
| Dosis*Lámina | 3.55 | 6 | 0.59 | 5.18 | 0.003 | ** |
| Error (B) | 2.06 | 18 | 0.11 | | | |
| Total | 25.31 | 35 | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | | |
| Peso/Fruto (kg) | 36 | 0.92 | 0.84 | 14.4 | | |

(p<0.01 **Altamente significativa, p>0.01 y <0.05 significativa, p>0.05 NS no significante)

La figura 4 muestra los pesos por fruto obtenidos por los tratamientos, siendo el tratamiento de 12 gramos por planta más 370 mm de lámina de riego quien obtuvo el mejor peso por fruto con 4.26 kg, seguido por el tratamiento de 12 gramos por planta más 310 mm; los últimos tres lugares son ocupados por los tratamientos donde se utilizó una lámina de 250 mm.

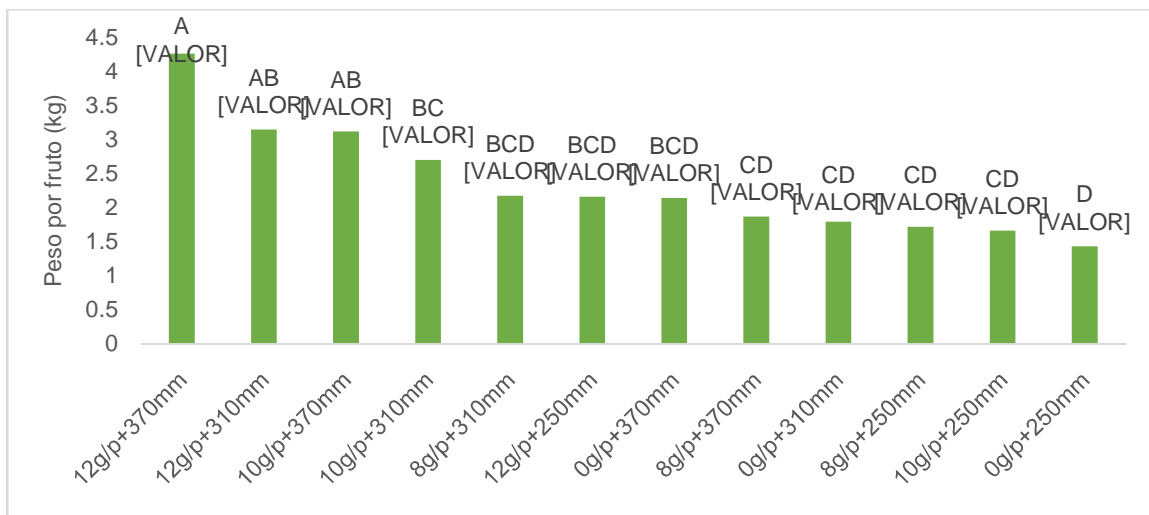


Figura 4. Prueba de Tukey para la interacción lámina de riego y dosis de polímero sobre el peso por fruto de sandía diploide.

7.3 CALIDAD

7.3.1 Concentración de azúcares

La concentración de azúcares expresada en grados brix es una de los valores más importantes en la calidad de la sandía, en el caso de la sandía Mickey Lee® el mínimo deseado es de 9 grados, es de mencionar que esta variedad de sandía no es para exportación, únicamente se comercializa y consume en el mercado local.

En el cultivo de sandía la variación de los grados brix depende mucho del contenido de agua que el fruto contenga antes del corte, por lo general en el manejo del riego se trata de reducir la aplicación agua previo al corte.

Cuadro 5 Análisis de varianza de la concentración de sólidos en grados brix en la evaluación con diferentes tratamientos de polímero y láminas de riego sobre la sandía diploide.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | Dif. Significativa |
|--------------|-----------|----------------|-------------------|----------|----------------|---------------------------|
| Bloque | 5.76 | 2 | 2.88 | 11.46 | 0.0221 | |
| Lámina | 14.48 | 2 | 7.24 | 28.84 | 0.0042 | ** |
| Error (A) | 1.00 | 4 | 0.25 | 0.16 | 0.9552 | |
| Dosis | 3.07 | 3 | 1.02 | 0.66 | 0.5884 | NS |
| Dosis*Lámina | 27.06 | 6 | 4.51 | 2.9 | 0.0371 | * |
| Error (B) | 28.01 | 18 | 1.56 | | | |
| Total | 79.39 | 35 | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | | |
| °Brix | 36 | 0.65 | 0.31 | 12.3 | | |

(p<0.01 **Altamente significativa, p>0.01 y <0.05 significativa, p>0.05 NS no significante)

Según el ANDEVA presentado en el cuadro 5 la variable dosis no presento diferencias significativas, la variable lámina de riego presentó diferencias altamente significativas y la interacción presentó únicamente diferencia significativa.

