



CRIA

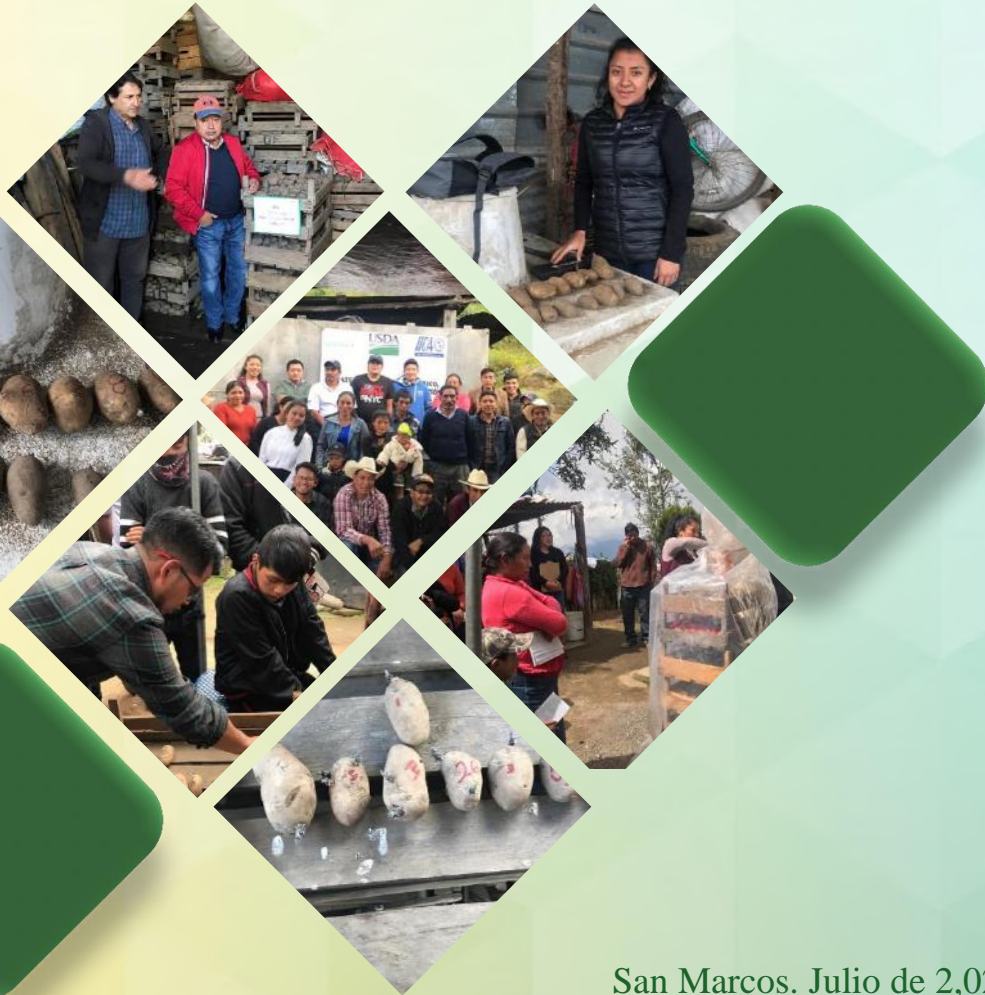
Programa Consorcios
Regionales de
Investigación Agropecuaria



CRIA Occidente

Cadena de papa

“Tomate como fruto climatérico, alternativa para la estimulación de la brotación de tubérculo de papa”



Nehemías Rivera Méndez

Narcy Pérez Velásquez

Darvin Mazariegos López

San Marcos. Julio de 2,020



Programa Consorcios
Regionales de
Investigación Agropecuaria



CRIA Occidente

Cadena de papa

“Tomate como fruto climatérico, alternativa para la estimulación de la brotación de tubérculo de papa”

Nehemías Rivera Méndez

Narcy Pérez Velásquez

Darvin Mazariegos López

San Marcos. Julio de 2,020





Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en ingles). El contenido de esta publicación es responsabilidad de sus autores y de la institución a la que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan

INDICE

1	Introducción	8
2	Marco Teórico.....	9
2.1	Origen del cultivo de la papa, <i>Solanum</i> sp.	9
2.2	Situación actual del cultivo de papa en Guatemala.	9
2.3	Fisiología del Tubérculo-Semilla de Papa.....	10
2.3.1	Factores que afectan la duración del período de reposo.....	12
2.3.2	Tratamientos para romper el período de reposo del tubérculo semilla	13
2.4	Características de la variedad Loman.	14
2.5	Sistemas de Almacenamiento de Papa.	14
2.5.1	Almacenamiento en bandejas o estantes:	15
2.6	Etileno.....	15
2.6.1	Biosíntesis	15
2.6.2	Modo de acción:	16
2.6.3	Aplicaciones en la Agricultura.	17
2.7	Frutos climatéricos	17
2.7.1	Climaterio.....	18
2.7.2	Madurez del fruto	18
2.8	Tecnología a validar	19
2.9	Validación.....	21
2.9.1	Validación prospectiva.....	22
2.9.2	Validación a nivel de finca o comunitaria.....	22
2.9.3	Validación de tecnologías dentro del enfoque de sistemas.	23
3	Objetivos	23
4	Hipótesis	24
5	Metodología	24
5.1	Localidad.	24
5.2	Comparación de muestras.....	25
5.3	Tratamientos	25
5.3.1	Tecnología a validar: Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	25
5.3.2	Descripción de los tratamientos a evaluar.	26

5.4	Modelo Estadístico.....	26
5.5	VARIABLES DE RESPUESTA.....	27
5.5.1	Días al inicio de la brotación:.....	27
5.5.2	Numero de brotes:.....	27
5.5.3	Calidad de brotes:.....	27
5.6	Análisis de información.....	27
5.7	Difusión de resultados.....	27
6	Manejo de los tratamientos de prueba.....	27
6.1	Tamaño del tratamiento de prueba.....	28
6.2	Selección de material vegetal para unidad experimental.....	28
6.3	Aplicación del fruto climatérico (Tomate).....	28
6.4	Retiro del nylon y extracción de fruto climatérico.....	28
7	Resultados.....	29
7.1	Número de brotes.....	29
7.1.1	Número de brotes al primer mes.....	30
7.2	Longitud y diámetro de brotes.....	30
7.2.1	Longitud de brotes.....	33
7.2.2	Diámetro de brotes.....	34
7.3	Aceptabilidad del productor de papa de la nueva tecnología.....	36
7.3.1	Talleres a Actores Locales.....	36
7.3.2	Días de campo.....	38
7.3.3	Análisis de la aceptabilidad del agricultor.....	44
8	Conclusiones.....	50
9	Recomendaciones.....	52
10	Referencia bibliográfica.....	54
	Anexos.....	57

Índice de cuadros

Cuadro 1:	Ubicación de las áreas de estudio.....	24
Cuadro 2:	Tratamiento y material.....	25
Cuadro 3:	Cantidad de tomate a utilizar para la semilla de siembra de una hectárea.....	26
Cuadro 4:	Datos de números de brotes.....	29
Cuadro 5:	t-Student número de brotes al primer mes.....	30

Cuadro 6: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas).....	30
Cuadro 7: Datos de longitud de brotes	31
Cuadro 8: Datos de diámetro de brotes	32
Cuadro 9: t-Student para longitud de brotes al primer mes.....	33
Cuadro 10: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas).....	33
Cuadro 11: t-Student para longitud de brotes al segundo mes	33
Cuadro 12: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas).....	34
Cuadro 13: t-Student para longitud de brotes al tercer mes	34
Cuadro 14: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas).....	34
Cuadro 15: t-Student para diámetro de brotes al primer mes.....	34
Cuadro 16: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas).....	35
Cuadro 17: t-Student para diámetro de brotes al segundo mes	35
Cuadro 18: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas).....	35
Cuadro 19: t-Student para diámetro de brotes al tercer mes	35
Cuadro 20: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas).....	36
Cuadro 21. Comparativo de la tecnología de producción de semilla de papa, con la tecnología del agricultor y la nueva tecnología usando tomate como fruto climatérico como emisor de etileno.	49

