

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN
AGRICULTURA SOSTENIBLE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EFECTO DE SIETE PRODUCTOS GENERADORES DE ETILENO EN LA
ACELERACIÓN DE LA BROTAÇÃO DEL TUBÉRCULO – SEMILLA DE PAPA
(*Solanum tuberosum* L.), DE LA VARIEDAD LOMAN, EN DOS LOCALIDADES DEL
OCCIDENTE DE GUATEMALA.**



NARCY DENISSE PÉREZ VELÁSQUEZ

ASESORES:

ING. AGR. OSMAN CIFUENTES

ING. AGR. NEHEMIAS RIVERA.

“Id y enseñad a todos”

SAN MARCOS, ENERO DE 2,019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS



MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

Licda. Eugenia Elizabet Makepeace Alfaro

DIRECTORA

Lic Byron Lionel Orozco García

REPRESENTANTE DOCENTE

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

REPRESENTANTE DOCENTE

Lic Mario Roberto Chang Bravo

REPRESENTANTE GRADUADOS

MEPU. Bilma Irene Ruiz Galicia

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

Br. Nestor Franchescou Angel Roblero

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA

Lic. Edwin Rene del Valle López

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Jorge Robelio Juárez González

**COORDINADOR CARRERA DE
TÉCNICO EN PRODUCCIÓN
AGRÍCOLA E INGENIERO
AGRONOMO CON ORIENTACIÓN
EN AGRICULTURA SOSTENIBLE**

Lic. Francisco Leonardo Hernández Castillo

**COORDINADOR CARRERA DE
PEDAGOGÍA Y CIENCIAS DE LA
EDUCACIÓN**

Licda. Olga Amparo Urrutia Bartolón

**COORDINADORA DE LA
CARRERA DE TRABAJO SOCIAL
TÉCNICO Y LICENCIATURA**

Lic. Roberto Enrique Orozco Sánchez

**COORDINADORA DE LA
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN
DE EMPRESAS TÉCNICO Y
LICENCIATURA**

Licda. María Daniela Paíz Godínez

**COORDINADORA DE LA
CARRERA DE ABOGADO Y
NOTARIO Y LICENCIATURA EN
CIENCIAS JURÍDICAS Y
SOCIALES**

Dr. Jorge Gutiérrez

**COORDINADOR DE LA CARRERA
DE MEDICINA**

Lic. Juan Carlos López Navarro

**COORDINADOR DE LA
EXTENSIÓN DE SAN MARCOS**

Ing. Edgar Rolando De León Cáceres	COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN DE MALACATAN
Lic. Víctor Hugo Orozco Godínez	COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN DE TEJUTLA
Lic. Lisandro Dagoberto de León Gómez	COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN DE TACANÁ
Lic. Byron Lionel Orozco García	COORDINADOR DEL ÁREA DE EXTENSIÓN
Ing. Rubén Francisco Ruiz Mazariegos	COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel	COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Lic. Carlos Edelmar Velásquez González	COORDINADOR CARRERA CONTADURÍA PÚBLICA Y AUDITORIA
Licda. Patricia Liseth Castillo Sandoval	COORDINADORA EXTENSIÓN IXCHIGÜAN
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	COORDINADOR CARRERA PROFESORADO BILINGÜE INTERCULTURAL
Lic. Hugo Rafael López Mazariegos	COORDINADOR CARRERA SOCIOLOGÍA, CIENCIAS POLITICAS Y RELACIONES INTERNACIONALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS



**MIEMBROS DEL COMITÉ DE GRADUACIÓN DE LA CARRERA DE
INGNIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACION EN AGRICULTURA
SOSTENIBLE**

Ing. Agr. Rodolfo Carredano

PRESIDENTE

Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón

SECRETARIO

Ing. Agr. Nehemías Rivera

VOCAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS



TRIBUNAL EXAMINADOR

Licda. Eugenia Elizabet Makepeace Alfaro

DIRECTORA

Lic. Edwin Rene Del Valle López

COORDINADOR ACADEMICO

Ing.Agr. Jorge Robelio Juárez González

**COORDINADOR DE LA
CARRERA DE AGRONOMÍA**

Ing. Agr. Osman Cifuentes

ASESOR PRINCIPAL

Ing. Agr. Nehemías Rivera

ASESOR ADJUNTO

San Marcos, Enero de 2019.

Señores:
Coordinación Comisión de Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS.
Centro Universitario de San Marcos
Edificio.

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de trabajo de graduación titulado: **“Efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (*solanum tuberosum* L.), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.”** De la estudiante: **Narcy Denisse Pérez Velásquez**, carnet número: **201042899**.

Habiendo revisado el trabajo mencionado, el cual considero satisfactorio, llenando los requisitos académicos para ser aprobado como trabajo de graduación de grado, por lo que recomiendo su publicación.

Deferentemente.

Ing. Agr. Osman Cifuentes
Colegiado Activo: 1.504
Asesor Principal

“Id, y enseñad a todos”

San Marcos, Enero de 2019.

Señores:
Coordinación Comisión de Trabajo de Graduación
Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS.
Centro Universitario de San Marcos
Edificio.

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarles que he asesorado y revisado el informe final de trabajo de graduación titulado: **“Efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (*solanum tuberosum* L.), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.”** De la estudiante: **Narcy Denisse Pérez Velásquez**, carnet número: **201042899**.

Habiendo revisado el trabajo mencionado, el cual considero satisfactorio, llenando los requisitos académicos para ser aprobado como trabajo de graduación de grado, por lo que recomiendo su publicación.

Deferentemente.

Ing. Agr. Nehemías Rivera
Colegiado Activo: 1084
Asesor Adjunto

“Id, y enseñad a todos”

ACTO QUE DEDICO

A Jehová: Padre amoroso, Rey celestial de vida y luz, Creador de todas las cosas... perfecta es su actividad, porque todos sus caminos son justicia, Dios de fidelidad, con quien no hay injusticia y que dentro del marco de sus normas perfectas, ha dado todo a fin de brindar los mejores cuidados a sus hijos terrestres y en su inmenso amor con gran anhelo nos invita a acercarnos a él para disfrutar de su gran misericordia y bondad.

A Jesucristo: Quien nos ayuda a conocer a Jehová por medio de sus enseñanzas, siendo un ejemplo magnifico de amor y obediencia, mostrando fidelidad y completa humildad al entregar voluntariamente su alma a favor de la humanidad.

A mis padres: Maximiliano Pérez Morales y Martha Velásquez Vicente, gemas preciosas quienes con amor y empeño me han instruido en el camino de la vida, pilares que a diario me sostienen y brindan su apoyo para seguir adelante a pesar de mis imperfecciones, su ejemplo de vida me permite evidenciar que todos los sueños son alcanzables.

A mi hermano y hermanas: Belvin, Kenly, Yendy, Brendy, Glenda y Vivian; Por compartir momentos maravillosos y divertidos, por brindarme su amor y ser incondicionales en todo; su apoyo ha sido grato y su amor es uno de los regalos más hermosos de mi vida.

A mis abuelos y abuelas: Macario Pérez y Petronila Morales; Cecilio Velásquez y Juana Vicente; Dignos de mención, su ejemplo de vida es de los más gratos y bellos recuerdos, su abnegación y amor siguen vivos en mis padres. Una plegaria a su memoria.

A mis amigos y amigas: Por brindarme su apoyo incondicional, por compartir momentos divertidos y ser parte del proceso de enseñanza-aprendizaje en mi vida. Por convencerme de que siempre hay una puerta lista para ser abierta.

AGRADECIMIENTO

A Jehová: Por brindarme el regalo maravilloso de la vida, por su tierno cariño y bondad amorosa, por perdonar nuestras faltas, por el sacrificio de amor al entregar la vida de su hijo Jesucristo a favor de la humanidad. Por ser mí amigo, mi padre y mi Dios.

A Jesucristo: Por ser el hombre más grande de todos los tiempos, por demostrar su inmenso amor a la humanidad, sacrificando su vida a favor de todos.

A mis padres: Maximiliano Pérez Morales y Martha Velásquez Vicente, por su labor y empeño, por educarme con amor bajo los principios de la nobleza y la humildad, por ayudarme a trazar el camino para alcanzar el éxito, por demostrarme con acciones más que con palabras que todo en la vida es alcanzable y que siempre se puede dar un paso adelante.

A mi hermano y hermanas: Belvin, Kenlly, Yendy, Brendy, Glenda y Vivian; por ser parte de mi vida, por los consejos, por estar dispuestos a ayudarme en todo, de forma divertida hemos descubierto que la vida es hermosa y cuando las cosas no marchan bien siempre hemos encontrado una nueva oportunidad para seguir creciendo. Gracias por su amor y confianza.

A mis abuelos y abuelas: Macario Pérez y Petronila Morales; Cecilio Velásquez y Juana Vicente: Por haber hecho de mis padres grandes personas, por el amor y las enseñanzas transmitidas.

A mis amigos y personas especiales: Por el afecto, por estar dispuestos a ayudarme, y con sus palabras de ánimo me han impulsado a seguir adelante. Por haber llegado a mi vida, por lo vivido, por lo aprendido, para los que están y los que se fueron. Gracias.

A mis asesores: Ing. Agr. Osman Cifuentes e Ing. Agr. Nehemías Rivera, Por su orientación y apoyo en el proceso de investigación.

A docentes y compañeros de la carrera de Agronomía: Por las experiencias compartidas en el proceso académico, por su amistad y respeto.

A las instituciones: USAC-CUSAM, CRIA e ICTA –CIAL-: Por la formación brindada y el apoyo en pro de la construcción del conocimiento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
TITULO.....	iv
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.4 HIPÓTESIS.....	5
II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	6
2.1.1 Rylski, I. Rappaport, W. Y Pratt Hk (1973).....	6
2.1.2 Dezzgo, D. (1990).....	7
2.1.3 Zúñiga Moreno (2014).....	7
2.1.4 Rol del etileno en la maduración de los frutos (2014).....	8
2.1.5 López, 2014.....	9
2.2 CATEGORIAS FUNDAMENTALES.....	10
2.2.1 Fitohormonas.....	10
2.2.2 Origen del cultivo de la papa, (<i>Solanum sp</i>).....	12
2.2.3 Clasificación taxonómica de la papa.....	13
2.2.4 Situación actual del cultivo de papa en Guatemala.....	13
2.2.5 Características de la variedad Loman.....	13
2.2.6 Fisiología del tubérculo-Semilla de Papa.....	13
2.2.7 Frutos climatéricos.....	16
2.2.8 Ethrel:.....	17
2.2.9 Sistemas de almacenamiento de papa.....	17
III.....	18
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	18
3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
3.1.1 Enfoque.....	18

3.1.2	Modalidad	18
3.1.3	Tipo de investigación	18
3.2	UBICACIÓN DEL ENSAYO	18
3.2.1	Municipio de Olintepeque, Quetzaltenango	18
3.2.2	Aldea Santa Lucia Ixcamal, San Marcos, San Marcos	19
3.3	FACTOR EN ESTUDIO	19
3.3.1	Dosis de productos generadores de etileno	19
3.3.2	Tiempo de inmersión	20
3.3.3	Testigo	20
3.4	DISEÑO EXPERIMENTAL	20
3.4.1	Modelo matemático del diseño experimental	20
3.5	TRATAMIENTOS	20
3.6	CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO	21
3.6.1	Esquema de la disposición del ensayo	21
3.7	VARIABLES DE LA INVESTIGACION	21
3.7.1	Independientes	21
3.7.2	Dependientes	21
3.8	VARIABLES DE RESPUESTA	22
3.8.1	Días al inicio de la brotación	22
3.8.2	Porcentaje de la brotación	22
3.8.3	Número de brotes por tubérculo	22
3.8.4	Longitud del brote	22
3.9	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	22
3.9.1	Análisis estadístico	22
3.9.2	Infostat:	22
3.9.3	Análisis económico	22
3.10	MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.10.1	Adquisición de tubérculos:	23
3.10.2	Manejo agronómico del cultivo de papa	23
3.10.3	Implementación de la investigación	23
3.10.4	Tamaño de la unidad experimental	23
3.10.5	Selección de material vegetal para unidad experimental	24
3.10.6	Aplicación de los productos generadores de etileno	24
3.10.7	Establecimiento de los tratamientos y repeticiones	24

IV. RESULTADOS	25
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO	40
4.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS EN LA INVESTIGACION “EFECTO DE SIETE PRODUCTOS GENERADORES DE ETILENO EN LA ACELERACIÓN DE LA BROTAÇÃO DEL TUBÉRCULO – SEMILLA DE PAPA (<i>Solanum tuberosum L.</i>), DE LA VARIEDAD LOMAN, EN LA LOCALIDAD DE OLINTEPEQUE QUETZALTENANGO”	42
4.4 SÍNTESIS DE RESULTADOS EN LA INVESTIGACION “EFECTO DE SIETE PRODUCTOS GENERADORES DE ETILENO EN LA ACELERACIÓN DE LA BROTAÇÃO DEL TUBÉRCULO – SEMILLA DE PAPA (<i>Solanum tuberosum L.</i>), DE LA VARIEDAD LOMAN, EN LA LOCALIDAD DE IXCAMAL SAN MARCOS”	44
4.5 CONCLUSIONES	46
4.6 RECOMENDACIONES	47
4.7 BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos.....	20
----------------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza para días al inicio de la brotación en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.	25
Cuadro 2. Análisis de discriminación de medias por el método DGC de días al inicio de la brotación en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa, en dos localidades del occidente de Guatemala.	26
Cuadro 3. Análisis de varianza y discriminación de medias para longitud de brotes al primer, segundo y tercer mes en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (<i>solanum tuberosum l.</i>), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.	27
Cuadro 4. Análisis de varianza y discriminación de medias para diámetro de brotes al, primer, segundo y tercer mes en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (<i>solanum tuberosum l.</i>), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.	32
Cuadro 5. Análisis de varianza y discriminación de medias para número de brotes al primero, segundo y tercer mes en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (<i>solanum tuberosum l.</i>), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.	35
Cuadro 6. Presupuesto parcial.....	40
Cuadro 7. Análisis de dominancia.....	41
Cuadro 8. Tasa de retorno marginal.....	42

TITULO

**EFECTO DE SIETE PRODUCTOS GENERADORES DE ETILENO EN LA
ACELERACIÓN DE LA BROTACIÓN DEL TUBÉRCULO – SEMILLA DE PAPA
(*Solanum tuberosum L.*), DE LA VARIEDAD LOMAN, EN DOS LOCALIDADES DEL
OCCIDENTE DE GUATEMALA**

RESUMEN

La oferta de semilla de papa por parte de las organizaciones productoras de semilla es estacional, no es constante ni permanente a lo largo del año, ya que no se encuentra semilla de buena calidad para los distintos ciclos de producción de la papa en Guatemala. Se realizó el presente estudio en donde se evaluó el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*), de la variedad loman.

Los productos generadores de etilenos evaluados fueron: Manzana (*Malus communis*), Banano (*Musa paradisiaca*), Aguacate (*Persea americana*), Melocotón (*Prunus pérsica*), Pera (*Pyrus communis*), Tomate (*Solanum lycopersicum*), un producto químico (ethephon) y el testigo. En una bolsa hermética se colocaron cada muestra, conteniendo 2.27 kg de tubérculos y 0.45 kg del tratamiento de los frutos climatéricos, en el producto químico los tubérculos fueron sumergidos en una solución ethephon a una solución 500ml/l, colocando las bolsas herméticas en bodega de almacenamiento con luz difusa posteriormente dejándolas por 15 días con el objeto que dichos productos genera su propio gas etileno, posteriormente se extraen los tubérculos de las bolsas colocándolos en cajas germinadoras de semilla, iniciando la toma de datos al momento del comienzo de la emergencia de brotes.

El objetivo general de la investigación fue: Acelerar el periodo de brotación del tubérculo-semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*), variedad loman utilizando productos generadores de etileno, identificando cuál de los productos generadores de etileno aceleró la brotación del tubérculo- semilla de papa, determinando que producto generador de etileno proporcionó mayor cantidad de brotes en el tubérculo- semilla, estableciendo el producto que presentó el mayor beneficio económico.

Las variables estudiadas fueron: Productos generadores de etileno, variedad y las variables de respuesta evaluadas son: Días a brotación (cuando el 50% tenga un brote de 2 mm) Resut (1986), porcentaje de la brotación, número de brotes (1°,2°,3° meses brotes mayores de 2 mm), longitud y diámetro de brotes (a 1°,2°,3° meses).

Los resultados mostraron que los productos generadores de etileno que aceleran la brotación del tubérculo- semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*), de la variedad loman, en las localidades del Municipio de Olintepeque, Quetzaltenango son: TR2 Ethephon 500 ml/100L a los 7 días y T6 0.45 kg de tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$ a los 14 días y en Aldea Santa Lucia Ixcamal San Marcos: TR2 Ethephon 500 ml/100L a los 12 días, T6 0.45 kg de tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$ 14 días y T5 0.45 kg de pera 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$ a los 17 días obteniendo iguales resultados.

Para la calidad medida a través de los parámetros longitud y diámetro los mejores productos en la localidad del Municipio de Olintepeque Quetzaltenango fueron: TR2 Ethephon 500 ml/100L y T6 0.45 kg de tomate, en la localidad Aldea Santa Lucia Ixcamal San Marcos: TR2 Ethephon 500 ml/100L y T6 0.45 kg tomate.

**EFFECT OF SEVEN PRODUCTS GENERATING ETHYLENE IN THE
ACCELERATION OF THE SPREADING OF THE TUBERCULAR - SEED OF
POTATO (*Solanum tuberosum* L.), OF THE VARIETY LOMAN, IN TWO
LOCALITIES OF THE WEST OF GUATEMALA**

SUMMARY

The supply of potato seed by the seed producer organizations is seasonal, not constant or permanent throughout the year, since good quality seed is not found for the distinct production cycles of the potato in Guatemala. The present study was carried out in which the effect of seven ethylene - generating products on the acceleration of tuber sprouting - potato seed (*Solanum tuberosum* L.), of the loman variety, was evaluated.