La mayor concentración de azucares o grados brix se obtuvo en el bloque donde se aplicó la menor lámina de riego teniendo en promedio 11.03 grados brix, mientras que las láminas media y alta presentaron una media de grados brix de 9.82 y 9.54 respectivamente, este efecto está ligado a lo anteriormente descrito cuanto mayor contenido de agua menor será la concentración de azucares.

La figura 5 muestra las medias de grados brix obtenidas por los tratamientos estando en los primeros tres lugares los tratamientos que tenían la menor cantidad de agua, siendo el tratamiento de 0 g/planta más 250 mm el que obtuvo el mejor brix (12 grados), por otro lado, el tratamiento de 10 g/planta más 370 mm obtuvo la menor cantidad con solo 8.5 grados brix, lo que demuestra que las altas cantidades de agua afectan directamente a la concentración de los azúcares.

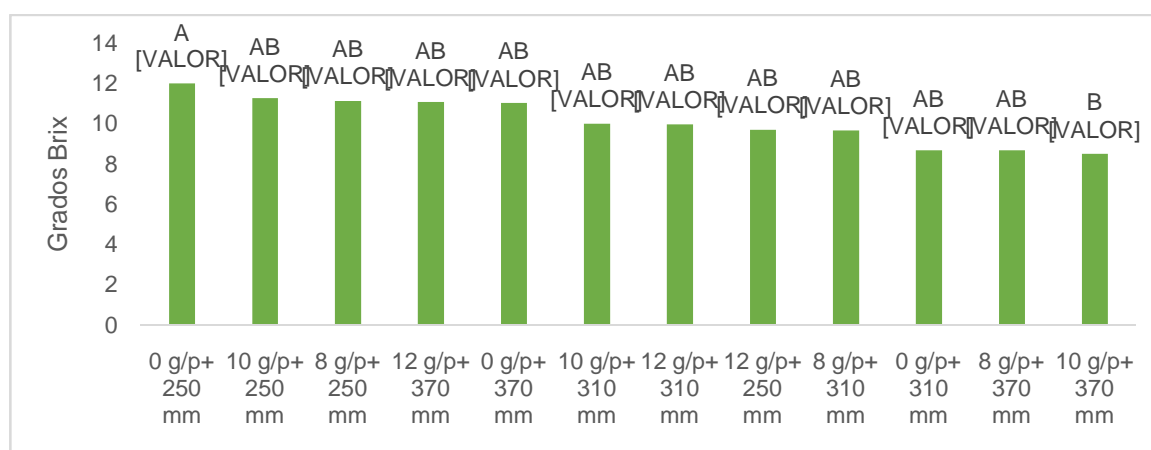


Figura 5. Prueba de Tukey para la interacción dosis de polímero más lámina de riego sobre la concentración de azúcares en sandía diploide.

7.3.2 Consistencia

La consistencia expresada comúnmente en libras por pulgada cuadrada (PSI) es una de las características de calidad más importantes en la sandía diploide, ya que es la medida indirecta de la madurez y de la cantidad de agua presente, para la sandía el valor mínimo de consistencia es de 4 PSI, aunque para mercado local se tolera un valor de hasta 3 PSI.

El ANDEVA del cuadro 6 muestra que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos para la interacción, aunque entre las láminas de riego y dosis de polímero presentó diferencias significativas.

Cuadro 6 Análisis de varianza de la consistencia en libras por pulgada cuadrada (PSI) en la evaluación con diferentes tratamientos de polímero y láminas de riego sobre la sandía diploide.

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | Dif. Significativa |
|------------------|------|----------------|-------------------|-------|---------|--------------------|
| Bloque | 0.03 | 2 | 0.01 | 0.38 | 0.7078 | |
| Lámina | 1.2 | 2 | 0.6 | 17.39 | 0.0106 | * |
| Error (A) | 0.14 | 4 | 0.03 | 0.33 | 0.8553 | |
| Dosis | 1.11 | 3 | 0.37 | 3.52 | 0.0363 | * |
| Dosis*Lámina | 0.48 | 6 | 0.08 | 0.76 | 0.612 | NS |
| Error (B) | 1.89 | 18 | 0.11 | | | |
| Total | 4.84 | 35 | | | | |
| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV | | |
| Consistencia PSI | 36 | 0.61 | 0.24 | 9.48 | | |

(p<0.01 **Altamente significativa, p>0.01 y <0.05 significativa, p>0.05 NS no significante)

La figura 6 muestra los valores de la consistencia para la variable lámina de riego, mostrando que lámina de 370 mm produjo frutos más consistentes que las láminas de 250 y 310 mm, esto debido a la presencia del agua lo cual retraso la madurez de la fruta brindándole una mayor firmeza.