Índice de graficas

Grafica 1. Aceptación de la nueva tecnología.....	44
Grafica 2. Percepción del agricultor en la aceleración del brote del tubérculo de papa con el tomate como alternativa para el rompimiento de dormancia del tubérculo.	45
Grafica 3. Percepción del agricultor en la comparación de calidad y cantidad de brotes en tubérculo en ambos tratamientos.....	46
Grafica 4. Percepción del agricultor en cuanto a la facilidad de adquirir tomate para la producción de etileno.	47
Grafica 5. Percepción del agricultor en la utilización y replica de la tecnología en su unidad productiva.....	47
Grafica 6. Razones para aceptar la tecnología.	48



Siglas y acrónimos

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CRIA	Programa de Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos de la Universidad de San Carlos de Guatemala
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Guatemala
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INCAP	Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Título

Tomate como fruto climatérico, alternativa para la estimulación de la brotación de tubérculo de papa.

Nehemías Juan Rivera ¹
Narcy Denisse Pérez Velásquez²
Darvin Mazariegos ³

Resumen

Validar estriba fundamentalmente en las grandes diferencias que existen entre los sistemas de producción de los pequeños productores (los futuros usuarios) y las condiciones de investigación en finca cuando es manejada por los investigadores, por lo que el presente texto presenta los resultados obtenidos en la validación del fruto climatérico tomate como alternativa para la estimulación del brote en el tubérculo de papa en tres municipios del departamento de San Marcos. Tecnología desarrollada y validada a partir de materiales locales, fundamentalmente de un producto orgánico (tomate) y en respuesta a los problemas que existen y afrontan los agricultores y semilleros en la demanda de poca semilla, ya que a veces la oferta de semilla no coincide con la del inicio de producción debido a la falta de técnicas para acelerar o retardar el brote de la semilla.

Se comparó bajo las condiciones del agricultor mediante el diseño experimental de parcelas pareadas el rompimiento de la dormancia del tubérculo de papa utilizando el tomate como fruto estimulador del brote, con el método convencional del agricultor, utilizando y analizando con el modelo estadístico t-Student, los resultados indicaron que si existen diferencias altamente significativas entre ambos tratamientos y se concluye que el fruto climatérico estimula la brotación del tubérculo-semilla de papa obteniendo dentro del primer mes el número de brotes con características ideales para la siembra del tubérculo, en comparación con el testigo que se logra obtener brotes adecuados para las siembra al tercer mes.

Dentro de la validación se utilizó también el método etnográfico para entender y analizar las percepciones del agricultor como la aceptabilidad del tomate como fruto climatérico en la

estimulación de la brotación del tubérculo el cual fue aceptado y la opinión fue favorable como una tecnología promisoría.

Title

Tomato as a climacteric fruit, alternative for the stimulation of potato tuber sprouting.

Nehemías Juan Rivera ¹
Narcy Denisse Pérez Velásquez²
Darvin Mazariegos ³

Summary

Validation is fundamentally based on the great differences that exist between the production systems of small producers (future users) and the conditions of on-farm research when it is managed by researchers, so this text presents the results obtained in the validation of the Tomato climacteric fruit as an alternative to stimulate the outbreak in the potato tuber in three municipalities of the department of San Marcos. Technology developed and validated from local materials, mainly from an organic product (tomato) and in response to the problems that farmers and seed producers face and demand for little seed, since sometimes the supply of seed does not coincide with that of the beginning of production due to the lack of techniques to accelerate or delay the sprouting of the seed.

Under the conditions of the farmer, the rupture of dormancy of the potato tuber using the tomato as an outbreak stimulating fruit was compared with the conventional method of the farmer, using and analyzing with the statistical model t-Student, using the experimental design of paired plots. The results indicated that if there are highly significant differences between the two treatments, it is concluded that the climacteric fruit stimulates the sprouting of the potato seed-tuber, obtaining within the first month the number of shoots with ideal characteristics for planting the tuber, compared to the witness that it is possible to obtain suitable shoots for sowing in the third month.



Within the validation, the ethnographic method was also used to understand and analyze the farmer's perceptions such as the acceptability of the tomato as a climacteric fruit in the stimulation of tuber sprouting, which was accepted and the opinion was favorable as a promising technology.