The ethylene-generating products evaluated were: Apple (*Malus communis*), Banana (*Musa paradisiaca*), Avocado (*Persea americana*), Peach (*Prunus persica*), Pear (*Pyrus communis*), Tomato (*Solanum lycopersicum*), a chemical product (ethephon) and the witness. In a hermetic bag each sample was placed, containing 2.27 kg of tubers and 0.45 kg of the treatment of the climacteric fruits, in the chemical the tubers were immersed in an ethephon solution to a 500ml / 1 solution, placing the hermetic bags in the cellar of storage with diffuse light after leaving them for 15 days with the purpose that said products generate their own ethylene gas, then the tubers are removed from the bags by placing them in germinating boxes of seed, initiating the data collection at the moment of the beginning of emergence of outbreaks .

The general objective of the research was to: Accelerate the budding period of the potato seed tuber (*Solanum tuberosum* L.), variety loman using ethylene generators, identifying which of the ethylene generators accelerated the sprouting of the tuber-seed potato, determining which ethylene-generating product provided the greatest number of shoots in the tuber-seed, establishing the product that presented the greatest economic benefit.

The variables studied were: Products generating ethylene, variety and the evaluated response variables are: Days to sprout (when 50% have a 2 mm outbreak) Resust (1986), sprout percentage, number of outbreaks (1st, 2nd, 3rd month shoots larger than 2 mm), length and diameter of shoots (at 1, 2, 3 months).

The results showed that the ethylene generators that accelerate the sprouting of potato seed tuber (*Solanum tuberosum* L.), of the variety loman, in the towns of the Municipality of Olinstepeque, Quetzaltenango are: TR2 Ethephon 500 ml / 100L at 7 days and T6 0.45 kg of tomato 10.0-100.0 $\mu\text{L de C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$, at 14 days and in Santa Lucia Village Ixcamal San Marcos: TR2 Ethephon 500 ml / 100L at 12 days, T6 0.45 kg of tomato 10.0-100.0 $\mu\text{L de C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$ 14 days and T5 0.45 kg of pear 10.0-100.0 $\mu\text{L de C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$ at 17 days obtaining the same results.

For the quality measured through the length and diameter parameters, the best products in the municipality of Olinstepeque Quetzaltenango were: TR2 Ethephon 500 ml / 100L and T6 0.45 kg of tomato 10.0-100.0 $\mu\text{L de C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$, in the village Santa Lucia Ixcamal Village San Marcos: TR2 Ethephon 500 ml / 100L and T6 0.45 kg tomato 10.0-100.0 $\mu\text{L de C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$.

I.

INTRODUCCIÓN

La papa, (*Solanum tuberosum L.*), es un cultivo de importancia en la alimentación humana; ocupa el cuarto lugar entre los principales cultivos alimenticios en el mundo.⁽⁶⁾ Estudios realizados por Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá -INCAP- 2015, indican que el 77.9% de la población guatemalteca consume regularmente este vegetal, siendo en la región del altiplano occidental donde el consumo es mayor, con un valor aproximado promedio de 29 gr/día.

En el altiplano occidental de Guatemala cada vez es mayor el número de agricultores dedicados a la producción de papa que se integra al mercado de productos agrícolas, se estima que son 55,000 entre medianos y pequeños productores. La creciente participación se debe a las oportunidades que este cultivo ofrece, cuyos beneficios económicos se traducen para los agricultores en ingresos, empleo y opciones de inversión.⁽⁷⁾

Los tubérculos-semilla de papa presentan cambios fisiológicos entre el inicio de almacenaje y preparación para la plantación, en el caso de la semilla, pueden incidir en sus características de calidad. La edad fisiológica, por otro lado, se refiere principalmente al proceso de desarrollo de los brotes.⁽¹⁰⁾ La madurez desde el punto de vista del desarrollo vegetal, comprende procesos hormonales, enzimáticos, anatómicos y biofísicos, que en conjunto, van a determinar la calidad del producto utilizado, la brotación de las yemas y las características de la nueva generación de plantas, cuando se requiere dejar el tubérculo como semilla.⁽⁸⁾

En el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas - ICTA- se han evaluado varios sistemas para la producción y mejora de semilla, sin embargo los costos de producción para la utilización de estas técnicas se han incrementado.⁽⁵⁾ El reto actual de los propagadores de plantas está en la disminución de los costos, obtención en diferente época del año abasteciendo a los agricultores. Para lo cual es necesario hacer uso de métodos que puedan contribuir en la mejora y aceleración de brote múltiple del tubérculo-semilla de papa, siendo este el estado ideal para sembrar el tubérculo-Semilla.⁽¹⁴⁾

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar el efecto del etileno proveniente de fuentes alternativas (Frutos climatéricos, producto químico) sobre la brotación múltiple de tubérculo semilla, considerando lo descrito por R Gane y colaboradores en 1934 respecto a esta hormona vegetal identificando químicamente al etileno como un producto natural del metabolismo vegetal, y debido a su dramático efecto en las plantas fue clasificado como una hormona.

En 1935, Crocker propuso que el etileno era la hormona vegetal responsable de la maduración de los frutos, quiebre de la dormancia en semillas y yemas.⁽¹⁾ Basado en este método se evaluaron varios frutos climatéricos generadores de etileno y un producto químico Ethepon para la aceleración de brotes en el tubérculo- semilla. A los datos obtenidos se le aplicó el análisis estadístico (ANDEVA), prueba de medias a través de análisis de DGC, determinando los mejores tratamientos de acuerdo a los objetivos establecidos para el estudio, así como la realización del presupuesto económico parcial en el que se determinará el costo de producción para dicha investigación.

La investigación se llevó a cabo en el municipio de Olinstepeque del departamento de Quetzaltenango, y en cantón los Pérez aldea Santa Lucia Ixcamal del municipio de San Marcos departamento de San Marcos. Finalizando la investigación con el informe final dando a conocer

los resultados, conclusiones y recomendaciones de la misma las cuales fueron válidas únicamente para el área de estudio.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La papa es uno de los rubros importantes de los sistemas de producción del país, así como constituye una fuente importante de alimentación e ingresos para la familia campesina.

En Guatemala se cultiva en ocho departamentos. En promedio la superficie cosechada fluctúa alrededor de 21,070 ha la que origina una producción total promedio de 11, 576,900 quintales anual.⁽¹⁶⁾

El Altiplano Occidental de Guatemala, es una región que ofrece ventajas comparativas para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*). El insumo más importante en este cultivo es la semilla, la cual debe tener una condición básica para obtener niveles de productividad elevados.⁽¹⁴⁾ A nivel nacional la producción de semilla certificada es producida por grupos semilleristas, actores que proporcionan la semilla-tubérculo debidamente certificada, un insumo estratégico para garantizar la sanidad, pureza y calidad en las plantaciones comerciales.

En Guatemala existen diversos microclimas y unidades de riego que permiten la producción de papa en diversas épocas del año,⁽¹²⁾ Debido a esto uno de los principales problemas que afronta el eslabón semilleristas es que se demanda poca semilla certificada. A veces la oferta de semilla certificada, no coincide con la del inicio de producción, esto debido a la falta de técnicas para acelerar o retardar el brote de la semilla certificada, pues normalmente si no se vende se pierde, lo cual incrementa el precio de venta.⁽¹⁶⁾

Por lo que existen métodos para acelerar la brotación, siendo estos el uso de químicos, los cuales han mostrado alguna potencialidad. Los más eficientes y exitosos son Rindite, 2 cloroetanol, clorhidrin etileno, disulfito de carbón, ácido giberélico, Tiourea, benziladenina y otras citokininas. Las variedades de papa reaccionan en forma diferente a la aplicación de los tratamientos químicos, cuyos efectos dependen de su duración, variedad, estado de latencia, temperatura y concentración del producto aplicado. De acuerdo con resultados de investigación, el uso del ácido giberélico en dosis de 5 ppm, el uso de concentraciones más elevadas aumenta la rapidez y la uniformidad de la brotación, sin embargo produce brotes ramificados y etiolados. Otro producto es el 2-cloroetanol al 1%, por la rapidez en inducir brotación y la producción de brotes vigorosos y sanos; sin embargo su manejo es complicado. La alternativa de someter a los tubérculos a diferentes regímenes de temperatura cada 12 horas también puede inducir la brotación, pero es posible que se generen problemas de pudrición.⁽¹⁰⁾

Por ello surgió el siguiente cuestionamiento **¿Cómo establecer procesos para acelerar la brotación del tubérculo - semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*), de la variedad loman?** Esta investigación nace como respuesta a la urgencia de establecer procesos que ayuden a acelerar el estado de brotación múltiple del tubérculo semilla de papa.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Para cualquier proceso de producción la semilla es el insumo más importante. La condición básica para obtener niveles de productividad elevados es lograr que el tubérculo- semilla alcance su estado de brotación más adecuado al momento de la siembra. ⁽¹⁴⁾

Los tubérculos-semilla de papa presentan naturalmente el fenómeno de latencia o dormancia, el cual consiste en el letargo del tubérculo después de cosechado, dependiendo de las variedades usadas y las condiciones climáticas a que se exponga, hay casos en que la brotación o la emergencia de brotes dura de 1 a 6 meses después de cosechado el tubérculo.⁽⁸⁾ Sin embargo, en programas de producción de semilla y cuando se trata con exigencias de surtir de papa al mercado y las siembras son calendarizadas, es necesario, romper el periodo de reposo y lograr que los tubérculos-semillas emitan con prontitud los brotes. ⁽¹⁰⁾

En vista de lo antes expuesto, cualquier investigación que se haga con el objeto de acelerar la brotación de los tubérculos, representa un avance tecnológico hacia el eslabón semillero.

El etileno, es llamado la hormona del crecimiento y desarrollo, que es responsable en buena parte de la maduración. ⁽¹⁾

En esta investigación se consideró evaluar productos generadores de etileno, los que desempeñaron sus funciones en la aceleración de brotación del tubérculo- semilla de papa.⁽³⁾

Dentro de la búsqueda para la evaluación se consideraron algunos vegetales superiores o productos climatéricos (aguacate, banano, melocotón, pera, tomate y manzana) ya que muestran una máxima producción de etileno entre 1.0- 100.00 microlitro de etileno / Kilogramo por hora, en el que el etileno es producido en forma natural y se encuentra en estado gaseoso proponiendo con esto producir alimentos que establezcan un equilibrio ecológico (9) siendo estos frutos materiales disponibles en el país, y Ethephon (Testigo relativo): producto químico regulador de crecimiento, que libera etileno dentro de los tejidos vegetales poco después de la aplicación, es adquirido en casas comerciales que distribuyen este producto. ⁽¹⁹⁾

Al no hacer dicha investigación podría permanecer inalterables los procesos deficientes relativos al manejo del tubérculo semilla, especialmente en lo relacionado a la brotación con sus implicaciones sobre la oferta de semilla.

La investigación se realizó en dos localidades del Occidente de Guatemala con el objeto de presentar la cantidad aproximada de variación que existen entre ambas localidades ya que el margen de error mostro con precisión los resultados de la evaluación, resultados que fueron medidos a través del diseño de investigación el cual fue analizado de forma estadística y económica.

1.3 OBJETIVOS

General:

Evaluar el periodo de brotación múltiple del tubérculo- semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad loman utilizando como fuentes productos generadores de etileno.

Específicos:

1. Identificar cuál de los productos generadores de etileno acelera la brotación múltiple del tubérculo- semilla de papa.
2. Determinar que productos generadores de etileno proporciona mayor cantidad de brotes en el tubérculo- semilla de papa.
3. Establecer el producto generador de etileno que presente el mayor beneficio económico.

1.4 HIPÓTESIS

Ha.1: Al menos uno de los productos generadores de etileno acelerara la brotación múltiple en el tubérculo- semilla de papa.

Ha.2: Al menos uno de los productos generadores de etileno proporcionara una mayor cantidad de brotes en el tubérculo- semilla de papa.

Ha.3: Al menos uno de los productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación múltiple generara mayor beneficio económico.

II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1.1 Rylski, I. Rappaport, W. Y Pratt Hk (1973)

Efectos duales del etileno sobre la latencia de la papa y el crecimiento del brote: Los tubérculos de papa dormidos (*Solanum tuberosum* L.) de dos cultivares se trataron con diversas concentraciones de gas etileno para varios períodos de exposición. Como ha sido demostrado por otros, el etileno causó un aumento rápido pero transitorio en la respiración que parecía ser independiente de cualquier efecto sobre inactividad. Todas las concentraciones ensayadas causaron un brote acelerado, 2 micro litros por litro son los más efectivos.

El etileno Ejerce un doble efecto sobre los tubérculos de la papa: acorta Duración del reposo, pero inhibe el alargamiento de los brotes con tratamiento prolongado. Al comparar estos resultados con los trabajos sobre semillas, bulbos y cormos sugiere que el etileno debe y tiene un papel significativo pero todavía inexplicable en el descanso e inactividad. Sin embargo, dado que el tratamiento de etileno más eficaz no fue igual a la respuesta provocada por el tratamiento con etileno Clorhidrina, otros factores también deben contribuir a la terminación de descanso.

Los trabajos más antiguos sobre la papa presentan conflictos evidencia, y ha habido poca aclaración en trabajo reciente. La terminación de la latencia en las patatas recién cosechadas es un importante problema práctico, al que mucha atención ha sido dada, y muchos tratamientos químicos han sido probados.

Rosa fue la primera en probar etileno; Concentraciones de 10, 200 y 1000, se aplicaron durante 28 días dando sustancial aumentos en el puesto obtenido 1 mes después de la siembra.

Denny Probó etileno, propileno y acetileno a 1000 y 10.000, lll durante 4 y 7 días y se encontró que sean ineficaces.

Vacha y Harvey los tratamientos de etileno con 1000, ul / l a 20°C durante 6 días dieron brotación temprana y crecimiento más rápido con algunos cultivares de papa.

Rosa informó de nuevas pruebas con etileno, utilizando tratamientos de 455 y 2500, ul / l durante 2, 3 ó 4 semanas a 22°C. Los tratamientos de 2 y 3 semanas inhibieron el brote, mientras que un tratamiento de 4 semanas (Sin diferencias entre las concentraciones fue observado).

Denny informó que ciertos derivados químicos de Etileno (incluyendo etilenclorhidrina, dicloruro de etileno, y tricloroetileno) fueron particularmente eficaces en la estimulación de brotación de tubérculos recién cosechados, pero dado que no natural, estos productos químicos no deben confundirse con etileno en la evaluación de sus funciones fisiológicas.

Otras obras describen el etileno como un inhibidor de la papa. Durante los estudios sobre el efecto del etileno sobre la el metabolismo de la papa, **Huelin** había notado efectos sobre los brotes, y cuando **Elmer** informó que las emanaciones de las manzanas maduras y las peras causaron la inhibición del brote y brotes anormales, **Huelin** se dio cuenta de que los frutos maduros debían producir etileno Gas, la explicación de las observaciones de **Elmer**.

Barker introdujo Etileno en pilas de almacenamiento de campo a escala comercial; etileno reducido inicialmente, pero el efecto parecía disminuir ya que el almacenamiento se prolongó. Por otro lado, cuando **Furlong** tomaron patatas viejas de una pila de campo y las almacenaron a 7C en una atmósfera de aproximadamente 100, d / l de etileno durante varios meses adicionales, la rebrote fue retardada.

En un experimento, los tubérculos de patata (*Solanum tuberosum* L. cv. Russet Burbank) se cosecharon en Tulelake, California, 110 Días después de la siembra y se limpia con un cepillo suave. Triplicando muestras, con un promedio de 2,8 kg de peso y consistiendo de 19 seleccionados se colocaron en cámaras de metal de 25 litros, que se ventilaron continuamente con aproximadamente 10 litros de aire / hora.

Todas las operaciones se realizaron en habitaciones controladas a 20 °C. La humedad relativa en las cámaras era de 68 a 72 %. Después 3 días de almacenamiento (durante el cual la tasa de respiración se estabilizó),

Los tubérculos se trataron durante 72 h con etileno o etileno Clorhidrina. El etileno, en concentraciones de 0, 0.02, 0.2, 2.0 y 20, $\mu\text{L} / \text{l}$, se suministró continuamente en una corriente de gas de un cilindro de presión a través de una válvula reductora y Caudalímetros capilares. Las concentraciones finales del gas se verificaron con cromatografía de gases de ionización de llama.

La respiración se determinó midiendo la concentración de dióxido de carbono en el efluente de la muestra usando el colorimétrico Método de Claypool y Keefer (7). Para los tratamientos de clorhidrina de etileno, el flujo de aire a través de los contenedores de muestra fue interrumpido. El producto químico (0,6 ml / l) se colocó pequeño plato en cada recipiente, y los recipientes fueron sellados durante 72 h. El flujo de aire regular se restableció después de que el etileno Clorhidrina.

2.1.2 Dezzgo, D. (1990).

Efecto del ácido giberélico sobre la brotación de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) para "semilla". Estudio el efecto del activol (ácido giberélico) sobre la brotación de tres variedades de papa para "semilla" (Atzimba, Granola y Andinita) en dos condiciones climáticas (Tabay y Santo Domingo). Se evaluaron tres concentraciones del producto (2 gr, 5 gr y 8 gr) en dos tiempos de inmersión (5 min y 10 min). A nivel de campo solo se evaluó la variedad Granola tratada en las dos condiciones climáticas y sembrando solo Tabay. Los resultados obtenidos muestran que con el uso del activol (ácido giberélico) a cualquiera de las concentraciones (2 gr, 5 gr y 8 gr) la brotación fue a los cinco días, en las variedades tratadas en las dos condiciones climáticas donde se efectuaron los ensayos. Por otra parte con el equivalente de 2 gr de activol (ácido giberélico) las variedades tratadas presentan un buen número de brotes por tubérculo y buena longitud del brote al momento de ser llevados al campo. Esto se traduce en una ganancia de tiempo de hasta dos meses, lo que posibilita la realización de hasta tres ciclos del cultivo al año. A nivel de campo se constató que los componentes del rendimiento no fueron afectados por el tratamiento del Activol (ácido giberélico) en la variedad Granola. Yauli ,G.E. (1994) Incidencia de dosis de la fitohormona Cerone para la brotación y producción de tubérculos de papa en el Cantón Cevallos. Tesis Ing Agr. Tungurahua, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 93p. Menciona que para incrementar la producción de brotes vigorosos en la brotación de tubérculo de papa, usar cerone en dosis de 0.5 cc/l, 1.0cc/l, por cuanto fueron los mejores resultados. ⁽²⁰⁾

2.1.3 Zúñiga Moreno (2014)

Aplicación de dosis de Biol para la brotación de tubérculos de papa (*Solanum Tuberosum* L.) Var. Friepapa. Evaluó la influencia de tres dosis de Biol (1 l/10 l D1, 2 l/10 l D2 y 3 l/10 l D3) y tres tiempos de inmersión (1 hora T1, 2 horas T2 y 3 horas T3), en la brotación del tubérculo

de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Fripapa; además de, efectuar el análisis de costos de cada uno de los tratamientos.