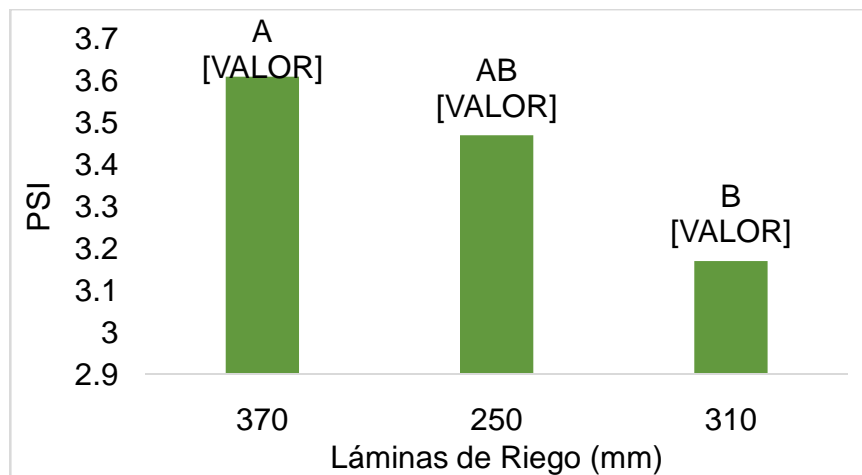


Figura 6. Prueba de Tukey para lámina de riego sobre la consistencia en sandía diploide.

La figura 7 muestra los valores de consistencia expresados en PSI para la variable dosis de polímero, mostrando que la dosis de 12 g/planta presento una mayor presión, es de mencionar que las 4 dosis alcanzaron el mínimo aceptado por el mercado, pero que estadísticamente que la dosis de 12 g/planta haya entregado un mayor dato no permite inferir que las plantas que recibieron dicho tratamiento tienen una mejor calidad de consistencia y por tanto tendrían una mayor vida de anaquel.

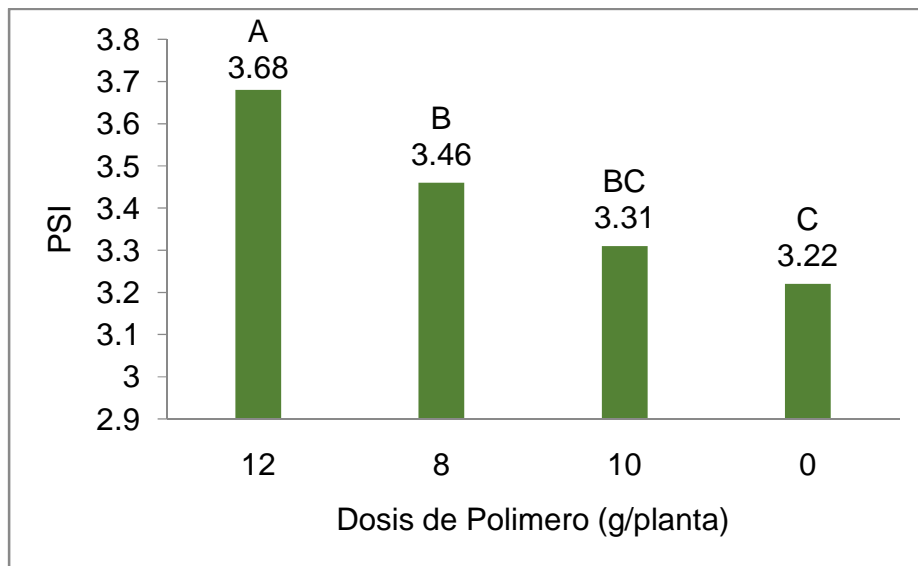


Figura 7. Prueba de Tukey para dosis de polímero sobre la consistencia en sandía diploide.

7.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se realizó utilizando la metodología costo beneficio, según Arroyave (2015) el análisis costo beneficio es un conjunto de procedimientos analíticos que permiten evaluar y ofrecer alternativas diferentes para tomar la mejor decisión para tratar un problema; toma de decisiones sobre cual insumo utilizar que produzca el mejor resultado en el menor tiempo y al mejor costo posible.