<

1 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 (Ezeta1991). Estudios realizados por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá - INCAP-, 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. (FAO 2008)

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 (Hidalgo 1999). 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. (Gutiérrez 1977)

En el 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. (El Cid 2002)

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. (Montesdeoca 2005)

<

Pérez (2018), en la investigación del efecto de frutos climatéricos en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum L.*), recomienda que se debe pasar a la fase de validación del tratamiento de Tomate (*Solanum lycopersicum*) por haber estimulado el brote de tubérculo entre los 7 y 14 días después de la aplicación, esta estimulación se considera como alta, rompiendo el periodo de dormancia del tubérculo reduciendo el proceso de desarrollo de los brotes obteniendo semilla en diferentes épocas del año abasteciendo a los agricultores.

En base de lo anterior, esta investigación pretende conocer la opinión del agricultor en cuanto a la utilización y aceptación del fruto climatérico tomate como producto para la estimulación del brote en el tubérculo de papa, para posteriormente iniciar la fase de transferencia de tecnología.

2 Marco Teórico

2.1 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. (Veliz 2010).

2.2 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. (MAGA 2008).

<

2.3 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. (Hidalgo 1999)

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 encada 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 del peridermo pueden acortar el tiempo de latencia. (Hidalgo 1999)

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 pos cosecha: 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 pos cosecha es comúnmente utilizado para fines prácticos. La duración del período de reposo determinará la fecha de siembra. (Hidalgo 1999)

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 podrirse en el suelo antes de emerger, lo cual conduce al fracaso en el cultivo. (Hidalgo 1999)

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. (Veliz 2010).

- 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. (Veliz 2010).

- 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. (Montesdeoca 2005)

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). (Veliz 2010)

- 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. (Montesdeoca 2005)

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 lluviosa), 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. (Veliz 2010)

2.3.1 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. (Hidalgo 1999)

- 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. (Bauzo 2008)

- 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. (Bauzo 2008)

- 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. (Hidalgo 1999)

- Grado de madurez del tubérculo a la cosecha.

Los tubérculos inmaduros tienen usualmente un reposo postcosecha más largo que aquellos maduros. (Hidalgo 1999). 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. (Hidalgo 1999)

- 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. (Bauzo 2008).

2.3.2 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 la brotación. (Naranjo 2002)

- 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 a la brotación. Ambos tratamientos dan buenos resultados con variedades precoces (Malagamba, 1999)

- 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). (Naranjo 2002)

2.4 Características de la variedad Loman.

Planta con tallos y hojas de 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 con 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). (El Cid 2002)

2.5 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. (López 2014)

2.5.1 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 pre brotados producen tallos y raíces más vigorosos resistentes a las enfermedades y el cultivo logra un mayor rendimiento y calidad de la producción. (López 2014)

2.6 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.

2.6.1 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 ACCoxidasasa 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.

Mencionan también que 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 $\mu\text{l/kg-hr}$) en blueberries (*Vaccinium* sp.) a extremadamente elevadas (3.400 $\mu\text{l/kg-hr}$) en flores devanecientes de orquídeas *Vanda*. (Veliz 2010)

2.6.2 Modo de acción:

Ellos recalcan además que su acción se da principalmente porque: -Se une a receptores del tipo proteico que reconocen moléculas pequeñas de doble ligadura -Debe 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.

Efectos Fisiológicos También mencionan que interviene en;

- La maduración de frutos
- Senescencia de órganos
- Epinastia
- Tipomorfogénesis o perturbación mecánica
- Hipertrofias
- Exudación de resinas, látex 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. (Veliz 2010)

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.

2.6.3 Aplicaciones en la Agricultura.

Sostienen 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 látex, gomas y resinas- Inhibición de la nodulación inducida por Rizhobium, de la tuberización y bulbificación- Promoción de la floración femenina en Cucurbitáceas. (Veliz 2010)

Ethrel, (nombre comercial) o ethephon (nombre genérico), es una sustancia productora de etileno. Es el ácido 2-cloroetilfosfonico (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). (Tobias 2013)

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, aguacate, plátano, chirimoya, higo, melón, melocotón, pera, tomate, sandía. (Hernández 2014)

<

2.7.1 Climaterio

Periodo en el desarrollo de ciertos frutos durante el cual tiene lugar una serie de cambios bioquímicos iniciados por la producción autocatalítica 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. (Asenjo 2012)

2.7.2 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 ARNm, 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. (Hernández 2014)