Se empleó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial de $3 \times 3 + 1$, con tres repeticiones. El total de tratamientos fueron 10 (nueve que recibieron aplicación de biol y un testigo que no recibió aplicación). Se efectuó el análisis de variancia, de acuerdo al diseño experimental planteado. Pruebas de significación de Tukey al 5%, para diferenciar entre tratamientos, factores en estudio e interacción. Polinomios ortogonales con cálculo de correlación y regresión para los factores dosis de biol y tiempo de inmersión. El análisis económico de los tratamientos, se efectuó mediante el análisis de costos de producción de cada tratamiento.

Con la aplicación de biol en la dosis de 3 l/10 l de agua (D3), se alcanzaron los mejores resultados, consiguiéndose acortar los días al inicio de la brotación (18,11 días), los más altos porcentajes de tubérculos brotados (90,00%); mayor número de brotes por tubérculo a los 48 días (4,73 brotes) y a los 64 días (5,19 brotes), con mayor longitud del brote a los 48 días (9,02 cm) y a los 64 días (9,99 cm) y mejor diámetro del brote a los 64 días (0,45 cm).

El sumergir los tubérculos de papa semilla por el lapso de tiempo de tres horas (T3), fue el tratamiento que mejores resultados reportó, lográndose acortar los días al inicio de la brotación (20,00 días), se obtuvo mayor porcentaje de tubérculos brotados (82,22%), con mejor número de brotes por tubérculo a los 64 días (5,06 brotes) y mejor diámetro del brote a los 64 días (0,40 cm).

Del análisis de costos se concluye que, el mayor costo de producción correspondió al tratamiento D3T3 (3 l/10 l de agua, 3 horas), con \$ 7,19; causado básicamente por la mayor cantidad de biol utilizado y por el mayor tiempo de inmersión; mientras que el menor costo fue del tratamiento testigo con \$ 5,58, cuyo menor precio se debe a la ausencia de aplicación de biol.⁽²¹⁾

2.1.4 Rol del etileno en la maduración de los frutos (2014)

Evaluación de etileno con plátano: Esta investigación considera la posibilidad de explorar el rol que tiene el gas etileno en la maduración de la fruta. El etileno es la hormona vegetal responsable de la maduración en muchas frutas, como manzanas, peras y tomates. El etileno es conocido también como la "hormona de la muerte" por su capacidad para crear una amplia gama de daños a los cultivos de invernadero, así como por la descomposición de los productos en el almacén. El etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), es un compuesto químico que produce la fruta antes de madurar siendo fundamental para que la esta pueda ser consumida. Su presencia determina el momento de la maduración, por lo que el control de su producción será clave para su conservación.

Actualmente se sabe que el etileno se produce en todos los tejidos vegetales como una respuesta al "stress". En consecuencia, el daño físico de las frutas también acelerará el proceso de maduración, y en algunas frutas esto puedes ser un iniciador de este proceso. De este modo la ventilación es también de gran importancia para prevenir la fermentación y no estropear la fruta. La evaluación trata, sobre cómo el gas etileno madura la fruta dentro de la bolsa plástica, para eso se usa fruta madura en uno de los tratamientos y gas etileno comercial en otro.

El objetivo de la evaluación es conocer la función del etileno en el proceso fisiológico, maduración y comparar los resultados con el uso de envoltorio plástico usando etileno comercial y fruta madura.

Para esta evaluación se responden las preguntas: ¿en cuál de los tratamientos pruebas, la fruta madurará más rápido? O ¿en cuál de los tratamientos observaremos una mejor maduración? Tomando en cuenta el hecho de que la maduración de la fruta produce gas etileno, que queda atrapado en el envoltorio de la misma. Aunque este gas ayuda a que la fruta madure de forma natural, una acumulación del mismo puede hacer que la fruta madure demasiado y se descomponga.

Materiales e insumos

- Ocho (8) plátanos verdes de un mismo racimo (mano), adquiridos en el mercado de Puente Piedra –Lima, escogiéndose de los camiones que recién llegaban de provincias norteñas.
- 3 bolsas plásticas transparentes de polietileno.
- Sellador de bolsa o una pita para amarrar bien la bolsa.
- Etileno comercial Etherl.

Tratamientos:

Tratamiento 1: Cuatro (4) plátanos juntos en un determinado lugar (sin bolsa, al aire libre) sin moverlos durante el tiempo que duró de prueba.

Tratamiento 2: Dos (2) plátanos (verdes) dentro de una de las bolsas plásticas selladas.

Tratamiento 3: Tres (3) plátanos en otra bolsa pero esta vez, uno de estos plátanos estuvo maduro. Es decir un plátano maduro y dos verdes. Nuevamente se selló bien la bolsa.

Tratamiento 4: Por último se colocó dos plátanos en una bolsa. Pero estos plátanos recibieron antes un tratamiento adicional que es remojarlos por 15 segundos en una solución de etileno comercial, para esto se preparó una jarra con 3 litros de agua a la que se agregó 12 mililitros de etileno Etherl. Posteriormente se dejó orear unos 5 minutos antes de meterlos a la bolsa y sellarlas.

Los tratamientos fueron rotulados colocando el nombre del mismo y la fecha de inicio de la prueba. Estos fueron colocados en una mesa la cual no fue movida hasta por 7 días lo que permitió realizarlas observaciones de los plátanos anotándose los principales acontecimientos.

Con bases a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente: Los tratamientos 1 y 4 presentaron una adecuada maduración con olor, textura que hace posible el consumo del plátano posterior a la prueba, en cambio los tratamientos 2 y 3, resultaron inadecuados para consumo además la fruta se observó totalmente estropeada.

Se necesita oxígeno para la síntesis de etileno por lo que una cantidad normal de oxígeno garantiza una maduración adecuada, mientras que la falta de oxígeno ocasiona inhibición de la síntesis de etileno y por tanto retraso de la maduración, esto se observó en los tratamientos 2 y 3, presentándose una fruta estropeada.

La maduración resulta proporcional a la cantidad de etileno y el intercambio gaseoso, por lo cual el tratamiento 1 y el tratamiento 4 presentaron una buena maduración. ⁽⁹⁾

2.1.5 López, 2014

Aplicación de Hidrazida Maleica en Papa (*Solanum Tuberosum L Cv. Spunta*) y Sus Efectos Sobre el Rendimiento, la Brotación y el Nivel de Residuos en los Tubérculos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las aplicaciones de hidrazida maleica, un conocido inhibidor de la brotación en papa, sobre el rendimiento y sus componentes, la brotación y el nivel de residuos en los tubérculos destinados al consumo. Las experiencias se llevaron a cabo en la localidad de Piquillín, provincia de Córdoba, Argentina

Las aplicaciones de HM (sal potásica 36%, Vendaval HM) se realizaron con una pulverizadora comercial a una dosis de 10 l/ha, con un volumen de agua de 400 l/ha. Las aplicaciones de HM no produjeron diferencias en el rendimiento ni en el número de tubérculos/m² para las distintas fracciones, en tanto que si bien la brotación de los tubérculos tratados se produjo sólo 5 días después de los testigos, el ritmo de crecimiento de los brotes fue significativamente menor. A los 114 días de la muerte del follaje los tubérculos tratados presentaban brotes < 10 mm y los testigos > 60 mm. Durante la postcosecha el nivel de residuos en los tubérculos tratados estuvo siempre por debajo del nivel de tolerancia de 50 ppm, aceptado por el Codex Alimentario FAO. Los residuos fluctuaron entre 10.35-18.57 ppm hasta 4 meses después de la muerte del follaje. Los resultados indican que, a la dosis y momento indicados, las aplicaciones de HM no disminuyen el rendimiento y permiten extender el período de comercialización de los tubérculos sin que el nivel de residuos supere las tolerancias exigidas. ⁽¹⁾

2.2 CATEGORIAS FUNDAMENTALES

2.2.1 Fitohormonas

Azcon-Bieto.J and Talón, M. (2000), indican que el desarrollo normal de una planta depende de la interacción de factores externos: luz, nutrientes, agua y temperatura, entre otros, e internos: hormonas. Las hormonas se han definido como compuestos naturales que poseen la propiedad de regular procesos fisiológicos en concentraciones muy por debajo de la de otros compuestos (nutrientes, vitaminas) y que en dosis más altas los afectarían. Regulan procesos de correlación, es decir que, recibido el estímulo en un órgano, lo amplifican, traducen y generan una respuesta en otra parte de la planta. Interactúan entre ellas por distintos mecanismos:

- Sinergismo: la acción de una determinada sustancia se ve favorecida por la presencia de otra.
- Antagonismo: la presencia de una sustancia evita la acción de otra.
- Balance cuantitativo: la acción de una determinada sustancia depende de la concentración de otra

También recalcan que las fitohormonas pueden promover o inhibir determinados procesos, dentro de las que promueven una respuesta existen 4 grupos principales de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe fuertes propiedades de regulación del crecimiento en plantas. Se incluyen grupos principales: auxinas, giberelinas, citocininas y etileno. Los mismos autores, señalan que dentro de las que inhiben: el ácido abscísico, los inhibidores, morfotinas y retardantes del crecimiento, Cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta.

Y manifiestan que cada fitohormona ha sido implicada en un arreglo relativamente diverso de papeles fisiológicos dentro de las plantas y secciones cortadas de éstas, el mecanismo preciso a través del cual funcionan no es aún conocido.

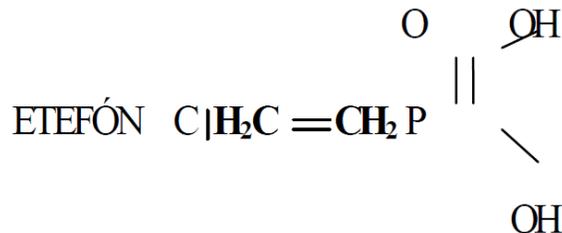
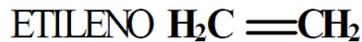
2.2.1.1 Historia

Además citan que los diferentes grupos hormonales fueron descubiertos o caracterizados en:

HORMONAS	AÑO DEL DESCUBRIMIENTO	AÑO DE CARACTERIZACIÓN
AUXINAS	1920	
GIBERELINAS	1935	(1950)
CITOCININAS	1913	(1966)
ETILENO	1901	(1966)
ACIDO ABSCISICO	1963	(1968)
INHIBIDORES	1928	
MORFECTINAS	1958	(1970)
RETARDANTES DEL CRECIMIENTO	1949	
ACIDO JASMONICO	1990	
POLIAMINAS	1971	

2.2.1.2 Etileno

Salisbury., F. B. and Ross, C. W. (1994), dice que el etileno, es una de las hormonas de estructura más simple, gaseoso, al ser un hidrocarburo, es muy diferente a otras hormonas vegetales naturales. Aunque se ha sabido desde principios de siglo que el etileno provoca respuestas tales como geotropismo y abscisión, no fue sino hasta los años 1960s que se empezó a aceptar como una hormona vegetal.



Biosíntesis

Y también afirman que el etileno, deriva de los C3 y C4 de la metionina, que pasa, con gasto de ATP, a S-adenosilmetionina (SAM), por acción de una enzima pasa a ácido aminociclopropano-1 carboxílico (ACC) y por oxidación de este y por la acc oxidasa se forma etileno.

Una característica de esta hormona es que posee acción autocatalítica, esto se debe a que la presencia de etileno activa la acción del gen que codifica la enzima que pasa de ACC a etileno.

Factores que afectan la biosíntesis de etileno

El etileno parece ser producido esencialmente por todas las partes vivas de las plantas superiores, y la tasa varía con el órgano y tejidos específicos y su estado de crecimiento y desarrollo. Las tasas de síntesis varían desde rangos muy bajos (0.04-0.05 µl/kg-hr) en

blueberries (*Vaccinium* sp.) a extremadamente elevadas (3.400 µl/kg-hr) en flores devanecientes de orquídeas *Vanda*.⁽²⁰⁾

- Modo de acción.

Su acción se da principalmente porque: -Se une a receptores del tipo proteico que reconocen moléculas pequeñas de doble ligadura -Deber ser una meta proteína que contiene CU o Zn -Los receptores son principalmente dos (ETR y ERS) uno formado por dos elementos: un sensor y otro de respuesta (ETR) y otro con solo el elemento sensor (ERS) -Actúan en la traducción y amplificación de la señal de la hormona, al unirse el etileno a sus receptores, se desencadenan las reacciones que llevan a la respuesta al etileno. 2.2.1.5.3. Efectos Fisiológicos También mencionan que interviene en;

- La maduración de frutos
- Senescencia de órganos
- Epinastia
- Tipomorfogénesis o perturbación mecánica
- Hipertrofias
- Exudación de resinas, latex y gomas
- Promoción o inhibición de los cultivos de callos *in vitro*
- Inhibición de la embriogénesis somática
- Apertura del gancho plumular
- Inducción de raíces
- Inhibición del crecimiento longitudinal
- Incremento del diámetro caulinar.⁽²⁰⁾

- Antagonistas.

Los mismos autores afirman que el CO₂, compite por el sitio de unión del etileno con el receptor. Por eso se utiliza para la conservación de frutas.

Ag+ Interfiere la unión del etileno con su receptor. Se lo utiliza para la conservación de flores 2,5 norbornadienocis buteno Inhibe la acción del etileno de manera competitiva por unirse al mismo receptor.

- Aplicaciones en la Agricultura.

Sostiene además que el etileno en la agricultura interviene en; -Maduración de frutos climatéricos -Evitar vuelco en cereales -Provocar abscisión de órganos y frutos -Estimula la germinación -Inducción de floración -Incremento del flujo de latex, gomas y resinas -Inhibición de la nodulación inducida por *Rizhobium*, de la tuberización y bulbificación -Promoción de la floración femenina en Cucurbitáceas.⁽²⁰⁾

Ethrel, (nombre comercial) o ethephon (nombre genérico), es una sustancia productora de etileno. Es el ácido 2-cloroetilfosfónico (Cl-CH₂- CH₂-PO₃-H₂), el cual se descompone rápidamente en agua con pH neutro o alcalino formando etileno, un ion cloruro. ClH-PO₃ (10).⁽¹⁹⁾

2.2.2 Origen del cultivo de la papa, (*Solanum* sp).

EL cultivo de la papa se originó en la cordillera andina, donde esta planta evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, presentando una gran variabilidad.⁽²⁰⁾

2.2.3 Clasificación taxonómica de la papa

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsidae
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Especie:	<i>Solanum tuberosum</i> L. ⁽¹⁴⁾

2.2.4 Situación actual del cultivo de papa en Guatemala.

En Guatemala, el cultivo de papa se realiza con temperaturas templadas, preferentemente menores de 20°C. En este tipo de clima la papa se desarrolla adecuadamente y se obtiene la mejor productividad, hay poca dificultad con plagas y enfermedades y los tubérculos se desarrollan bien fisiológicamente. Se cuenta con la ventaja que Guatemala posee 17 microclimas que permiten cultivar papa a lo largo de todo el año. El ciclo del cultivo en Guatemala, oscila entre los 70 – 100 días. Según diferentes estudios, la calidad de la papa queda definida por su forma y tamaño uniforme y sin defectos físicos, limpieza (libre de enfermedades y virus) y textura.⁽¹²⁾

2.2.5 Características de la variedad Loman.

Planta con tallos y hojas e color verde oscuro. Su altura de planta varía desde 20-30 cm. (3,500 msnm) a 60-65 cm. (2,300 msnm). En condiciones de campo no produce flores o algunas veces pocas. La forma del tubérculo puede variar de oblongo alargado ha alargado. La pulpa y piel es de color crema, susceptible a tizón tardío. Su ciclo vegetativo varia de 80-90 días (2,390 msnm) a 120 días (3,500 msnm). A 2300 msnm presenta 18.8% de sólidos y 13.2% de almidón, su ciclo fisiológico varia de los 90 a 120 días.

De acuerdo a su uso, se caracteriza por ser excelente para papas hervidas y purés; de regular a buena para papalina y enlatadas. Presenta una textura serosa. Los rendimientos pueden variar de 15 t/h (3,500 msnm) a 20-30 t/ha (2,390 msnm).⁽⁵⁾

2.2.6 Fisiología del tubérculo-Semilla de Papa

Es importante conocer sobre la fisiología de la semilla de papa, para entender el proceso de cambio que sufre el tubérculo recién cosechado hasta cuando ha germinado y muestra brotes múltiples y vigorosos; es decir, saber cuándo el tubérculo-semilla está listo para ser depositado en el suelo y reproducir una nueva planta de papa, con características idénticas a la variedad de la cual procede.

En la etapa de formación del tubérculo-semilla, de papa se identifican los siguientes estados:

- Estado de Latencia o reposo del tubérculo.