Según Ucañán (2015) el criterio para determinar si un proyecto es rentable o no son los siguientes: si la relación beneficio costo (B/C) es mayor a 1 indica que los beneficios superan los costos, si la relación B/C es igual a 1 no hay ganancias pues los beneficios son iguales a los costes, si la relación B/C es menor a 1 significa que los costos son mayores que los beneficios y por tanto el proyecto no es rentable.

En primer lugar, se calculó el costo fijo para producir una hectárea de sandía diploide tomando en cuenta los costos del emplastado del suelo, agroquímicos, fertilizantes y mano de obra.

Cuadro 7 Costos de producción fijos en quetzales para una hectárea de sandía Mickey Lee®.

| CONCEPTO | UM | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|----------------------------------|------------|----------|----------------|-------------------|
| Plástico | Rollo | 3 | Q800.00 | Q2,400.00 |
| Emplasticado | Hectárea | 1 | Q1,000.00 | Q1,000.00 |
| Mano de Obra | Jornales | 55 | Q90.00 | Q4,950.00 |
| Manguera | Rollo | 10 | Q600.00 | Q6,000.00 |
| Pilón | Unidad | 11112 | Q0.75 | Q8,334.00 |
| Fertilizantes: | | | | |
| Úrea | Quintal | 3 | Q158.00 | Q474.00 |
| MAP | Quintal | 2 | Q275.00 | Q550.00 |
| Nitrato de Calcio | Saco 25 kg | 7 | Q120.00 | Q840.00 |
| Sulfato de Magnesio | Saco 25 kg | 5 | Q100.00 | Q500.00 |
| Cloruro de Potasio | Quintal | 3 | Q210.00 | Q630.00 |
| Boro Quelatado | Litro | 3 | Q98.00 | Q294.00 |
| Zinc Quelatado | Litro | 6 | Q58.00 | Q348.00 |
| Ácidos Húmicos | Kilogramo | 6 | Q135.00 | Q810.00 |
| Productos Fitosanitarios: | | | | |
| Prevalor | Litro | 3 | Q800.00 | Q2,400.00 |
| Rescate | Kilogramo | 1.2 | Q1,000.00 | Q1,200.00 |
| Acrobat | Kilogramo | 3 | Q380.00 | Q1,140.00 |
| Evisect | Kilogramo | 0.5 | Q320.00 | Q160.00 |
| Kilate | Litro | 1.2 | Q350.00 | Q420.00 |
| Takumi | Kilogramo | 0.15 | Q1,100.00 | Q165.00 |
| Coragen | Litro | 0.15 | Q3,800.00 | Q570.00 |
| Foraxil | Litro | 0.9 | Q350.00 | Q315.00 |
| Flonex | Litro | 2 | Q60.00 | Q120.00 |
| Gasolina Regular | Galón | 40 | Q32.00 | Q1,280.00 |
| Lubricantes | Litro | 4 | Q25.00 | Q100.00 |
| TOTAL | | | | Q35,000.00 |

Posteriormente se calcularon los gastos variables para cada uno de los tratamientos, es decir, el costo por hora de riego, costo de la aplicación del polímero y costo de la mano de obra de riego.

Cuadro 8 Costos de producción variables en quetzales para una hectárea de sandía Mickey Lee®.

| Riego por goteo motor eléctrico 6 HP 4.41 Kwh | UM | Cantidad | Costo Unitario | Costo Total |
|--|-----------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Lámina 250 mm | Hora | 71 | Q9.00 | Q639.00 |
| Lámina 310 mm | Hora | 89 | Q9.00 | Q801.00 |
| Lámina 370 mm | Hora | 106 | Q9.00 | Q954.00 |
| Mano de Obra Riego | | | | |
| Lámina 250 mm | Hora | 71 | Q12.00 | Q852.00 |
| Lámina 310 mm | Hora | 89 | Q12.00 | Q1,068.00 |
| Lámina 370 mm | Hora | 106 | Q12.00 | Q1,272.00 |
| Costo Polímero | | | | |
| Polímero | Kilogramo | 1 | Q100.00 | Q100.00 |
| Dosis 8 g/planta | Kilogramo | 89 | Q100.00 | Q8,900.00 |
| Dosis 10g/planta | Kilogramo | 111 | Q100.00 | Q11,100.00 |
| Dosis 12g/planta | Kilogramo | 133 | Q100.00 | Q13,300.00 |

Según Avalos(2017) el precio de la sandía Mickey Lee® es bastante variable dependiendo de la disponibilidad y la época, pero en promedio el costo por un metro cúbico es de Q 1200.00, produciendo una hectárea en promedio 56 metro cúbicos, cada metro cubico equivale a 905 kg, lo que equivale a una producción promedio de 50,680 kg/ha.