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. (Hernández 2014)

¿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 piruvatodescarboxilasa. Realizan descarboxilaciones no oxidativas, por eso se produce un gran aumento del cociente respiratorio. Esta piruvatodescarboxilasa 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. (Asenjo 2012)

2.8 Tecnología a validar

Basada en la identificación de puntos críticos en la Agrocadena de papa en el occidente de Guatemala de se generó la investigación “Efecto del etileno generado por frutos climatéricos en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum L.*)” por Pérez Velásquez (2019) donde recomienda validar el tomate como fruto climatérico por la aceleración del brote del tubérculo semilla de papa. Pérez Velásquez (2019) demostró que el tomate como fruto climatérico acorto el periodo de dormancia del tubérculo presentándose los mismos en estado de brotación múltiple.

<

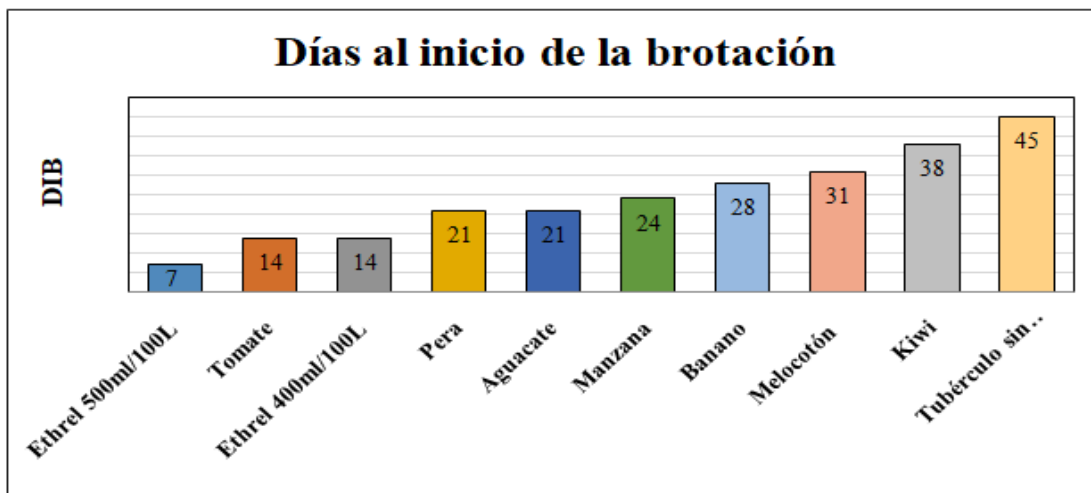


Figura 1: Días al inicio de la brotación en los distintos frutos Climatéricos en la aceleración del tubérculo semilla de papa.

Fuente: Tomada de Pérez Velásquez, 2019

En la misma investigación, Pérez Velásquez (2019) menciona que en ambas localidades el tomate como fruto climatérico presento mejor calidad de brotes por tubérculo al primer mes.