Es un estado del tubérculo en el cual éste no brota a pesar de que existan condiciones favorables para el desarrollo inicial y el crecimiento de los brotes. Parece estar asociada con un balance hormonal, relacionado con la disminución en la concentración de ácido abscísico y aumento de ácido giberélico.⁽¹⁰⁾

Durante su desarrollo fisiológico, un tubérculo de papa puede permanecer en reposo por varios meses, estado en el que no ocurre ningún crecimiento observable de los brotes, ni siquiera

cuando los tubérculos son puestos bajo condiciones ideales para el crecimiento de éstos: oscuridad, 15 a 20°C y cerca de 90% de humedad relativa. La duración e intensidad de la latencia son diferentes en cada variedad y puede estar determinada por las condiciones ambientales a través del crecimiento de la planta madre y por la temperatura durante el almacenamiento del tubérculo semilla. Además de ello, las heridas, daños, cortes o peladuras de la epidermis pueden acortar el tiempo de latencia. ⁽¹⁰⁾

El período de reposo termina cuando los brotes comienzan a crecer, considerándose el término cuando el 50 % de los tubérculos tienen brotes mayores de 2 milímetros de longitud (Reust).

Existen dos definiciones comunes del período de reposo:

-Reposo total: período comprendido desde el inicio de la tuberización hasta el término del reposo.

-Reposo de postcosecha: período existente desde la cosecha hasta el fin del reposo.

Si bien, el concepto de reposo total es más exacto aunque más difícil de determinar, el reposo de postcosecha es comúnmente utilizado para fines prácticos. La duración del período de reposo determinará la fecha de siembra. ⁽¹⁰⁾

Es arriesgado sembrar tubérculos en reposo, debido a que las plantas de papa podrían emerger en forma desuniforme y con un solo tallo, o los tubérculos podrían pudrirse en el suelo antes de emerger, lo cual conduce al fracaso en el cultivo. ⁽¹⁰⁾

Ruptura del período de reposo. Es una práctica necesaria cuando se siembran lotes de papa en sucesión semanal, quincenal o mensual. La finalización de este período puede ser inducida mediante tratamientos químicos, térmicos o el corte del tubérculo-semilla. ⁽²⁰⁾

- Estado de brotación apical

Es común que únicamente el ojo del brote apical inicie el crecimiento, sin que los demás muestren desarrollo. Un tubérculo con un solo brote normalmente produce una planta con solo uno o dos tallos principales, lo que ocasiona rendimientos bajos. Si el tubérculo-semilla se encuentra en este estado se recomienda eliminar el brote para permitir la brotación múltiple. ⁽²⁰⁾

- Estado de brotación múltiple

Es el momento en el cual todos los ojos tienen su respectivo brote. Este es el estado ideal para sembrar el tubérculo y depende de la variedad, condiciones de madurez de los tubérculos y ambiente de almacenamiento. ⁽¹⁴⁾

En muchos casos basta con desarrollar brotes cortos (0,2 a 0,5 cm). Sin embargo, si las condiciones del suelo al momento de la siembra son desfavorables es importante desarrollar brotes más largos (1,5 a 2,5 cm). ⁽²⁰⁾

- Estado de envejecimiento

Se trata de la semilla que ha pasado un tiempo muy largo, aparece arrugado y flácido por la pérdida de agua y de nutrientes. ⁽¹⁴⁾

La capacidad de emergencia de estos tubérculos-semilla está prácticamente agotada. Se producen plantas débiles y poco resistentes a factores climáticos adversos como sequías, granizadas y heladas. En algunas variedades bajo ciertas condiciones de estrés (siembra profunda en épocas lluviosas), los brotes filiformes provocan la formación de tubérculos

alrededor de las yemas, un fenómeno conocido como patatitas, las mismas que son débiles, pequeñas y no útiles.⁽²⁰⁾

2.2.6.1 Factores que afectan la duración del período de reposo.

- Variedad de papa.

El reposo del tubérculo puede durar desde menos de un mes hasta varios meses, dependiendo de la variedad. La duración del período de reposo no está relacionada con la duración del período vegetativo de una variedad. Por ejemplo, una variedad precoz no necesariamente tiene un período de reposo corto.⁽¹⁰⁾

- Condiciones de crecimiento.

Las condiciones en las cuales se producen los tubérculos-semillas afectan la duración del período de dormancia, por ejemplo, las temperaturas altas, el bajo contenido de humedad y la baja fertilidad de un suelo durante el crecimiento del tubérculo, aceleran el desarrollo fisiológico y la reducción en el período de dormancia.⁽³⁾

- Temperatura de almacenamiento.

Las temperaturas altas en el almacenamiento, aceleran el proceso de envejecimiento fisiológico del tubérculo y por consiguiente reducen el período de dormancia. Entre 3° C y 25° C la relación entre la temperatura y la dormancia es inversamente proporcional.⁽³⁾

- Daños en el tubérculo.

Los daños causados en la cosecha y manipulación o por enfermedades y pestes, reducen el período de reposo. El corte de los tubérculos-semilla también da lugar a un brotamiento más temprano.⁽¹⁰⁾

- Grado de madurez del tubérculo a la cosecha.

Los tubérculos inmaduros tienen usualmente un reposo postcosecha más largo que aquellos maduros.⁽¹⁰⁾ Tamaño del tubérculo-semilla: el tamaño es un factor que influye en la duración del período de dormancia. Los tubérculos pequeños tienen un período más prolongado que los más grandes. Además, los tubérculos pequeños presentan una pérdida de peso más acelerado, porque la superficie por unidad de peso es significativamente mayor. Este efecto de los tubérculos pequeños con relación a los más grandes, es independiente del ambiente de almacenamiento.⁽¹⁰⁾

- Regulación hormonal de la dormancia.

Las hormonas vegetales están implicadas en cada aspecto del desarrollo de la planta desde la germinación a la senescencia. La dormancia en el tubérculo de papa no es una excepción a esta regla.⁽³⁾

2.2.6.2 Tratamientos para romper el período de reposo del tubérculo semilla

- Tratamiento químico.

Se puede utilizar ácido giberélico en una dosis de 1 ppm en solución, en la que se deben sumergir los tubérculos-semillas por una hora. Después de permanecer los tubérculos-semillas en esta solución se extienden en un lugar sombreado y se dejan secar.

- Tratamiento térmico. Calor, los tubérculos semilla se colocan en un cuarto oscuro entre 18° a 25°C hasta que se produzca el brotación.⁽¹⁵⁾
- Golpe de frío y calor. Se colocan los tubérculos-semillas en una cámara fría a 4°C por dos a cuatro semanas y luego se transfieren a un ambiente entre 18° a 25°C para inducir

al brotación. Ambos tratamientos dan buenos resultados con variedades precoces (Malagamba, 1999).⁽¹³⁾

- El corte del tubérculo-semilla.

Acelera el envejecimiento fisiológico del tubérculo-semilla, reduciendo así el período de reposo. Para realizar el corte se requiere alta humedad (más del 85%), suficiente suministro de oxígeno y temperaturas entre 12° a 20°C. Bajo estas circunstancias se asegura la formación rápida de una capa corchosa de protección (suberización). Los tubérculos-semilla cortados pueden almacenarse en canastos llenos hasta la mitad o en jabas (cajas) de madera. Si las condiciones del suelo son favorables (suelo húmedo y temperaturas entre 8° a 10°C) se puede realizar el corte inmediatamente antes de la siembra. Así, las superficies cortadas sanarán rápidamente en el suelo. Si las condiciones del suelo son desfavorables, el corte debe realizarse de cinco a ocho días antes de la siembra. Se debe cortar el tubérculo longitudinalmente en dos y si sus partes siguen siendo aún muy grandes se debe volver a cortarlo longitudinalmente. Las partes del tubérculo-semilla no deben ser muy pequeñas; el tamaño mínimo es de 30 g y debe tener por lo menos de dos a tres ojos. El INIAP hasta 1986 recomendaba esta actividad para el ahorro de tubérculo-semilla (se cortaba los tubérculos-semillas mayores a 90 g)⁽¹⁵⁾

2.2.7 Frutos climatéricos

Son aquellos frutos que muestran un incremento de la maduración como consecuencia de la actuación del etileno. Estos frutos muestran un incremento de su actividad respiratoria antes de la fase de maduración denominada climaterio, y muestran una máxima producción de etileno justo antes de que se incremente esta actividad respiratoria. Estos frutos son capaces de madurar después de haber sido cortados y el inicio de la maduración puede adelantarse mediante la aplicación exógena de etileno. Ejemplos: manzana, palta, plátano, chirimoya, higo, melón, melocotón, pera, tomate, sandía.⁽⁹⁾

2.2.7.1 Madurez del fruto

La madurez es un proceso irreversible que ocurre en los frutos y en algunos vegetales. La madurez es un proceso fisiológico y bioquímico, que está bajo control genético y hormonal, es un proceso que está acompañado por múltiples cambios a nivel celular, más que por un aumento de tamaño. La etapa de maduración requiere de la síntesis de nuevas proteínas y ARN, así como de nuevos pigmentos y componentes de sabor; procesos que requieren de energía y esqueletos carbonados, los cuales son proporcionados mediante el proceso de la respiración.

De acuerdo con el patrón respiratorio y la síntesis de etileno en una etapa temprana de la madurez, los frutos han sido clasificados en climatéricos y no climatéricos. Por lo cual se define como Climaterio el periodo en el desarrollo de ciertos frutos durante el cual tiene lugar una serie de cambios bioquímicos iniciados por la producción de etileno (hormona natural de la maduración) que señala el cambio del crecimiento al envejecimiento, en el que implica un aumento en la respiración y conduce de forma irreversible a la maduración del fruto. Todos los frutos liberan etileno pero lo que marca la diferencia es su forma de liberarlo.⁽⁹⁾

2.2.7.2 Climaterio

Periodo en el desarrollo de ciertos frutos durante el cual tiene lugar una serie de cambios bioquímicos iniciados por la producción auto catalítica de etileno (hormona natural de la

maduración), que señala el cambio de crecimiento a envejecimiento, implica un aumento en la respiración y conduce de forma irreversible a la maduración del fruto. Todos los frutos liberan etileno, lo que marca la diferencia entre frutos climatéricos y no climatéricos es la forma de liberarlo. ⁽²⁾

2.2.7.3 ¿Debido a que tiene lugar el aumento respiratorio antes de la maduración de frutos climatéricos?

Presencia de sustratos respiratorios: fructosa-6-fosfato formada a partir del metabolismo del almidón -Mayor disponibilidad de ADP -Cambios metabólicos debidos a alteraciones en las estructuras subcelulares (membranas celulares): las células de los frutos son cada vez más permeables durante la maduración. De esta forma pueden ponerse en contacto enzimas y sustratos que antes estaban separados por una membrana con permeabilidad selectiva. - Aumento de la actividad de la piruvato descarboxilasa. Realizan descarboxilaciones no oxidativas, por eso se produce un gran aumento del cociente respiratorio. Esta piruvato descarboxilasa provoca el aumento del CO₂ liberado en la quema de azúcares, disminuyendo por tanto la cantidad de azúcares en el fruto (propio de la maduración). En este momento en el que el fruto comienza a producir más CO₂ que el O₂ consumido se detiene el crecimiento vegetativo, lo que conlleva al envejecimiento o maduración de los frutos. ⁽²⁾

2.2.8 Ethrel:

Es un fitoregulador que se formula como solución líquida, contiene 480 gr de ingrediente activo (ethephon) por litro. El ethephon tiene la característica de un ácido fuerte, siendo completamente soluble en agua. ⁽¹⁴⁾

2.2.9 Sistemas de almacenamiento de papa.

Para lograr un ambiente adecuado a la conservación de los tubérculos de papa se han diseñado diferentes sistemas de almacenamiento, los que van desde los más sencillos y rústicos hasta los más complejos y sofisticados con ambiente o atmósfera controlada. Los factores que hay que considerar y que permiten elegir el sistema más apropiado de almacenamiento son muchos y variados. Entre los factores principales destacan: condiciones climáticas del lugar, la cantidad de tubérculos a almacenar y duración del período de almacenamiento, el objetivo de uso de los tubérculos y los recursos financieros disponibles. ⁽¹¹⁾

2.2.9.1 Almacenamiento en bandejas o estantes:

Este sistema es empleado principalmente en la "prebrotación de los tubérculos semillas con luz difusa" antes de su plantación a fin de acortar el ciclo de desarrollo, ya sea con el objetivo de producción de tubérculos- semillas más sanos o en la producción de papa temprana o primor. La prebrotación de los tubérculos con luz difusa permite una emergencia más rápida y también una aceleración del ciclo de desarrollo del cultivo, acortándolo en alrededor de 2 semanas en comparación con el cultivo tradicional. Los brotes emitidos por tubérculos guardados en la oscuridad son largos y etiolados. Por el contrario, los brotes formados por tubérculos expuestos a luz indirecta son cortos, gruesos y vigorosos lo que permite una emergencia rápida después de su plantación. Además, tubérculos prebrotados producen tallos y raíces más vigorosos resistentes a las enfermedades y el cultivo logra un mayor rendimiento y calidad de la producción. ⁽¹¹⁾

III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativo, pues determinó los días posteriores de la aplicación de los productos generadores de etileno la emergencia de los brotes, como los números de brotes obtenidos en los tubérculos por cada tratamiento.

3.1.2 Modalidad

La modalidad es de tipo mixto, debido a que el trabajo se realizó tanto documentado bibliográficamente como la ejecución de la investigación en forma práctica, en el campo.

3.1.3 Tipo de investigación

La investigación es de tipo experimental ya que trata de establecer el producto generador de etileno que acortara la brotación del tubérculo de papa.

El método utilizado como base para la presente investigación fue el **Método científico** en el que se realiza un estudio sistemático de la investigación, incluyendo técnicas de observación, reglas para razonamiento y la predicción, entre otros.

3.2 UBICACIÓN DEL ENSAYO

3.2.1 Municipio de Olinstepeque, Quetzaltenango.

3.2.1.1 Ubicación geográfica.

La estación experimental “Labor Ovalle” del instituto de Ciencia y tecnología Agrícolas (ICTA), se encuentra ubicada en el municipio de Olinstepeque, Departamento de Quetzaltenango a 203.5 Km. de la ciudad Capital, a 3.5 km. del departamento de Quetzaltenango y a 2 km. de la cabecera municipal de Olinstepeque. Se encuentra localizada en las coordenadas siguientes: Latitud Norte: 14° 52'16” y Longitud Oeste: 91°30'52”

3.2.1.2 Clima

Altitud: Según la estación meteorológica Labor Ovalle, la estación experimental, se encuentra a una Altura de 2,454 metros sobre el nivel del mar, factor de vital importancia en el clima, teniendo predominancia de viento y baja temperatura en la época seca del año principalmente en los meses de noviembre y diciembre.

Temperatura: La temperatura de la región varía dependiendo de la época del año, presentando una temperatura máxima de 22.2 °C, una temperatura media de 15.1 °C y una temperatura mínima de 6.8 °C.

Precipitación Pluvial: La precipitación pluvial anual registrada varía de 2000 a 2500 mm distribuidos generalmente en los meses de abril a octubre.

Humedad relativa: El rango de la humedad relativa que se encuentra en la región de la estación experimental “Labor Ovalle”, es de 70 a 75%.

Vientos: El viento se presenta en dirección de norte a este con una velocidad promedio de 9.5 kilómetros / hora, siendo de moderados a fuertes.

3.2.2 Aldea Santa Lucia Ixcamal, San Marcos, San Marcos.

3.2.2.1 Ubicación geográfica.

La aldea Santa Lucia Ixcamal se encuentra ubicado en el municipio de San Marcos, Departamento de San Marcos, se encuentra a una distancia de 267 Kilómetros de la ciudad Capital y a 17 kilómetros del departamento de San Marcos. Se encuentra localizada en la coordenada Micro-región norte del municipio de San Marcos.

3.2.2.2 Clima

Altitud: 2,398 metros sobre el nivel del mar, ubicado en la latitud norte de 14° 57' 40"; y longitud este 91° 47' 44".

Temperatura: La temperatura de la región varía dependiendo de la época del año, presentando una temperatura máxima de 20.0 °C, una temperatura media de 15.1 °C y una temperatura mínima de 6.0 °C.

Precipitación Pluvial: La precipitación pluvial anual registrada varía de 1026.5 mm distribuidos generalmente en los meses de abril a octubre.

Humedad relativa: El rango de la humedad relativa que se encuentra en la región de Santa Lucia Ixcamal”, es de 80 a 85%.

Vientos: El viento se presenta en dirección de norte a este con una velocidad promedio de 9.9 kilómetros / hora, siendo de moderados a fuertes.

3.3 FACTOR EN ESTUDIO

3.3.1 Dosis de productos generadores de etileno

No	Tratamiento	Dosis	Variedad	Rango (µL de C2H4/Kg*hr) Microlitro de etileno / Kilogramo por hora
1	T1	0.45 kg de manzana (<i>Malus communis</i>)	Criolla	10.0-100.0
2	T2	0.45 kg de banano (<i>Musa paradisiaca</i>)	Williams	1.0-10.0
3	T3	0.45 kg de aguacate (<i>Persea americana</i>)	Has	1.0-10.0
4	T4	0.45 kg de melocotón (<i>Prunus pérsica</i>)	Salcaja	10.0-100.0
5	T5	0.45 kg de pera (<i>Pyrus communis</i>)	Bosc	10.0-100.0
6	T6	0.45 kg de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Tolimán	10.0-100.0
7	TR2	Ethephon 500 ml/100L		
8	TA	Tubérculo sin aplicación		

3.3.2 Tiempo de inmersión.

10 días después de la cosecha

15 días T1, T2, T3, T4, T5, T6

10 minutos TR2

3.3.3 Testigo

Teniendo dos testigos:

- Producto químico Ethephon 500 ml/l (Testigo relativo)
- Tubérculo (no recibirá ninguna aplicación) (Testigo absoluto)

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó el diseño experimental Completamente al azar DBCA.

3.4.1 Modelo matemático del diseño experimental

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} =variable de respuesta.

U = promedio general.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} = error experimental asociado a la i - j ésima unidad experimental.