Cuadro 9 Ingreso en quetzales por tratamiento en la evaluación del efecto de dosis de polímero y láminas de riego en sandía diploide.

| Tratamiento | Descripción | kg/ha | qq/ha | m3/ha | Precio/m3 | Ingreso |
|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|----------------|
| 1 | 0g+250mm | 49840.8 | 1101.5 | 55.1 | 1200 | Q66,088.86 |
| 2 | 8g+250mm | 42735.0 | 944.4 | 47.2 | 1200 | Q56,666.61 |
| 3 | 10g+250mm | 34439.4 | 761.1 | 38.1 | 1200 | Q45,666.64 |
| 4 | 12g+250mm | 67689.6 | 1495.9 | 74.8 | 1200 | Q89,756.37 |
| 5 | 0g+310mm | 43874.6 | 969.6 | 48.5 | 1200 | Q58,177.72 |
| 6 | 8g+310mm | 38578.8 | 852.6 | 42.6 | 1200 | Q51,155.49 |
| 7 | 10g+310mm | 52957.9 | 1170.4 | 58.5 | 1200 | Q70,222.14 |
| 8 | 12g+310mm | 76939.8 | 1700.4 | 85.0 | 1200 | Q102,022.14 |
| 9 | 0g+370mm | 26344.9 | 582.2 | 29.1 | 1200 | Q34,933.30 |
| 10 | 8g+370mm | 22859.1 | 505.2 | 25.3 | 1200 | Q30,311.13 |
| 11 | 10g+370mm | 70001.6 | 1547.0 | 77.4 | 1200 | Q92,822.12 |
| 12 | 12g+370mm | 77484.4 | 1712.4 | 85.6 | 1200 | Q102,744.35 |

Por último, se procedió a la aplicación de la metodología costo beneficio tomando en cuenta todos los costos y los ingresos totales por tratamiento.

Cuadro 10 Análisis beneficio / costo en la evaluación del efecto de dosis de polímero y láminas de riego en sandía diploide.

| Trat. | Descripción | Costo Fijo | MO | Riego | Polímero | Total | Ingresos | Ganancias | B/C |
|-------|-------------|------------|----------|--------|-----------|-----------|------------|------------|-------|
| 1 | 0g+250mm | Q35,000.0 | Q852.0 | Q639.0 | Q0.0 | Q36,491.0 | Q66,088.9 | Q29,597.9 | 0.81 |
| 2 | 8g+250mm | Q35,000.0 | Q852.0 | Q639.0 | Q8,900.0 | Q45,391.0 | Q56,666.6 | Q11,275.6 | 0.25 |
| 3 | 10g+250mm | Q35,000.0 | Q852.0 | Q639.0 | Q11,100.0 | Q47,591.0 | Q45,666.6 | -Q1,924.4 | -0.04 |
| 4 | 12g+250mm | Q35,000.0 | Q852.0 | Q639.0 | Q13,300.0 | Q49,791.0 | Q89,756.4 | Q39,965.4 | 0.80 |
| 5 | 0g+310mm | Q35,000.0 | Q1,068.0 | Q801.0 | Q0.0 | Q36,869.0 | Q58,177.7 | Q21,308.7 | 0.58 |
| 6 | 8g+310mm | Q35,000.0 | Q1,068.0 | Q801.0 | Q8,900.0 | Q45,769.0 | Q51,155.5 | Q5,386.5 | 0.12 |
| 7 | 10g+310mm | Q35,000.0 | Q1,068.0 | Q801.0 | Q11,100.0 | Q47,969.0 | Q70,222.1 | Q22,253.1 | 0.46 |
| 8 | 12g+310mm | Q35,000.0 | Q1,068.0 | Q801.0 | Q13,300.0 | Q50,169.0 | Q102,022.1 | Q51,853.1 | 1.03 |
| 9 | 0g+370mm | Q35,000.0 | Q1,272.0 | Q954.0 | Q0.0 | Q37,226.0 | Q34,933.3 | -Q2,292.7 | -0.06 |
| 10 | 8g+370mm | Q35,000.0 | Q1,272.0 | Q954.0 | Q8,900.0 | Q46,126.0 | Q30,311.1 | -Q15,814.9 | -0.34 |
| 11 | 10g+370mm | Q35,000.0 | Q1,272.0 | Q954.0 | Q11,100.0 | Q48,326.0 | Q92,822.1 | Q44,496.1 | 0.92 |
| 12 | 12g+370mm | Q35,000.0 | Q1,272.0 | Q954.0 | Q13,300.0 | Q50,526.0 | Q102,744.4 | Q52,218.4 | 1.03 |