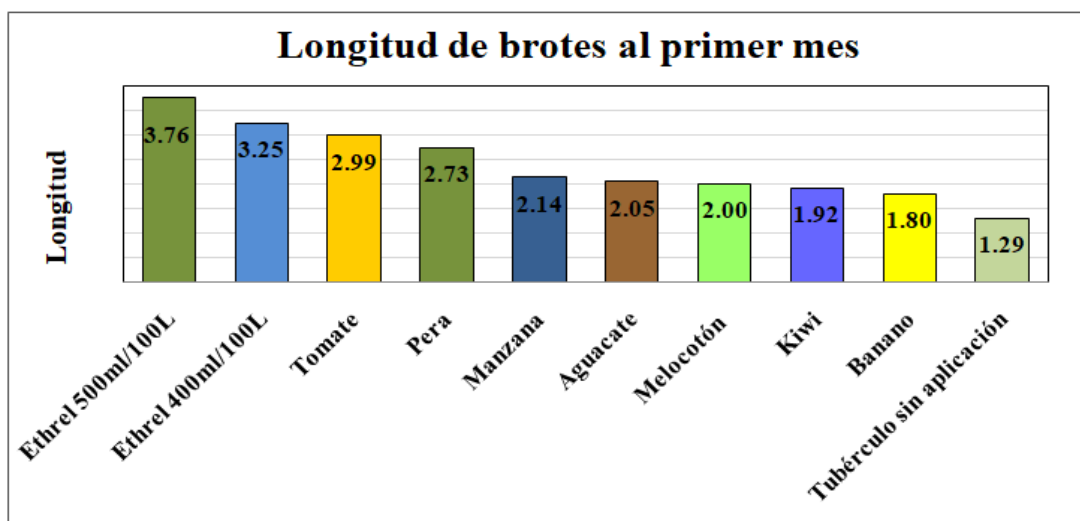


Figura 2: Longitud de brotes en el tubérculo con los distintos frutos Climatéricos al primer mes.

Fuente: Tomado de Pérez Velásquez, 2019

<

2.9 Validación.

Se estima la validez como el hecho de que una prueba sea de tal manera concebida, elaborada y aplicada y que mida lo que se propone medir.

Validar estriba fundamentalmente en las grandes diferencias que existen entre los sistemas de producción de los pequeños productores (los futuros usuarios) y las condiciones de investigación en finca cuando es manejada por los investigadores. La pertinencia de los resultados de la investigación es incierta cuando no se realiza en las circunstancias de los potenciales usuarios, bajo manejo y control directo de ellos, con una mínima injerencia externa.

La validación de tecnologías forma parte de la metodología de investigación en sistemas de producción y se utiliza en diversas partes del mundo. Los objetivos de la validación de tecnologías, que son básicamente compartidos por los diferentes autores, han sido resumidos por Radulovich et al (1993) como:

- a. Producir información en un contexto real sobre los efectos que una tecnología puede tener en los sistemas objeto. Esto definirá la conveniencia de transferir una tecnología, en función tanto de las ventajas productivas, socioeconómicas y ambientales que ofrece, como del tipo de productores que se pueden beneficiar de ella.
- b. Producir información sobre el esfuerzo de extensión que se necesitará para posteriormente transferir la tecnología a productores, una vez validada. En este sentido, la validación es también una investigación sobre transferencia. Por otra parte, tradicionalmente se ha visto la validación de alguna tecnología como el paso final en el proceso de investigación, cuando una tecnología es llevada a los productores para evaluar su pertinencia en el contexto mismo del usuario potencial.

Así, antes de someter una tecnología promisoriosa a difusión masiva, se obtiene información sobre cómo funcionará al ser manejada por los productores. Este modelo, sin embargo, ha sido superado, ya que la participación de los pequeños productores y sus familias es considerada fundamental en los diversos estadios de la investigación y no solamente en el último, después de que los investigadores han diseñado y realizado

<

su investigación. Al respecto, y entre otros, Ashby (1986; 1990) y Versteeg y Koudokpon (1993) citados por Radulovich et al (1993), describen las ventajas de incluir a los productores en las diversas fases de una investigación.

De esta forma, el proceso de investigación se realiza de una manera más eficiente y, desde un principio, se orienta hacia el resultado final de la investigación, el cual es la validación. De esta forma, la validación de tecnologías deja de ser un punto final de la investigación para convertirse en el principal resultado de la misma, hacia el cual se apuntan los esfuerzos desde un principio. Vista de esta manera, la validación de tecnologías se convierte en un modelo de investigación que se puede ejecutar desde un inicio y no solamente como el cierre de la investigación (Radulovich et al, 1993).

2.9.1 Validación prospectiva.

La validación, implica transferir experimentalmente tecnologías a productores y darles seguimiento durante el proceso hasta concluirlo (Radulovich et al, 1993).

2.9.2 Validación a nivel de finca o comunitaria.

Según Radulovich (1993), estas dos modalidades de validación, que no necesariamente son excluyentes, se refieren a la distinción que hay que efectuar en algunos casos en que para lograr el adecuado funcionamiento de alguna tecnología es conveniente o necesario implementarla con grupos de productores o con una comunidad. Este es el caso de tecnologías con un costo de implementación mayor que el que un productor individual puede costear, como es un pozo profundo o la compra de un semental.