3.5 TRATAMIENTOS

Los tratamientos son nueve como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos

Tratamiento	Producto
T1	0.45 kg de manzana criolla 10.0-100.0 μ L de C2H4/Kg*hr
T2	0.45 kg de banano williams 1.0-10.0 μ L de C2H4/Kg*hr
T3	0.45 kg de aguacate has 1.0-10.0 μ L de C2H4/Kg*hr
T4	0.45 kg de melocotón salcaja 10.0-100.0 μ L de C2H4/Kg*hr
T5	0.45 kg de pera Bosc 10.0-100.0 μ L de C2H4/Kg*hr
T6	0.45 kg de tomate tolimán μ L de 10.0-100.0 C2H4/Kg*hr
TR2	Ethephon 500 ml/100L
TA	Tubérculo sin aplicación

3.6 CARACTERÍSTICAS DEL ENSAYO

Cada unidad experimental consto de una bolsa con sonda, misma que albergó 20 tubérculos de papa 2.27 kg.

Número total de tratamientos:	32
Número de tubérculos en el ensayo:	640
Número total de bolsas:	32
Número de tubérculos por bolsa:	20
Numero de cajas germinadoras:	32
Número de tubérculos por bandeja:	20 (2.27 kg)
Separación entre caja	0,05m

3.6.1 Esquema de la disposición del ensayo

I	II	II	IV	V	VI	VII	VIII
1 T2	2 TR ₂	3 T3	4 T5	5 T1	6 T4	7 T1	8 T5
9 T4	10 T1	11 T3	12 T1	13 T2	14 TA	15 T3	16 TR ₂
17 TA	18 T2	19 TA	20 T4	21 TR ₂	22 T6	23 T4	24 T2
25 T6	26 T3	27 TA	28 T6	29 T5	30 T5	31 T6	23 TR ₂

3.7 VARIABLES DE LA INVESTIGACION

3.7.1 Independientes

- Productos generadores de etileno.
- Variedad.

3.7.2 Dependientes

- Días a brotación (cuando el 50% tenga un brote de 2 mm) Resust (1986)
- Porcentaje de la brotación.
- Número de brotes (1°,2°,3° meses brotes mayores de 2 mm)
- Longitud y diámetro de brotes (a 1°,2°,3° meses)

3.8 VARIABLES DE RESPUESTA

3.8.1 Días al inicio de la brotación

Se contabilizaron los días transcurridos desde el inicio del ensayo, hasta cuando el 50% de los tubérculos presentaron al menos un brote de 2mm. Resust (1986)

3.8.2 Porcentaje de la brotación

Este dato se tomó al séptimo y catorceavo día de los 2.27 kg de tubérculos de cada tratamiento y repetición, calculando el tanto por ciento de la brotación.

3.8.3 Número de brotes por tubérculo

Se contaron el número de brotes por tubérculo al 1º, 2º y 3º mes, registrando únicamente los tubérculos que estén bien definidos en cada bandeja.

3.8.4 Longitud del brote

Con la ayuda de una vernier se midió la longitud de los brotes mayores de 2mm de cada tratamiento y repetición al 1º, 2º y 3º mes, desde la base hasta el extremo terminal del brote.

3.9 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.9.1 Análisis estadístico:

Las distintas variables fueron evaluadas por medio de análisis de varianza utilizando el programa estadístico Infostat, determinando las diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, seguidamente se procedió a realizar una prueba de separación de medias, por medio de la prueba DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves), al 5% de probabilidad de error, utilizando el mismo programa estadístico.

3.9.2 Infostat:

Es un software para análisis estadístico de aplicación general desarrollado bajo la plataforma Windows. Cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. Una de sus fortalezas es la sencillez de su interfaz combinada con capacidades profesionales para el análisis estadístico y el manejo de datos.

3.9.3 Análisis económico:

Este es un presupuesto parcial el que se efectuó tomando en cuenta los gastos directos e indirectos, relacionados con el proceso, en cuanto a la movilización de los factores de producción tierra, trabajo, el equipo de producción, manejo, jornales y tratamientos según el fruto climatérico a utilizar (Costo de tratamientos) que componen los elementos fundamentales del costo de producción. Determinando la rentabilidad del mismo.

3.10 MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

3.10.1 Adquisición de tubérculos:

Para efectos de la presente investigación se sembraron 300 metros cuadrados de papa de la variedad Loman para obtener al momento de la cosecha las muestras que serían tratadas.

3.10.2 Manejo agronómico del cultivo de papa

Preparación del terreno: La preparación del suelo empezó por la selección de un terreno apropiado, que no sea pedregoso, mal drenado y arcilloso, pues estos suelos forman terrones. La preparación del terreno en el cultivo de papa, es muy importante para la formación de tubérculos, debe realizar un picado profundo de 20 a 30 cm, eliminando al máximo los terrones del suelo, este picado debe hacerlo con azadón, la preparación adecuada del suelo, ayuda a una mejor emergencia de la planta, desarrollo radicular y asimilación de nutrientes y agua.

Siembra:

- Los surcos se trazaron a una distancia de 90 cm entre si y una profundidad entre 15 y 20 cm.
- Los tubérculos-semilla se colocaron a una distancia de 30 centímetros entre sí.

Control de malezas: El control de malezas puede hacerse eficientemente mediante dos limpiezas con azadón.

- La primera se realizó entre los 20 y los 30 días de la siembra. Consistió principalmente de un raspado con azadón.
- La segunda limpieza se realizó a los 35 o 40 días de la siembra y se aprovechó para realizar una calza alta. Con la misma se eliminaron las malezas, se evitó que los tubérculos salieran a la superficie, se expusieran a los rayos del sol y se volvieran de color verde.

Fertilización: La práctica de la fertilización consistió en aplicar al suelo los nutrientes necesarios para la producción.

Cosecha: La cosecha es una etapa del proceso de producción que requiere cuidado especial para mantener la calidad del producto.

- Los tubérculos se cosecharon en completo estado de madurez.
- Trasladándolo seguidamente a la bodega de almacenamiento.

3.10.3 Implementación de la investigación

El ensayo se realizó en el interior de una bodega de almacenamiento con paredes de maya, techo de teja, piso de tierra, sin foco.

3.10.4 Tamaño de la unidad experimental

Se utilizaron 20 tubérculos de papa variedad Loman, para conocer el efecto de los tratamientos de etileno, evaluando la brotación múltiple en el tubérculo- semilla.

3.10.5 Selección de material vegetal para unidad experimental

Se procedió a seleccionar 800 tubérculos, de la variedad Loman que no presentaran daños provocados por plagas y enfermedades con un peso promedio de 40 gramos y 65 mm de longitud, después se colocaron en bandejas en el almacenamiento (durante la cual la tasa de respiración se estabilizará).

3.10.6 Aplicación de los productos generadores de etileno

3.10.6.1 *Frutos climatéricos*

- En una bolsa con sonda (considerando niveles de O₂, CO₂, etileno y la posibilidad de crear condiciones de cámara húmeda) se colocaron cada muestra, que contenían 2.27 kg (20 tubérculos) por 0.45 kg del tratamiento los cuales estaban en el proceso de maduración, maduración de consumo y senescencia, procesos en la que los frutos climatéricos alcanzan la mayor generación de etileno manteniéndose a un mismo nivel, evaluando estos de manera visual en el color del fruto, ya que el color es uno de los indicadores de madurez en los mismos.
- Las bolsas se colocaron en la bodega de almacenamiento con luz difusa y se dejaron por 15 días.

3.10.6.2 *Producto Químico*

- Sumergido durante 10 minutos los tubérculos en una solución de Ethephon..

3.10.7 Establecimiento de los tratamientos y repeticiones

Posterior a la aplicación de los productos generadores se realizó la implantación de los tratamientos con sus respectivas repeticiones a las bandejas germinadoras en el almacenamiento, mismas que evitaron la acumulación de humedad y permitieron la libre circulación de aire, en las cuales además se llevó a cabo el proceso de la brotación de los tubérculos de la papa.

IV. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLE: DÍAS AL INICIO DE LA BROTAÇÃO

Cuadro 1. Análisis de varianza para días al inicio de la brotación en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.

Olintepeque Quetzaltenango						Santa Lucia Ixcamal, San Marcos					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	54.47	9	6.05	7.40	<0.0001	Modelo.	45.18	9	5.02	11.30	<0.0001
Tratamiento	54.47	9	6.05	7.40	<0.0001	Tratamiento	45.18	9	5.02	11.30	<0.0001
Error	24.53	30	0.82			Error	13.32	30	0.44		
Total	79.00	39				Total	58.50	39			
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018.					
<p>Se observa el ANDEVA realizado a los días al inicio de la brotación, el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis general y la hipótesis 1 y se establece que los productos generadores de etileno utilizados como fuentes logaron estimular el periodo de brotación múltiple del tubérculo- semilla de papa de la variedad loman.</p>						<p>Se observa el ANDEVA realizado a los días al inicio de la brotación el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significancia de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis general y la hipótesis 1 y se establece que los frutos climatéricos generadores de etileno utilizados como fuentes logaron estimular el periodo de brotación múltiple del tubérculo- semilla de papa, de la variedad loman.</p>					

Cuadro 2. Análisis de discriminación de medias por el método DGC de días al inicio de la brotación en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa, en dos localidades del occidente de Guatemala.

Olintepeque Quetzaltenango					Santa Lucia Ixcamal, San Marcos				
Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC	Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	2.74	4	0.45	A	TR2	3.54	4	0.33	A
T6	3.66	4	0.45	A	T6	3.81	4	0.33	A
T5	4.57	4	0.45	B	T5	4.19	4	0.33	A
T3	4.57	4	0.45	B	T2	5.63	4	0.33	B
T1	4.96	4	0.45	B	T3	5.63	4	0.33	B
T2	5.25	4	0.45	B	T4	5.63	4	0.33	B
T4	5.63	4	0.45	B	T1	5.67	4	0.33	B
TA	6.72	4	0.45	C	TA	7.02	4	0.33	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

Se presenta el análisis de discriminación de medias por el método DGC se observa 3 grupos, A que estadísticamente es superior corresponde a los tratamientos: TR2, T6, TR, B formado por T5, T3, T1, T2, T4 y C. TA, a través de los resultados obtenidos se considera que para la variedad de papa Loman los producto generador de etileno que lograron estimular el periodo de brotación múltiple del tubérculo- semilla fueron: TR2 Ethephon 500 ml/100L y tomate 10.0-100.0 μ L de C₂H₄/Kg*hr.

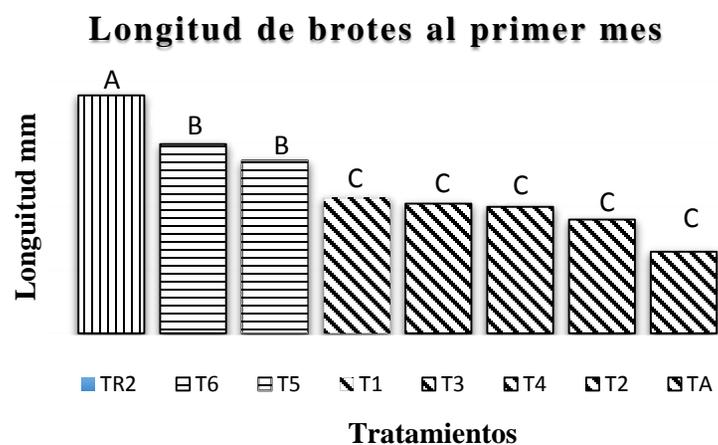
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

Se presenta el análisis de discriminación de medias por el método DGC se puede observar 3 grupos, A que estadísticamente es superior corresponde a los tratamientos: TR2, T6,T5, B: formado por T2, T3, T4, T1 y C TA, por lo que a través de los resultados obtenidos se considera que para la variedad de papa Loman el fruto climatérico generador de etileno que logro estimular el periodo de brotación múltiple del tubérculo- semilla fue el tomate 10.0-100.0 μ L de C₂H₄/Kg*hr.

VARIABLE: LONGITUD Y DIÁMETRO DE BROTES

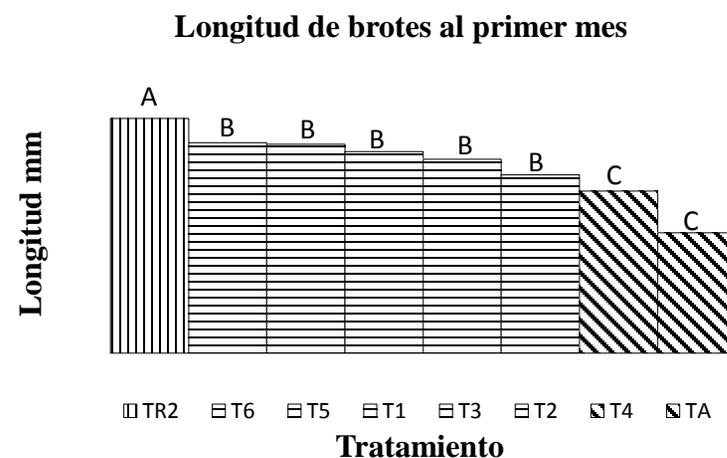
Cuadro 3. Análisis de varianza y discriminación de medias para longitud de brotes al primer, segundo y tercer mes en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (*solanum tuberosum l.*), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.

Olintepeque Quetzaltenango						Santa Lucia Ixcamal, San Marcos					
Primer mes											
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23.99	12	2.00	9.13	<0.0001	Modelo.	12.64	12	1.05	10.30	<0.0001
Repetición	3.07	3	1.02	4.68	0.0093	Repetición	0.55	3	0.18	1.79	0.0093
Tratamiento	20.91	9	2.32	10.61	<0.0001	Tratamiento	12.09	9	1.34	13.14	<0.0001
Error	5.91	27	0.22			Error	2.76	27	0.10		
Total	29.90	39				Total	15.40	39			
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018					
<p>El ANDEVA para la variable longitud de brotes, realizado al primer mes, se puede observar que en la columna del valor $p < 0.0093$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 estadísticamente es altamente significativa, es decir que en el caso de la variedad de papa Loman existe al menos un producto generador de etileno que estimula la brotación del tubérculo.</p>						<p>El análisis de varianza, efectuado a la variable longitud de brotes de papa, dado al primer mes el cuadro indica que existió diferencia estadística altamente significativa en lo relacionado con los tratamientos presentando en la columna de probabilidad < 0.0001, existe al menos un tratamiento que presenta una diferencia. Con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.</p>					
Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC		Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC	
TR2	3.76	4	0.23	A		TR2	2.94	4	0.16	A	
T6	2.99	4	0.23	B		T6	2.48	4	0.16	A	
T5	2.72	4	0.23	B		T5	2.03	4	0.16	B	
T1	2.14	4	0.23	C		T4	1.96	4	0.16	B	
T3	2.05	4	0.23	C		T2	1.85	4	0.16	B	
T4	2.00	4	0.23	C		T1	1.73	4	0.16	B	
T2	1.80	4	0.23	C		T3	1.34	4	0.16	C	
TA	1.29	4	0.23	C		TA	0.93	4	0.16	C	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018					



Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

El análisis de varianza efectuado, se encontró diferencia estadística, para la variable longitud de brotes, la prueba de discriminación de medias por el método DGC el tratamiento TR2 Ethephon 500 ml/100L es estadísticamente superior al primer mes en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.



Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

El análisis de varianza efectuado, se encontró diferencia estadística, para la variable longitud de brotes, realizando la prueba de discriminación de medias por el método DGC, se observa que los tratamientos TR2 Ethephon 500 ml/100L y tomate 10.0-100.0 µL de C₂H₄/Kg*hr. al primer mes son estadísticamente superiores en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.

Segundo mes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18.51	12	1.54	3.43	0.0038
Repetición	5.80	3	1.93	4.30	0.0133
Tratamiento	12.72	9	1.41	3.14	0.0101
Error	12.14	27	0.45		
Total	30.65	39			

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018

El análisis de varianza, efectuado a la variable longitud de brotes de papa, dado al segundo mes el cuadro indica que existió diferencia estadística significativa en lo relacionado con los

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	44.40	12	3.70	13.50	<0.0001
Repetición	12.20	3	4.07	14.83	<0.0001
Tratamiento	32.21	9	3.58	13.05	<0.0001
Error	7.40	27	0.27		
Total	51.81	39			

Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

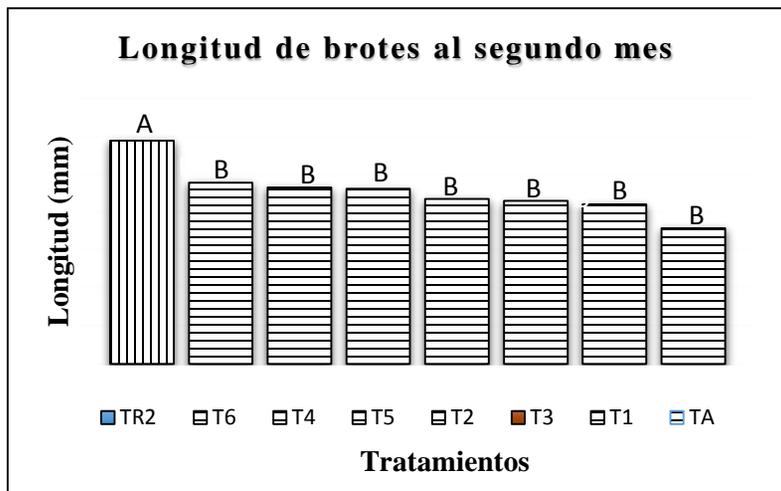
El ANDEVA para la variable longitud de brotes, realizado al segundo mes, en el que se puede observar que en la columna del valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba

tratamientos ya que presenta en la columna de probabilidad 0.0101, existe al menos un tratamiento que presenta una diferencia con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, se realizó la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	5.88	4	0.34	A
T6	4.77	4	0.34	B
T4	4.64	4	0.34	B
T5	4.61	4	0.34	B
T2	4.34	4	0.34	B
T3	4.29	4	0.34	B
T1	4.20	4	0.34	B
TA	3.57	4	0.34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.



Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

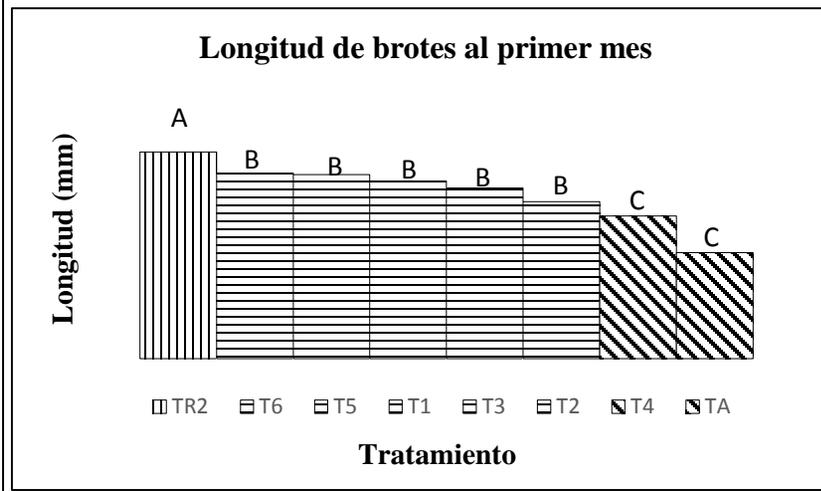
El análisis de varianza demostró diferencia estadística, para la variable longitud de brotes, realizando la prueba de discriminación de medias por el método DGC, observando que el tratamiento TR2 Ethepon 500 ml/100L al segundo mes es

0.05 determinando que estadísticamente es altamente significativa.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	6.34	4	0.26	A
T6	5.69	4	0.26	A
T5	5.65	4	0.26	A
T1	5.45	4	0.26	A
T3	5.24	4	0.26	A
T2	4.82	4	0.26	B
T4	4.38	4	0.26	B
TA	3.25	4	0.26	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018



Fuente: Investigación ICTA, 2,018.

El análisis de varianza efectuado, demostro diferencia estadística, para la variable longitud de brotes, realizando la prueba de discriminación de medias por el método DGC, observando que el tratamiento TR2 Ethepon 500 ml/100L al segundo mes es

estadísticamente superior en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.

estadísticamente superior en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.

Tercer mes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35.85	12	2.99	7.07	<0.0001
Repetición	11.78	3	3.93	9.29	0.0002
Tratamiento	24.08	9	2.68	6.33	0.0001
Error	11.41	27	0.42		
Total	47.26	39			

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018

El análisis de varianza efectuado a la variable longitud de brotes de papa al tercer mes el cuadro indica que existió diferencia estadística altamente significativa en lo relacionado con los tratamientos presentando en la columna de probabilidad 0.0001, existiendo al menos un tratamiento que presenta una diferencia con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	6.71	4	0.33	A
T5	5.63	4	0.33	B
T6	5.27	4	0.33	B
T4	4.73	4	0.33	C
T3	4.63	4	0.33	C
T2	4.63	4	0.33	C
T1	4.47	4	0.33	C
TA	4.12	4	0.33	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10.24	12	9.19	19.86	<0.0001
Repetición	12.69	3	4.23	9.15	0.0002
Tratamiento	97.55	9	10.84	23.44	<0.0001
Error	12.49	27	0.46		
Total	122.73	39			

Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

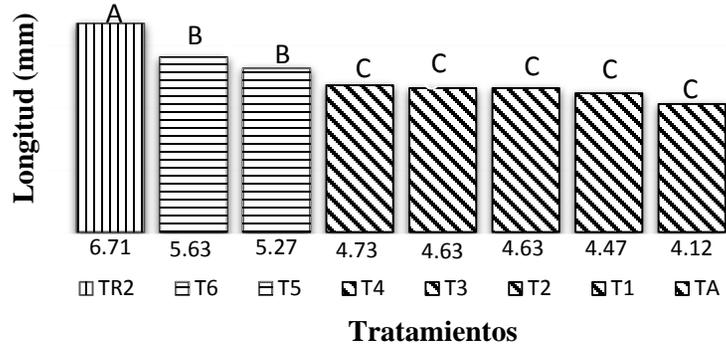
En el cuadro 36 se observa el ANDEVA realizado a la variable longitud de brotes, se observa el valor $p < 0.0001$ que es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 y por tanto implica que existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, existe al menos un tratamiento que presenta una diferencia con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	12.30	4	0.34	A
T6	10.02	4	0.34	B
T5	9.91	4	0.34	B
T3	9.78	4	0.34	B
T4	9.41	4	0.34	B
T2	9.40	4	0.34	B
T1	8.92	4	0.34	B
TA	6.66	4	0.34	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

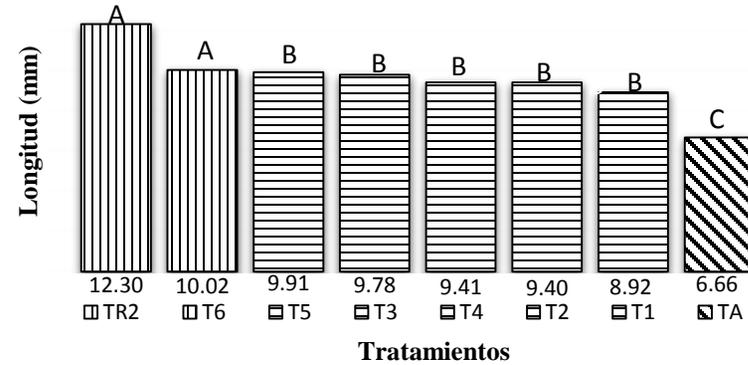
Longitud de brotes al tercer mes



Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

El efecto causado por el etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa, para la variable longitud de brotes de acuerdo al análisis de varianza efectuado, se encontró que existe diferencia estadística, se realizó la prueba de discriminación de medias por el método DGC observando que el tratamiento TR2 Ethepon 500 ml/100L es estadísticamente superior al tercer mes.

Longitud de brotes al tercer mes

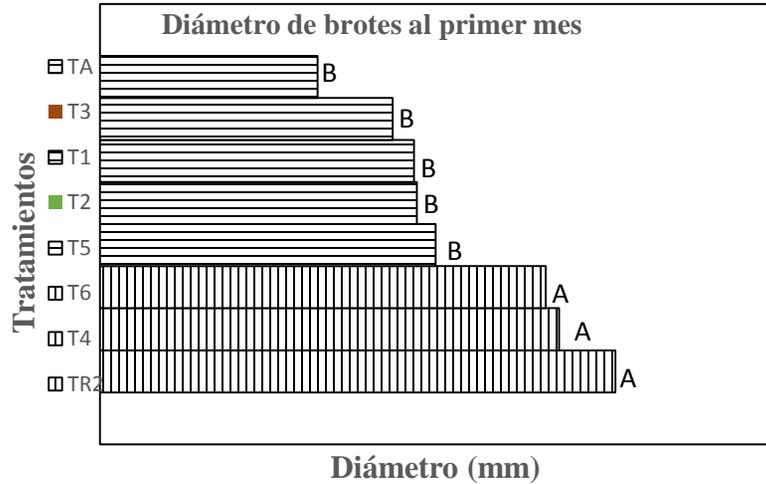


Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018.

El efecto causado por el etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa, para la variable longitud de brotes el análisis de varianza efectuado encontró que existe diferencia estadística, realizando la prueba de discriminación de medias por el método DGC observando que los tratamientos Ethepon 500 ml/100L y tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}\cdot\text{hr}$ son estadísticamente superiores al tercer mes.

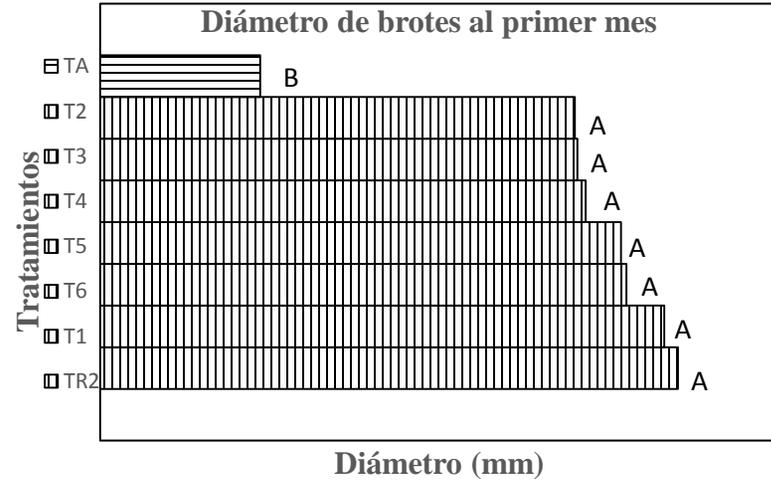
Cuadro 4. Análisis de varianza y discriminación de medias para diámetro de brotes al, primer, segundo y tercer mes en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (*solanum tuberosum l.*), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.

Olintepeque Quetzaltenango						Santa Lucia Ixcamal, San Marcos					
Primer mes											
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7.22	12	0.60	4.68	0.0004	Modelo.	12.85	12	1.07	4.07	0.0012
Repetición	2.44	3	0.81	6.34	0.0022	Repetición	4.78	3	1.59	6.07	0.0027
Tratamiento	4.78	9	0.53	4.15	0.0019	Tratamiento	8.06	9	0.90	3.41	0.0064
Error	3.46	27	0.13			Error	7.10	27	0.26		
Total	10.68	39				Total	19.95	39			
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018					
<p>El ANDEVA para la variable diámetro de brotes, realizado al primer mes observando que en la columna del valor $p < 0.0019$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 determinando que estadísticamente es altamente significativa, en el caso de la variedad de papa Loman existe al menos un fruto climatérico que proporciona al primer mes una mayor calidad de brotes.</p>						<p>El análisis de varianza, efectuado a la variable longitud de brotes de papa, dado al primer mes el cuadro indica que existió diferencia estadística significativa en lo relacionado con los tratamientos presentando en la columna de probabilidad 0.0064, existe al menos un tratamiento que presenta una diferencia con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, por tal razón se realizó la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.</p>					
Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC		Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC	
TR2	1.92	4	0.18	A		TR2	2.13	4	0.26	A	
T4	1.71	4	0.18	A		T1	2.08	4	0.26	A	
T6	1.66	4	0.18	A		T6	1.94	4	0.26	A	
T5	1.25	4	0.18	B		T5	1.92	4	0.26	A	
T2	1.18	4	0.18	B		T4	1.79	4	0.26	A	
T1	1.17	4	0.18	B		T3	1.76	4	0.26	A	
T3	1.09	4	0.18	B		T2	1.75	4	0.26	A	
TA	0.81	4	0.18	B		TA	0.59	4	0.26	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018.					



Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2018.

Se presentan los resultados del análisis de discriminación de medias (0.05) observando la formación de dos grupos. El primer grupo y superior estadísticamente al resto de los tratamientos en cuanto a los productos generadores etileno en la estimulación de la brotación del tubérculo a la variable diámetro de brotes está formado por los tratamientos Ethepon 500 ml/100L, melocotón, tomate. El segundo grupo está conformado por los tratamientos, pera, banano, manzana, aguacate, y tubérculo sin aplicación.



Fuente: Investigación IXCAMAL, 2018

El análisis de varianza efectuado, encontró diferencia estadística para la variable diámetro de brotes, realizando la prueba de discriminación de medias por el método DGC, observando que el tratamiento TR2 Ethepon 500 ml/100L al primer mes es estadísticamente superior en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.

Segundo mes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.07	12	0.34	3.78	0.0020
Repetición	1.12	3	0.37	4.17	0.0150
Tratamiento	2.95	9	0.33	3.65	0.0043
Error	2.42	27	0.09		
Total	6.49	39			

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2018

El análisis de varianza, efectuado a la variable diámetro de brotes de papa, dado al segundo mes existió diferencia

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26.93	12	2.24	5.84	0.0001
Repetición	7.90	3	2.63	6.85	0.0014
Tratamiento	19.04	9	2.12	5.51	0.0003
Error	10.37	27	0.38		
Total	37.31	39			

Fuente: Investigación ICTA, 2018

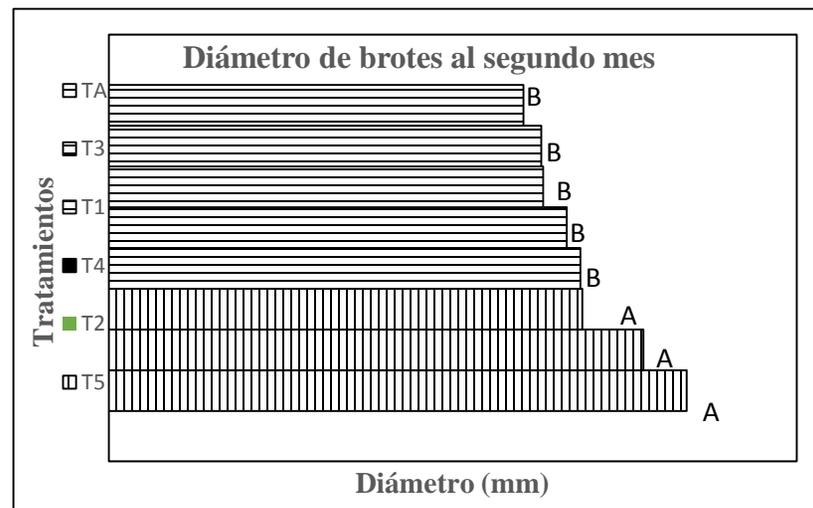
se presenta el ANDEVA para la variable diámetro de brotes, realizado al segundo mes, demuestra que en la columna del valor

estadística significativa en lo relacionado con los tratamientos ya que presenta en la columna de probabilidad 0.0043, existe al menos un tratamiento que presenta una diferencia con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, por tal razón se realizó la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	2.94	4	0.15	A
T6	2.72	4	0.15	A
T5	2.41	4	0.15	B
T2	2.40	4	0.15	B
T4	2.33	4	0.15	B
T1	2.21	4	0.15	B
T3	2.20	4	0.15	B
TA	2.11	4	0.15	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.



Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

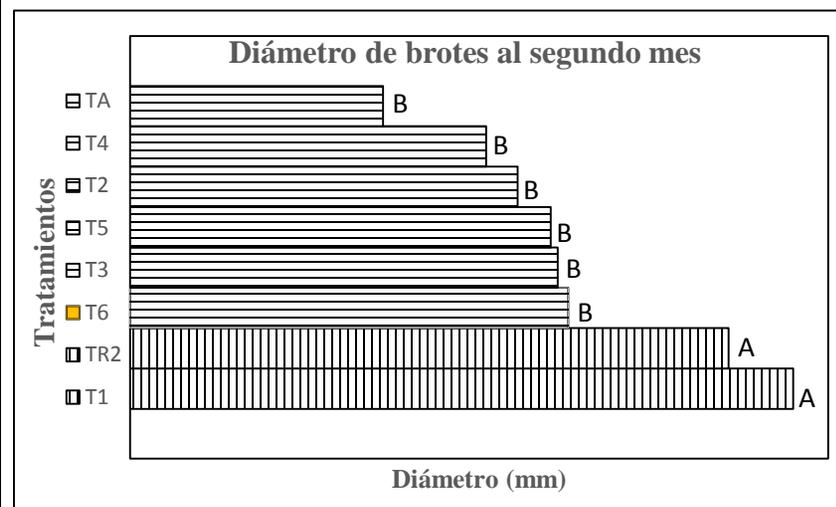
El efecto causado por el etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa, para la variable diámetro de brotes el análisis de varianza efectuado encontró que existe

p 0.0003 es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 estadísticamente es altamente significativa, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
T1	3.80	4	0.31	A
TR2	3.43	4	0.31	A
T6	2.51	4	0.31	B
T3	2.45	4	0.31	B
T5	2.41	4	0.31	B
T2	2.22	4	0.31	B
T4	2.04	4	0.31	B
TA	1.45	4	0.31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018



Fuente: Investigación ICTA, 2,018.

El análisis de varianza efectuado encontró diferencia estadística para la variable longitud de brotes, realizando la prueba de discriminación de medias por el método DGC, el tratamiento T1

diferencia estadística, realizando discriminación de medias por el método DGC observando que el tratamiento TR2 Ethephon 500 ml/100L es estadísticamente superior al segundo mes.						Manzana al segundo mes es estadísticamente superior en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.					
Tercer mes											
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7.72	12	0.64	1.53	0.1731	Modelo.	31.63	12	2.64	1.35	0.2498
Repetición	0.78	3	0.26	0.62	0.6061	Repetición	13.93	3	4.64	2.38	0.0921
Tratamiento	6.93	9	0.77	1.84	0.1075	Tratamiento	17.70	9	1.97	1.01	0.4592
Error	11.33	27	0.42			Error	52.78	27	1.95		
Total	19.05	39				Total	84.42	39			
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018					
El análisis de varianza efectuado a la variable diámetro de brotes de papa, dado al tercer mes no existió diferencia estadística en lo relacionado con los tratamientos en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman.						El análisis de varianza, efectuado a la variable diámetro de brotes de papa, dado al tercer mes no existió diferencia estadística en lo relacionado con los tratamientos, presenta en la columna de probabilidad 0.4592, no existe ningún tratamiento que presente una diferencia.					

VARIABLE: NÚMERO DE BROTES

Cuadro 5. Análisis de varianza y discriminación de medias para número de brotes al primero, segundo y tercer mes en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (*solanum tuberosum l.*), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.