En el cuadro 10 puede observarse que los tratamientos 8 (12 g de polímero más 310 mm de lámina) y 12 (12 g de polímero más 370 mm de lámina de riego) presentaron las mejores rentabilidades con una margen de 1.03, seguidamente por el tratamiento 11 (10 g de polímero más 370 mm de lámina), los tratamientos 3, 9 y 10 presentaron cantidades negativas lo cual significa que los costos superaron a los beneficios, por lo tanto, son lo menos rentables.

8. CONCLUSIONES

El efecto de la interacción entre láminas de riego y dosis de polímero presentó diferencias altamente significativas principalmente en los tratamientos que consistieron en 12 g/planta más 370 mm de lámina (77484.4 kg/ha) y 12 g/planta más 310 mm de lámina de riego (76939.77 kg/ha), en el caso del polímero la dosis de 12 g/planta presentó diferencias altamente significativas con un rendimiento promedio de 74037.92 kg/ha superando a la dosis de 10 g/planta por 21576 kg/ha, las láminas de riego por su parte no presentaron diferencia significativa, por tanto, se puede concluir que la dosis de polímero influye directamente en el rendimiento final del cultivo.

El peso de fruto presentó diferencias altamente significativas entre las interacciones de lámina de riego y dosis de polímero siendo la dosis de 12 g/planta más 370 mm la que mayor peso por fruto obtuvo con 4.26 kg, las dosis de polímero presentaron diferencias altamente significativas siendo la dosis de 12 g/planta la que mayor peso de fruto obtuvo con 3.19 kg seguida por la dosis de 10 g/planta con 2.49 kg, también se presentó diferencia significativa en láminas de riego siendo las láminas de 370 y 310 mm las que mejor promedio de peso presentaron con 2.85 y 2.46 kg respectivamente.

En la calidad de la fruta se presentaron diversas diferencias por ejemplo en concentración de azúcares la menor lámina de riego (250 mm) con dosis cero de polímero fue la que presentó una mejor cantidad de azúcares con 12 grados brix de promedio, en consistencia no existieron diferencias significativas salvo entre las láminas donde 370 mm presentó la mejor consistencia (3.61 PSI), y entre las dosis donde la dosis de 12 g/planta presentó la mejor consistencia.

Analizando el estudio económico se concluyó que los tratamientos de 12 g/planta más 310 mm y 12 g/planta más 370 mm de agua presentaron los mejores indicadores de rentabilidad con 1.03.

9. RECOMENDACIONES

Utilizar una dosis de 12 g/planta combinada con una lámina de riego de 310 mm para obtener calidad de fruto, mayor peso por fruto y consecuentemente mayor rendimiento.

Es recomendable investigar el efecto de láminas inferiores a 310 mm con el uso de polímero a distintas dosis a fin de no afectar la concentración de azúcares y obtener tamaños de frutos rentables, o bien utilizando el polímero desde la fase de invernadero agregándolo al sustrato.

Evaluar diferentes intervalos de riego con diferentes dosis de polímero.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A. (2014). Uso y beneficios del polímero acrilato de potasio. Comunicación personal. Guatemala. Gerente REFOR.
- Arroyave, G. Costo Beneficio. México. (2015). Consultado el 18 de septiembre de 2017. Disponible en: www.facmed.unam.mx.
- Avalos, C. (2017). Costos de Producción del cultivo de sandía diploide. Comunicación personal. San José, Teculután. Productor independiente.
- Cabildo, M., Claramunt, R., Cornago, M., Escolástico, C., Esteban, S., Farrán, M., García, M., López, C., Pérez, J. Pérez, M., Gutiérrez, M. y Sanz, D. (2010) Reciclado y Tratamiento de Residuos. Madrid: UNED.
- Calderón, L. (1994). Manejo integrado de mosca blanca en el valle del Motagua. Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Guatemala.
- Cano, J. (2004). Evaluación de sustratos y su efecto en el desarrollo de plantas de sandía (*Citrulluslannatus L.*) bajo invernadero para la producción de semilla, en Salamá, Baja Verapaz. Tesis de Grado. Universidad San Carlos De Guatemala. Disponible en: www.biblioteca.usac.edu.gt.
- Estrada, A., (2006). Los Polímeros. Ponencia presentada en el II Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia. León, Guanajuato. Disponible en: https://www.smf.mx/boletin/2005/Jul-05/Resena_de_actividades.html
- Google Earth. (2017). En Línea. Consultado el 30 de septiembre de 2017. Disponible en www.google.com/intl/es/earth.
- Hüttermann, A. (1999). Adición de hidrogeles al suelo para prolongar la sobrevivencia de *Pinushalapensis* en época crítica de sequía. Disponible en: <https://elibrary.ru/item.asp?id=137664>.
- Instituto Nacional De Sismología, Vulcanología, Meteorología E Hidrología. (2018). Datos históricos de clima. Guatemala. Consultado el 3 de febrero de 2018. Disponible en: www.insivumeh.gob.gt.