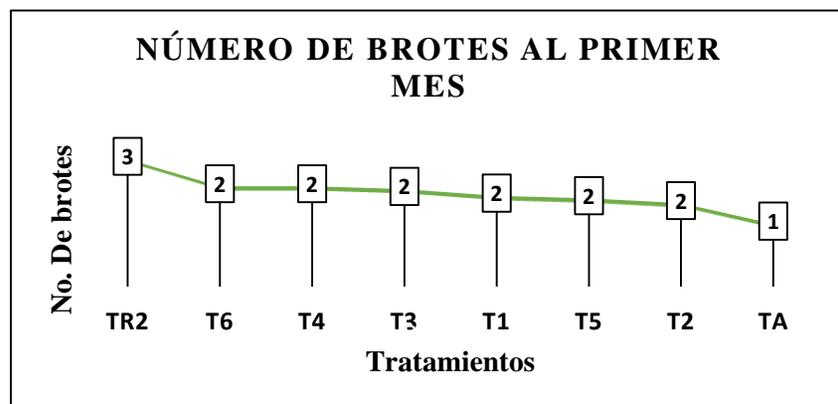
Olintepeque Quetzaltenango						Santa Lucia Ixcamal, San Marcos					
Primer mes											
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	33.54	12	2.79	9.05	<0.0001	Modelo.	77.48	12	6.46	5.78	0.0001
Repetición	26.23	3	8.74	28.30	<0.0001	Repetición	14.72	3	4.91	4.39	0.0122
Tratamiento	7.31	9	0.81	2.63	0.0251	Tratamiento	62.75	9	6.97	6.24	0.0001
Error	8.34	27	0.31			Error	30.16	27	1.12		
Total	41.88	39				Total	107.64	39			
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018					
El análisis de varianza efectuado a la variable número de brotes de papa, dado al primer mes existió diferencia estadística						se presenta el ANDEVA para la variable número de brotes, realizado al primer mes, el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de					

altamente significativa con los tratamientos presentando en la columna de probabilidad 0.0251, existe al menos un tratamiento que presenta una diferencia con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	3.48	4	0.28	A
T6	2.75	4	0.28	B
T4	2.75	4	0.28	B
T3	2.68	4	0.28	B
T1	2.50	4	0.28	B
T5	2.45	4	0.28	B
T2	2.30	4	0.28	B
TA	1.75	4	0.28	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.



Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

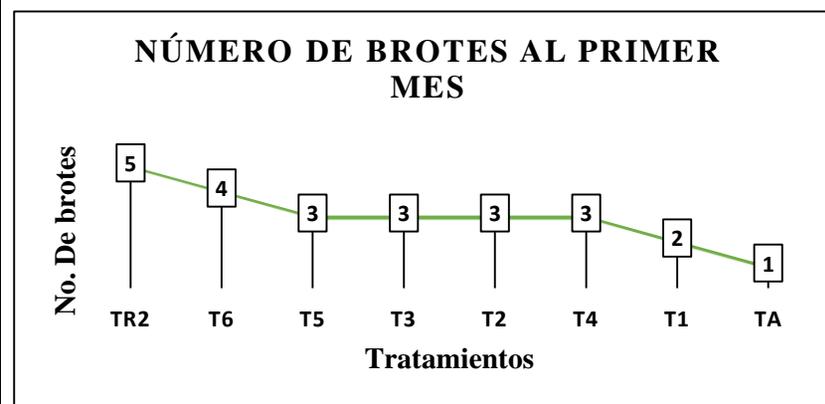
El análisis de varianza efectuado encontró diferencia estadística para la variable número de brotes, realizando la prueba de discriminación de medias por el método DGC, el tratamiento TR2 Ethephon 500 ml/100L al primer mes es estadísticamente superior

significancia de la prueba 0.05 estadísticamente es altamente significativa, aceptando la hipótesis 2 y se establece que los frutos climatéricos generadores de etileno utilizados como fuentes logaron proporcionar una mayor cantidad de brotes en el tubérculo- semilla de papa, por tal razón se realizó la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	5.05	4	0.53	A
T6	4.48	4	0.53	B
T5	3.98	4	0.53	B
T3	3.65	4	0.53	B
T2	3.55	4	0.53	B
T4	3.28	4	0.53	B
T1	2.23	4	0.53	B
TA	1.18	4	0.53	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

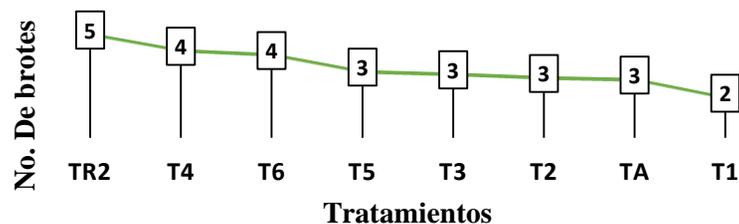


Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

El análisis de varianza efectuado encontró diferencia estadística para la variable número de brotes, realizando la prueba de discriminación de medias por el método DGC el tratamiento TR2 Ethephon 500 ml/100L al primer mes es estadísticamente superior

en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.						superior en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.					
Segundo mes											
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	33.08	12	2.76	6.04	0.0001	Modelo.	55.29	12	4.61	9.54	<0.0001
Repetición	4.46	3	1.49	3.25	0.0371	Repetición	23.01	3	7.67	15.89	<0.0001
Tratamiento	28.63	9	3.18	6.96	<0.0001	Tratamiento	32.27	9	3.59	7.43	<0.0001
Error	12.33	27	0.46			Error	13.03	27	0.48		
Total	45.41	39				Total	68.32	39			
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018					
El análisis de varianza efectuado a la variable número de brotes de papa, dado al segundo mes existió diferencia estadística altamente significativa en lo relacionado con los tratamientos presentando en la columna de probabilidad 0.0001, al menos un tratamiento que presenta una diferencia con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.						El análisis de varianza efectuado a la variable número de brotes de papa, dado al segundo mes existió diferencia estadística altamente significativa en lo relacionado con los tratamientos presentando en la columna de probabilidad <0.0001, existe al menos un tratamiento que presenta una diferencia con respecto a los demás en la estimulación de los brotes de papa de la variedad Loman, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.					
Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC		Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC	
TR2	5.16	4	0.34	A		TR2	5.75	4	0.35	A	
T4	4.38	4	0.34	A		T6	4.40	4	0.35	B	
T6	4.18	4	0.34	A		T5	4.00	4	0.35	B	
T5	3.38	4	0.34	B		T2	3.90	4	0.35	B	
T3	3.25	4	0.34	B		T3	3.78	4	0.35	B	
T2	3.08	4	0.34	B		T4	3.73	4	0.35	B	
TA	3.00	4	0.34	B		T1	3.38	4	0.35	B	
T1	2.13	4	0.34	C		TA	2.70	4	0.35	C	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.						Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018					

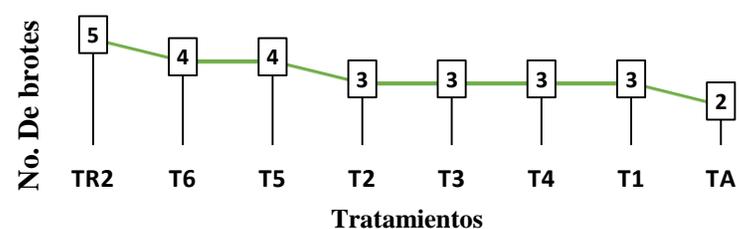
NÚMERO DE BROTES AL SEGUNDO MES



Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

El efecto causado por el etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa, para la variable longitud de brotes de acuerdo al análisis de varianza efectuado existe diferencia estadística, la prueba de discriminación de medias por el método DGC el tratamiento TR2 Ethephon 500 ml/100L es estadísticamente superior al segundo mes.

NÚMERO DE BROTES AL SEGUNDO MES



Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

El efecto causado por el etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa, para la variable número de brote en el análisis de varianza efectuado, existe diferencia estadística, la prueba de discriminación de medias por el método DGC el tratamiento TR2 Ethephon 500 ml/100L es estadísticamente superior al segundo mes.

Tercer mes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	32.42	12	2.70	4.58	0.0005
Repetición	9.94	3	3.31	5.62	0.0040
Tratamiento	22.47	9	2.50	4.23	0.0017
Error	15.93	27	0.59		
Total	48.35	39			

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018

El análisis de varianza, efectuado a la variable número de brotes de papa, dado al tercer mes existió diferencia estadística altamente significativa en lo relacionado con los tratamientos presentando en la columna de probabilidad 0.0017, al menos un tratamiento presenta una diferencia con respecto a los demás en la cantidad de los brotes de papa de la variedad Loman, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	68.36	12	5.70	10.45	<0.0001
Repetición	24.44	3	8.15	14.94	<0.0001
Tratamiento	43.92	9	4.88	8.95	<0.0001
Error	14.72	27	0.55		
Total	83.08	39			

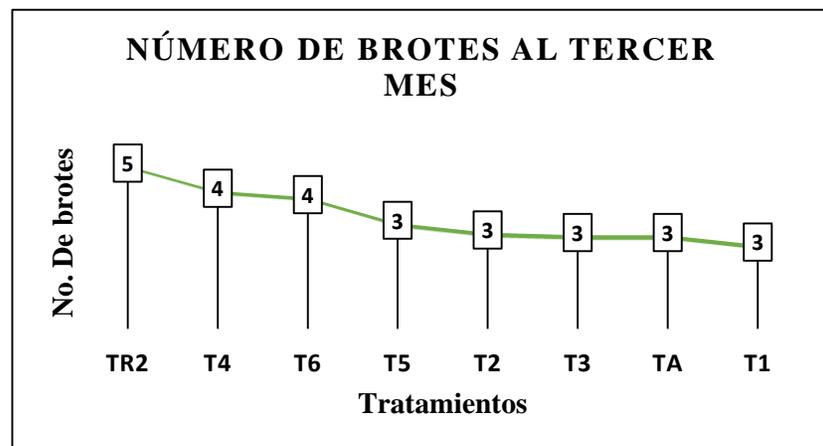
Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

El ANDEVA para la variable número de brotes, realizado al tercer mes el valor $p < 0.0001$ es menor al nivel de significación de la prueba 0.05 estadísticamente es altamente significativa se acepta la hipótesis 2 y se establece que los productos generadores de etileno utilizados como fuentes logaron proporcionar una mayor cantidad de brotes en el tubérculo- semilla de papa, realizando la prueba de discriminación de medias, a través del método DGC.

Tratamiento	Medias	N	E.E	DGC
TR2	5.20	4	0.38	A
T4	4.50	4	0.38	A
T6	4.30	4	0.38	A
T5	3.38	4	0.38	B
T2	3.08	4	0.38	B
T3	3.00	4	0.38	B
TA	3.00	4	0.38	B
T1	2.70	4	0.38	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.



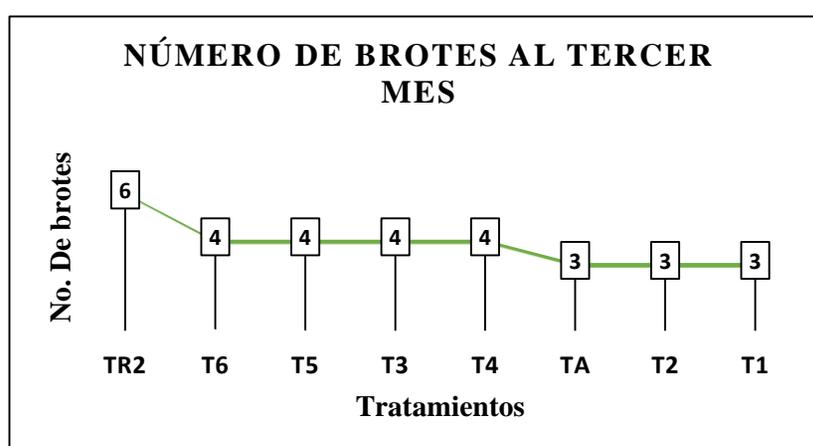
Fuente: Investigación OLINTEPEQUE, 2,018.

El efecto causado por el etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa, para la variable número de brotes en el análisis de varianza existe diferencia estadística, la prueba de discriminación de medias por el método DGC el tratamiento TR2 Ethephon 500 ml/100L es estadísticamente superior al tercer mes.

Tratamiento	Medias	n	E.E	DGC
TR2	6.78	4	0.37	A
T6	4.88	4	0.37	B
T5	4.75	4	0.37	B
T3	4.48	4	0.37	B
T4	4.18	4	0.37	B
TA	3.85	4	0.37	B
T2	3.73	4	0.37	B
T1	3.70	4	0.37	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018



Fuente: Investigación IXCAMAL, 2,018

El análisis de varianza para la variable número de brotes, se realizó la prueba de discriminación de medias por el método DGC el tratamiento TR2 Ethephon 500 ml/100L es estadísticamente superior al tercer mes en el efecto del etileno generado en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa.

4.2 ANÁLISIS ECONÓMICO.

El análisis económico se divide en dos partes: presupuesto parcial y análisis marginal.

Presupuesto parcial: Se presenta de manera desglosad en el cuadro 6.

Cuadro 6. Presupuesto parcial efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala

	Unidad de medida	Tratamiento						
		Ethephon TR2	Manzana T1	Banano T2	Aguacate T3	Melocotón T4	Pera T5	Tomate T6
Rendimiento	Kg/ha	3158.82	3158.82	3158.82	3158.82	3158.82	3158.82	3158.82
Beneficios de Almacén	Q/ha	17167.5	17167.5	17167.5	17167.5	17167.5	17167.5	17167.5
Beneficio bruto	Q/ha	17167.5	17167.5	17167.5	17167.5	17167.5	17167.5	17167.5
Precio del producto	Q/ha	3,433.50	4,120.20	6,867.00	13,734	13,734	6,867.00	2,746.80
Precios de bolsas	Q/ha	412	412	412	412	412	412	412
Precio de manguera	Q/ha	343.35	343.35	343.35	343.35	343.35	343.35	343.35
Precio de pita	Q/ha	137.34	137.34	137.34	137.34	137.34	137.34	137.34
Mano de obra	Q/ha	686.7	686.7	686.7	686.7	686.7	686.7	686.7
Total de costos que varían	Q/ha	5,012.89	5,699.59	8,446.39	15,313	15,313	8,446.39	4,326.19
Beneficio neto	Q/ha	12154.11	11467.91	8721.11	1854.5	1854.5	8721.11	12841.31

Fuente: Elaboración propia, 2018

En el presupuesto parcial constituye únicamente como tratamientos de brotación de tubérculos para semilla y no un paquete tecnológico completo.

En el cuadro 6, se muestra un presupuesto parcial de los 7 productos evaluados en la investigación, Efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa (*solanum tuberosum L.*), de la variedad loman, en dos localidades del occidente de Guatemala.

Análisis marginal: El análisis marginal se dividió en; Análisis de dominancia, curvas de beneficios netos y tasa de retorno marginal.

Se inició realizando el análisis de dominancia, para generar este análisis se ordenaron los tratamientos de manera ascendente de acuerdo con los costos que varían. El cálculo se presenta en el cuadro 7

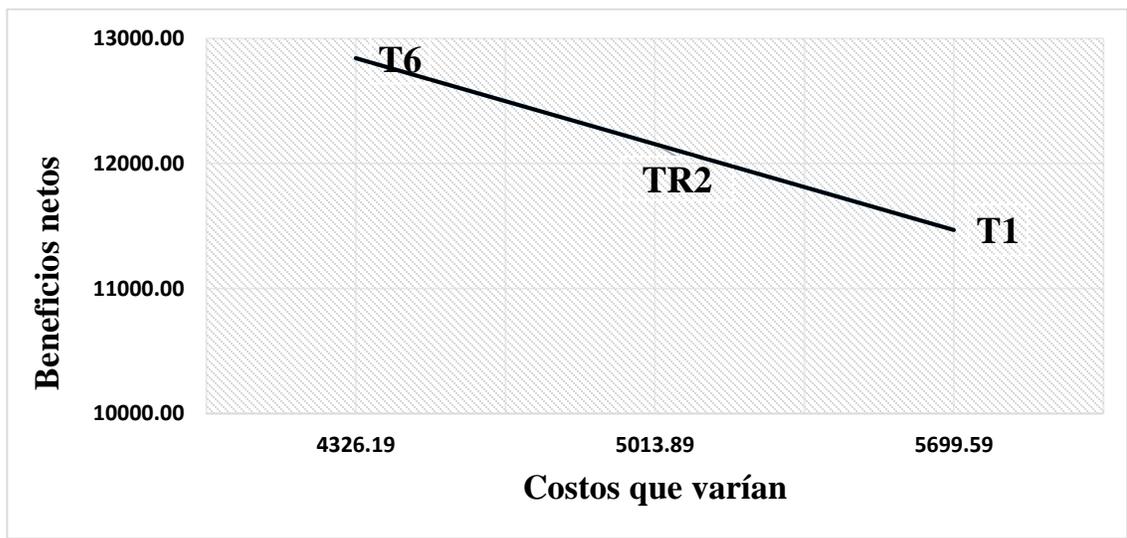
Cuadro 7. Análisis de dominancia

Tratamientos	Costos que varían. Q/Ha.	Beneficios netos. Q/Ha	
T6	4326.19	12841.31	
TR2	5013.89	12154.11	
T1	5699.59	11467.91	
T2	8446.39	8721.11	Dominado
T5	8446.39	8721.11	Dominado
T3	15313.39	1854.50	Dominado
T4	15313.39	1854.50	Dominado

Fuente: Elaboración propia, 2018

El cuadro 7 da a conocer los tratamientos dominados: T2, T5, T3 y T4. Estos han sido dominados debido a que sus beneficios netos son menores o iguales a algún tratamiento que presenta costos que varían más bajos. Además, el cuadro 7 define que el tratamiento más barato después del testigo relativo es el tratamiento T6 (Tomate), mientras el tratamiento más caro es el tratamiento T4 (melocotón). Con el análisis de dominancia aún no se puede dar una recomendación definitiva, pues se deben de analizar las diferencias entre los tratamientos no dominados.

Para determinar las diferencias entre los tratamientos que no fueron dominados se realizó la curva de beneficios netos, la cual se muestra en la gráfica.



Grafica No. 1 Curva de beneficios netos

Según la gráfica, la curva de beneficios netos expresa la pendiente más elevada entre el tratamiento T6 y el tratamiento TR2, mientras, la pendiente entre el tratamiento TR2 y el tratamiento T1 es menos elevada. Sin embargo, para revelar exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida es necesario calcular la tasa de retorno marginal, la cual se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Tasa de retorno marginal del efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa.