- Ochoa, S. (2004). Efecto con diferentes dosis de polímero (acrilato de potasio) en trigo para retención de agua en suelos arcillosos en el Valle del Yaqui. México, 2004.
- Romero, J. (2013). Acilato de potasio. México. Consultado el 12 de septiembre de 2017. Disponible en: www.quimicoglobal.com.mx.
- Rozo, G. et al (2009). Adición de hidrogeles al suelo para germinación y cultivo de *Lactuca sativa* variedad Green forest. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia.
- Salguero, S. (2017). Composición del polímero hidrogel. Comunicación personal. Guatemala. Comercial ibero Agro, S.A.
- Sánchez, R. (2010). Calculo de volúmenes de agua para riego por goteo en el cultivo de sandía en la planicie Huasteca. México. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/315/78.pdf?sequence=1>.
- Ucañán, R. (2015). Cálculo de la relación beneficio coste. Consultado el 18 de septiembre de 2017. Disponible en: www.gestiopolis.com.
- Vásquez, L. (2017). Manejo de sandía diploide. Comunicación personal. Estanduela, Zacapa. Productor independiente.
- Zapeta, C. (2012). Efecto de cinco dosis de un polímero retenedor de humedad y cuatro frecuencias de riego en almacigo de Rambután (*Nephelium lappaceum* L., *Sapindaceae*) en Coatepeque, Quetzaltenango. Tesis de Grado. Universidad Rafael Landívar Guatemala. Disponible en: www.url.edu.gt.

11. ANEXOS

Anexo1. Programa de riego y fertilización utilizado en el cultivo de sandía Mickey Lee®.

| No. Fert. | Edad | Láminas de Riego (mm) | | | | | | Urea Kg/ha | MAP Kg/ha | Sulf. Mg Kg/ha | Nit. Ca Kg/ha | KCl Kg/ha | Zinc L/ha | Boro L/ha | LombriH. L/ha | Nutrivot Kg/ha |
|----------------|-----------|-----------------------|-----------|--------------|------------|--------------|------------|---------------|--------------|----------------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|-------------------|
| | | Horas | Lámina | Horas | Lámina | Horas | Lámina | | | | | | | | | |
| | | 71 | 250 | 89 | 310 | 106 | 370 | | | | | | | | | |
| | 0 | 6.0 | 21.0 | 6.0 | 21.0 | 6.0 | 21.0 | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 4.0 | 14.0 | 4.0 | 14.0 | 4.0 | 14.0 | 25 | 15 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 2 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | | | | | | | | | |
| | 3 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | | | | | | | | | |
| | 4 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | | | | | | | | | |
| 2 | 5 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | 25 | 15 | 15 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| | 6 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | | | | | | | | | |
| | 7 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | 3.0 | 10.5 | | | | | | | | | |
| 3 | 8 | 6.0 | 21.0 | 6.0 | 21.0 | 6.0 | 21.0 | 20 | 15 | 15 | 15 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 12 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 20 | 15 | 15 | 15 | | 1 | | 2 | |
| 5 | 16 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 15 | 15 | 20 | 15 | | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 6 | 20 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 15 | 15 | 20 | 15 | | 1 | 1 | 2 | |
| 7 | 24 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 15 | 15 | 20 | 30 | | 1 | | | 1 |
| 8 | 28 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 15 | 15 | 30 | 30 | | 1 | | 2 | |
| 9 | 32 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 30 | 15 | 30 | 50 | 50 | 1 | | | 1 |
| 10 | 36 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 30 | 15 | 30 | 50 | 50 | | | 2 | |
| 11 | 40 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 30 | | 30 | 60 | 50 | | | | 1 |
| 12 | 44 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 30 | | 30 | 60 | 50 | | | 2 | |
| 13 | 48 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | 30 | | 30 | 60 | 50 | | | | |
| 14 | 52 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | | | | | | | | | |
| | 56 | 3.0 | 10.5 | 4.5 | 15.8 | 6.0 | 21.0 | | | | | | | | | |
| | 60 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | | | | | | | | | |
| Totales | 70 | 245.0 | 88 | 308.0 | 106 | 371.0 | 300 | 150 | 300 | 400 | 250 | 8 | 2 | 13 | 6 | |



Anexo 2. Distribución de los tratamientos dentro del área experimental.



Anexo 3. Aplicación del polímero a los agujeros previo al trasplante.



Anexo 4. Muestreo de frutos para obtención de datos de calidad.



Anexo 5. Muestreo de peso de fruto.



Anexo 6. Muestreo de concentración de azúcares utilizando el refractómetro.



Anexo 7. Fruta previa a muestreo de consistencia.

Anexo 8. Datos originales obtenidos en campo.

| Lámina (mm) | Bloque | Dosis | °Brix | PSI | Peso/Fruto (kg) | Rendimiento kg/ha |
|-------------|--------|-------|-------|------|-----------------|-------------------|
| 250 | 1 | 0 | 13.80 | 3.13 | 1.45 | 53092.0 |
| 250 | 1 | 8 | 10.20 | 3.53 | 1.72 | 45852.1 |
| 250 | 1 | 10 | 11.00 | 3.20 | 1.81 | 38210.1 |
| 250 | 1 | 12 | 9.20 | 3.77 | 2.26 | 75414.7 |
| 310 | 1 | 0 | 9.00 | 3.50 | 1.58 | 38712.9 |
| 310 | 1 | 8 | 11.00 | 3.17 | 1.90 | 33785.8 |
| 310 | 1 | 10 | 10.00 | 3.10 | 2.81 | 56108.5 |
| 310 | 1 | 12 | 9.20 | 3.40 | 3.17 | 80945.1 |
| 370 | 1 | 0 | 12.50 | 3.20 | 1.76 | 19607.8 |
| 370 | 1 | 8 | 8.00 | 3.73 | 1.72 | 21015.6 |
| 370 | 1 | 10 | 9.00 | 3.40 | 3.35 | 74409.2 |
| 370 | 1 | 12 | 11.00 | 3.87 | 3.85 | 74786.3 |
| 250 | 2 | 0 | 11.00 | 3.67 | 1.58 | 52790.3 |
| 250 | 2 | 8 | 12.00 | 3.57 | 1.54 | 35897.4 |
| 250 | 2 | 10 | 10.80 | 3.53 | 1.58 | 31674.2 |
| 250 | 2 | 12 | 9.40 | 3.30 | 1.81 | 58320.7 |
| 310 | 2 | 0 | 9.00 | 2.63 | 1.90 | 44343.8 |
| 310 | 2 | 8 | 8.00 | 3.73 | 2.35 | 39215.6 |
| 310 | 2 | 10 | 10.00 | 2.70 | 2.81 | 52991.4 |
| 310 | 2 | 12 | 8.50 | 3.50 | 3.48 | 81297.1 |
| 370 | 2 | 0 | 9.60 | 3.30 | 2.44 | 29864.2 |
| 370 | 2 | 8 | 7.00 | 3.83 | 1.95 | 21618.9 |
| 370 | 2 | 10 | 8.50 | 3.67 | 2.17 | 45852.1 |
| 370 | 2 | 12 | 11.20 | 3.97 | 4.03 | 62644.5 |
| 250 | 3 | 0 | 11.20 | 3.67 | 1.27 | 43640.0 |
| 250 | 3 | 8 | 11.20 | 3.27 | 1.90 | 46455.5 |
| 250 | 3 | 10 | 12.00 | 3.13 | 1.58 | 33433.9 |
| 250 | 3 | 12 | 10.50 | 3.87 | 2.40 | 69333.3 |
| 310 | 3 | 0 | 8.00 | 2.60 | 1.90 | 48567.1 |
| 310 | 3 | 8 | 10.00 | 3.13 | 2.26 | 42735.0 |
| 310 | 3 | 10 | 10.00 | 3.47 | 2.49 | 49773.7 |
| 310 | 3 | 12 | 12.20 | 3.13 | 2.81 | 68577.1 |
| 370 | 3 | 0 | 11.00 | 3.27 | 2.22 | 29562.6 |
| 370 | 3 | 8 | 11.00 | 3.17 | 1.95 | 25942.7 |
| 370 | 3 | 10 | 8.00 | 3.57 | 3.85 | 89743.5 |
| 370 | 3 | 12 | 11.00 | 4.33 | 4.89 | 95022.5 |