Tratamientos	Costos que varían Q/Ha	costos que varían marginales Q/Ha	Beneficios netos Q/Ha	Beneficios netos marginales Q/Ha	Tasa de retorno marginal
T6	4326.19	687.7	12841.31	687.31	160%
TR2	5013.89	685.7	12154.11	686.2	100%
T1	5699.59		11467.91		

Fuente: Elaboración propia, 2018

La tasa de retorno marginal expresa el porcentaje de ganancia de los tratamientos que presentaron una dominancia y una pendiente más elevada, según el cuadro 8, al utilizar el tratamiento T6 el agricultor podría obtener un 160% de retorno, es decir por cada quetzal invertido en el tratamiento T6 recibirá Q 1.00 más Q 1.60 y respecto a la tasa de retorno marginal entre el tratamiento TR2 y el T1 representaría 100% adicional, o sea, en la utilización del tratamiento T1 se esperaría ganar Q1.00 más Q1.00 .

4.3 SÍNTESIS DE RESULTADOS EN LA INVESTIGACION “EFECTO DE SIETE PRODUCTOS GENERADORES DE ETILENO EN LA ACELERACIÓN DE LA BROTAÇÃO DEL TUBÉRCULO – SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*), DE LA VARIEDAD LOMAN, EN LA LOCALIDAD DE OLINTEPEQUE QUETZALTENANGO”.

Días al inicio de la brotación: El análisis de varianza, para días al inicio de la brotación en el efecto causado por siete productos generadores de etileno en la aceleración del tubérculo-semilla de papa de la variedad loman, se determinó que estadísticamente existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se infiere que para acelerar la brotación se puede utilizar TR2 Ethephon 500 ml/100L y T6 0.45 kg de tomate.

Porcentaje de la brotación: El análisis de varianza, para el porcentaje de brotación tomados al séptimo y catorceavo día de los tubérculos de cada tratamiento y repeticiones, se comprobó que estadísticamente existe diferencia altamente significativa, por lo que se concluye que para el día 7 el mejor tratamiento es TR2 Ethephon 500 ml/100L con un 60 % de brotación en el tubérculo- semilla, y a los 14 días el TR2 Ethephon 500 ml/100L con un 72.50% de brotación en el tubérculo- semilla.

Número de brotes por tubérculo: En la siguiente tabla se presentan los tratamientos que dieron el mejor resultado para obtener un mayor número de brotes al 1º, 2º y 3º. Mes siendo el TR2

Ethephon 500 ml/100L, T6 0.45 kg de tomate y T4 0.45 kg de melocotón, en la investigación se logró determinar que alcanza el mayor número de brotes al 2º. Mes.

Tratamiento / Número de brotes	1º. Mes	2º. Mes	3º. Mes	Mejor tratamiento para número de brotes por tubérculo TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate, T4 0.45 kg de melocotón
	TR2 = 3	TR2 = 5	TR2 = 5	
		T4 = 4	T4 = 4	
		T6 = 4	T6 = 4	

Longitud y diámetro del brote:

Tiempo	Longitud	Diámetro	Mejor tratamiento para longitud y diámetro del brote
1º. Mes	TR2 = 3.76 mm	TR2 = 1.92 mm T4 = 1.71 mm T6 = 1.66 mm	Longitud: TR2 Ethephon 500 ml/100L Diámetro: TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate
2º. Mes	TR2 = 5.88 mm	TR2 = 2.94 mm T6 = 2.72 mm	
3º. Mes	TR2 = 6.71 mm	No existe diferencia estadística	

La tabla anterior presenta la variable longitud y diámetro del brote en el efecto provocado por siete productos generadores de etileno en la aceleración del tubérculo- semilla de papa de la variedad loman, se determinó que los mejores tratamientos para el parámetro longitud fue el TR2 Ethephon 500 ml/100L y para diámetro: TR2 Ethephon 500 ml/100L y el T6 0.45 kg de tomate y se obtendrán iguales resultados.

Con los datos anteriores podemos concluir que en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa, de la variedad loman, en la localidad del municipio de Olintepeque Quetzaltenango, los mejores tratamientos son el TR2 Ethephon 500 ml/100L y T6 0.45 kg de tomate.

Variable	Mejores tratamientos
Días al inicio de la brotación	TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate
Porcentaje de la brotación	TR2 Ethephon 500 ml/100L.
Número de brotes por tubérculo	TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate
Longitud y diámetro del brote	Longitud: TR2 Ethephon 500 ml/100L Diámetro: TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate

4.4 SÍNTESIS DE RESULTADOS EN LA INVESTIGACION “EFECTO DE SIETE PRODUCTOS GENERADORES DE ETILENO EN LA ACELERACIÓN DE LA BROTAÇÃO DEL TUBÉRCULO – SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*), DE LA VARIEDAD LOMAN, EN LA LOCALIDAD DE IXCAMAL SAN MARCOS”.

Días al inicio de la brotación: El análisis de varianza, para días al inicio de la brotación en el efecto causado por siete productos generadores de etileno en la aceleración del tubérculo-semilla de papa de la variedad loman, se determinó que estadísticamente existió diferencia altamente significativa entre los tratamientos, por lo que se infiere que para acelerar la brotación se puede utilizar TR2 Ethephon 500 ml/100L, T6 0.45 kg de tomate y T5 0.45 kg de pera.

Porcentaje de la brotación: El análisis de varianza, para el porcentaje de brotación tomados al séptimo y catorceavo día de los tubérculos de cada tratamiento y repeticiones, se comprobó que estadísticamente existe diferencia altamente significativa, por lo que se concluye que para el día 7 el mejor tratamiento es TR2 Ethephon 500 ml/100L con un 35 % de brotación en el tubérculo- semilla, y a los 14 días el TR2 Ethephon 500 ml/100L con un 62.50%, T6 0.45 kg de tomate con un 60% y T5 0.45 kg de pera con un 57.50% de brotación en el tubérculo-semilla.

Número de brotes por tubérculo: En la siguiente tabla se presentan los tratamientos que dieron el mejor resultado para obtener un mayor número de brotes al 1º, 2º y 3º. Mes siendo el TR2 Ethephon 500 ml/100L, T6 0.45 kg de tomate, T5 0.45 kg de pera, T3 0.45 kg de Aguacate, T2 0.45 kg de banano y T4 0.45 kg de melocotón, en la investigación se logró determinar que alcanza el mayor número de brotes al 1º. Mes.

Tratamiento / Número de brotes	1º. Mes	2º. Mes	3º. Mes	Mejor tratamiento para número de brotes por tubérculo TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate. *
	TR2 = 5	TR2 = 5	TR2 = 6	
	T6 = 4			
	T5 = 3			
	T3 = 3			
	T2 = 3			
	T4 = 3			

Longitud y diámetro del brote:

Tiempo	Longitud	Diámetro	Mejor tratamiento para longitud y diámetro del brote
1º. Mes	TR2 = 2.94 mm T6 = 2.48 mm	TR2 = 2.13 mm T1 = 2.08 mm T6 = 1.94 mm T5 = 1.92 mm T4 = 1.79 mm T3 = 1.76 mm T2 = 1.72 mm T6 = 1.66 mm	Longitud: TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate. Diámetro: TR2 Ethephon 500 ml/100L
2º. Mes	TR2 = 6.34 mm T6 = 6.28 mm T5 = 5.65 mm T1 = 5.45 mm T3 = 5.24 mm	T1 = 3.80 mm TR2 = 3.43	T1 0.45 kg de manzana.
3º. Mes	TR2 = 12.30 mm	No existe diferencia estadística	

La tabla anterior presenta la variable longitud y diámetro del brote en el efecto provocado por siete productos generadores de etileno en la aceleración del tubérculo- semilla de papa de la variedad loman, se determinó que los mejores tratamientos para el parámetro longitud fueron TR2 Ethephon 500 ml/100L y T6 0.45 kg de tomate y para diámetro: TR2 Ethephon 500 ml/100L y 0.45 kg de manzana y se obtendrán iguales resultados.

Con los datos anteriores podemos concluir que en el efecto de siete productos generadores de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo – semilla de papa, de la variedad loman, en la localidad de IXCAMAL San Marcos, los mejores tratamientos son el TR2 Ethephon 500 ml/100L, T6 0.45 kg de tomate y T5 0.45 kg de pera.

Variable	Mejores tratamientos
Días al inicio de la brotación	TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate *
Porcentaje de la brotación	TR2 Ethephon 500 ml/100L. T6 0.45 kg de tomate *
Número de brotes por tubérculo	TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate *
Longitud y diámetro del brote	Longitud: TR2 Ethephon 500 ml/100L T6 0.45 kg de tomate. Diámetro: TR2 Ethephon 500 ml/100L T1 0.45 kg de manzana

* En este caso según la prueba de DGC, existen otros tratamientos que estadísticamente son iguales y que pueden ser utilizados en caso de no contar con los productos de la tabla.

4.5 CONCLUSIONES

1. Los productos generadores de etileno que aceleraron la brotación del tubérculo- semilla de papa, de la variedad loman, en la localidad de Olinstepeque Quetzaltenango fueron: TR2 (Ethrel 500 ml/100L) y T6 (0.45 kg de tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$).

En la localidad de Aldea Santa Lucia Ixcamal San Marcos, utilizando TR2 (Ethephon 500 ml/100L), T6 (0.45 kg de tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$) y T5 (0.45 kg de pera 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$) se logró acelerar la brotación del tubérculo semilla obteniendo iguales resultados, de tal manera que se acepta la hipótesis número 1.

2. En la localidad de Olinstepeque Quetzaltenango se determinó que los tratamientos TR2 (Ethephon 500 ml/100L), T6 (0.45 kg de tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$) y T4 (0.45 kg de melocotón 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$) con 5 y 4 brotes respectivamente fueron los mejores tratamientos, la calidad medida a través de los parámetros longitud y diámetro del brote se determinó que los mejores productos fueron TR2 (Ethephon 500 ml/100L) y T6 (0.45 kg de tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$).

En la localidad Aldea Santa Lucia Ixcamal San Marcos, se determinó que los tratamientos TR2 (Ethephon 500 ml/100L), y T6 (0.45 kg de tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$) obtuvieron 5 y 4 brotes respectivamente fueron los mejores tratamientos, la calidad medida a través de los parámetros longitud y diámetro del brote se determinó que los mejores productos fueron TR2 (Ethephon 500 ml/100L) y T6 (0.45 kg de tomate 10.0-100.0 μL de $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Kg}^*\text{hr}$) Se acepta la hipótesis número 2 que establece que los productos generadores de etileno proporcionarían una mayor cantidad de brotes en el tubérculo- semilla de papa de la variedad loman.

3. De acuerdo al análisis económico realizado se determinó en ambas localidades que el tratamiento con más bajo costo es el tratamiento T6 (Tomate) con un costo de Q/ha 4,326.19, mientras el tratamiento más costoso es el tratamiento T4 (melocotón) con Q/ha 15,313.00, la tasa marginal de retorno indica que al utilizar el tratamiento T6 el agricultor podría obtener un 160% de retorno, es decir por cada quetzal invertido en el tratamiento T6 recibirá Q 1.00 más Q 1.60 y respecto a la tasa de retorno marginal entre el tratamiento TR2 y el T1 representaría 100% adicional, o sea, en la utilización del tratamiento T1 se esperaba ganar Q1.00 y adicional Q1.00 más. aceptando la hipótesis 3.

4.6 RECOMENDACIONES

1. Considerar esta investigación como base para encontrar productos naturales generadores de etileno que aceleren la brotación del tubérculo- semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*), de la variedad loman.
2. Utilizar como producto generador de etileno el tomate para acelerar la brotación del tubérculo- semilla de papa, de la variedad loman.
3. Para obtener una mayor cantidad de brotes en el tubérculo- semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*), de la variedad loman y con una mejor calidad se recomienda utilizar tomate.
4. Se recomienda utilizar el tomate como producto generador de etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo-semilla de papa, de la variedad loman en base al análisis económico.
5. Medir concentraciones en frutos climatéricos que mostraron significancia estadística (Tomate, pera, melocotón) y así poder obtener dosis más exactas de producción de C₂H₄ (Etileno) de dichos productos.
6. Evaluar diferente cantidad de productos orgánicos para próximos estudios.
7. Analizar condiciones climáticas de las localidades para determinar incidencia de brotes o comportamiento del etileno.

4.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Aquino B, EN. 2012. Funciones del Etileno (en línea). Consultado 03 marzo. 2017. Disponible en [http:// www. Es. Slideshare.net/kyohenry/etileno-12036835](http://www.Es.Slideshare.net/kyohenry/etileno-12036835).
2. Asenjo V, J; de los Rios M, LM; Sainz U, R; Tapia H, L. 2012. Horticultura efectiva: Producción de Alcoholes Volátiles durante maduración de los Frutos. Obtenido de http://pendietedemigracion.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos. Pdf. 11p.
3. Bauzo, CA. 2008. El Cultivo de la Papa en Argentina. Cultivos Intensivos II. Argentina, Argentina. 42p.
4. Cabezas G, M. 2004. Fisiología de la Maduración del Tubérculo de la Papa. Yara, Colombia. 10p.
5. El Cid, A. 2002. EL cultivo de la papa en Guatemala.
6. Ezeta. 1991. La Competitividad en el Cultivo de Papa en Latinoamérica y el Caribe: Implicaciones y retos inmediatos. Lima, Perú.
7. FAO. (2008). La papa en la década de 1990. Situación y perspectivas de la economía de la papa a nivel mundial. Roma, Italia.
8. Gutiérrez Álvarez, A. 1977. Efecto de la aplicación de ácido giberelico sobre la brotación y rendimiento de los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L): Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 49p.
9. Hernández, C. 2014. Rol del Etileno en la maduración de los frutos: Ensayos de Etileno con Plátano. Bedoya, G. Universidad Católica Sedes Sapientiae Centro de Investigación Biológica-Ancón
10. Hidalgo, OA. 1999. Producción de Tubérculos-Semillas de Papa: Manual de capacitación CIP. 2 Edición. Lima, Peru, 97p.
11. López, R. 2014. Efecto de Tres Dosis de un Inhibidor de Brotación de Tubérculos en Almacenamiento, de Tres Variedades de Papa (*Solanum Tuberosum* L.), Para Consumo Humano, en Condiciones de Bodega Rustica, en la Estación Experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Quetzaltenango. Licenciatura en Ciencias agrícolas. San Marcos, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de San Marcos.
12. MAGA, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2008. Diagnostico Cadena de Papa. Consejo de Producción Agrícola. Guatemala, Guatemala. 51p.
13. Malagamba, F. 1999. Manejo del tubérculo. En línea. Consultado el 12 de abril del 2013. Disponible en: <http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventariode-tecnologias/manejo-del-tuberculo-semilla-de-la-papa>.
14. Montesdeoca M, F. 2005. Guía para la Producción, comercialización y uso de semilla de Papa de Calidad. Primera Edición. PNTR-INIAP-Proyecto Fortipapa- pa,pp.40.
15. Naranjo et al. 2002. Cosecha y pos cosecha, Centro Internacional de la Papa. En línea. Consultado el 08 de abril del 2013. Disponible en:http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/cosecha_y_poscosecha_set_language=es&cl=es.
16. Red Nacional de Grupos Gestores. 2016. Fortalecimiento de las Capacidades de Consorcios Locales De Investigación Agrícola Identificación de Puntos Críticos Y

- Temas Para la Formulación de Proyectos de Investigación en la Agro cadena de La Papa. González, EM. Quetzaltenango, Guatemala. 65p.
17. Roman C, M; Hurtado, G. 2002. Guía técnica: Cultivo de la Papa. CENTA. San Salvador, El Salvador. 36p.
 18. Rylski, I; Rappaport, L; Pratt, H. 1973. Efectos duales del etileno sobre la latencia de la papa y el crecimiento del brote. Departamento de Cultivos Vegetales, Universidad de California, Davis, California 95616
 19. Tobías H, RC. 2013. Sistematización de las Experiencias Sobre el Efecto del Ethephon en Diferentes Dosis Y Tiempos de Aplicación en Propagación de Esquejes en Chinitas (*Impatiens walleriana* Hook). Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 29p.
 20. Veliz G, PX. 2010. Evaluación a la Aplicación de Giberelina (New Gibb 10%), Para Inducir a la Brotación en Tubérculos de la Papa (*Solanum Tuberosum*). Licenciatura en Ciencias Agrícolas. Cevallos, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato facultad de Ingeniería Agronómica. 84p.
 21. Zúñiga M, JA. 2014. Aplicación de Dosis de Biol para la Brotación de Tubérculos de Papa (*Solanum Tuberosum* L.) Var. Fripapa. Licenciatura en ciencias Agrícolas. Cevallos, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. 82p.

Fotografías.



Fotografía 1. Prueba Preliminar de maduración de frutos.



Fotografía 2. Peso y selección del material vegetal.



Fotografía 3. Toma de datos.



Fotografía 4. Brotes al tercer mes.

Cronograma

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8
Redacción de protocolo								
Siembra								
Manejo del cultivo								
Cosecha								
Selección de material vegetativo								
Aplicación de productos								
Implantación de la Investigación								
Toma de datos								
Tabulación de información								
Análisis de Información								
Informe Final								



EFFECTO DE SIETE PRODUCTOS GENERADORES DE ETILENO EN LA ACELERACIÓN DE LA BROTACIÓN DEL TUBÉRCULO – SEMILLA DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*), DE LA VARIEDAD LOMAN, EN DOS LOCALIDADES DEL OCCIDENTE DE GUATEMALA.



Nombre del responsable: _____

REPETICION: _____

Fecha.	No Semana	Tratamientos										Variables.	Cond. De Alm.		Observaciones
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	TR ²	TA	T°.		H°R		
												Días a brotación			
												% de brotación			
												No. De brotes			
												Longitud de brotes			
												Diámetro de brotes			
												Peso			
												Días a brotación			
												% de brotación			
												No. De brotes			
												Longitud de brotes			
												Diámetro de brotes			
												Peso			