Algunas tecnologías requieren del nivel comunitario para su implementación, ya sea por el costo de implementación, el requerimiento de mano de obra para su manejo, el volumen mínimo de producción necesario para lograr rentabilidad, u otras circunstancias como pueden ser lograr apoyo estatal para desarrollo de infraestructura, la concesión de tierras para un bosque comunitario, el establecimiento de una cooperativa de comercialización, o el manejo comunitario de un recurso público como agua para riego (Radulovich et al, 1993).

<

2.9.3 Validación de tecnologías dentro del enfoque de sistemas.

Como parte de la investigación sobre sistemas de producción, la noción sobre desarrollo rural se enfoca a lo siguiente (Radulovich et al, 1993):

1. Para que una nueva tecnología tuviera éxito entre los productores se tendría que considerar no únicamente los requisitos biofísicos sino también los requisitos socioeconómicos de una mejora en un sistema de cultivo.
2. Esto implicaría una visión del sistema de producción (la finca) en su totalidad, incluyendo al productor y familia, y más allá de la finca: los sistemas regionales, nacionales y hasta globales de los cuales forma parte.

Se desarrollaron y aplicaron enfoques y metodologías para hacer frente a este reto de investigación aplicada, que iba más allá del simple aumento de producción en condiciones más o menos controladas en estaciones experimentales. Esto conllevó a incorporar al proceso de investigación elementos de extensión, para poder llevar a los productores las tecnologías simulando procesos de extensión.

3 Objetivos

General:

Validar el tomate como fruto climatérico para la estimulación de la brotación del tubérculo- semilla de papa.

Específicos:

- Comparar la tecnología tradicional realizada por agricultores y semilleristas para la estimulación de la brotación del tubérculo semilla de papa con la tecnología del tomate como fruto climatérico.
- Determinar el nivel de aceptabilidad del tomate como fruto climatérico en la estimulación de la brotación del tubérculo por los agricultores y semilleristas.

<

4 Hipótesis

Ha. El fruto climatérico (tomate) superara significativamente en la estimulación de la brotación del tubérculo-semilla de papa.

Ho. El fruto climatérico aplicado (tomate) no superara significativamente en la estimulación al testigo del productor.

5 Metodología

5.1 Localidad.

Los estudios de validación o de prueba se establecieron en tres municipios del departamento de San Marcos, seleccionándose para ello áreas de producción a nivel de asociaciones con productores locales, quienes realizaron las actividades que acostumbran.

Cuadro 1: Ubicación de las áreas de estudio

MUNICIPIO	COORDENADAS	DISTANCIA DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL	CLIMA	TEMEPRATURA PROMEDIO	ALTITUD MSNM
San Antonio Sacatepéquez 1. Aldea Santa Rosa De Lima 2. Caserío Vista Hermosa	14°58'00"N 91°44'00"O	38 km	Frio	20° C	2,338.65
San Pedro Sacatepéquez 1. Cantón el Carmen, San Andrés Chapil 2. Cantón Carolina, Aldea La Grandeza 3. Aldea San Andrés Chapil.	14°57'59"N 91°46'39"O	10 km	Templado	19°C	2,330.00

<

Tacaná San Marcos 1. Aldea Cunlaj 2. Cantón Yerba Buena, Aldea Sujchay 3. Cantón Pin Pin, Aldea Majadas 4. Cantón Cohatan, Aldea Tojcheche 5. Cantón Shulú.	15°14'29"N 92°04'06"O	72 km	Templado	14°C	2,242.00
---	--------------------------	-------	----------	------	----------

5.2 Comparación de muestras

El diseño para comparación de muestras que se utilizó fue parcelas apareadas, este método es utilizado cuando se tienen únicamente dos tratamientos por comparar ya que este permite evaluar ambos tratamientos de manera relacionada, a pesar de la distancia entre localidades experimentales o repeticiones.

5.3 Tratamientos

5.3.1 Tecnología a validar: Tomate (*Solanum lycopersicum*)

El cuadro 2, describe los tratamientos a utilizar dentro de la validación como la cantidad de fruto climatérico a utilizar en cada localidad.

Cuadro 2: Tratamiento y material

No. Tratamiento	Material
1	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) 9 kg por quintal
2	Técnica del agricultor

<

Cuadro 3: Cantidad de tomate a utilizar para la semilla de siembra de una hectárea.

Tratamiento	Kg/ha
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	869.82 Kg

5.3.2 Descripción de los tratamientos a evaluar.

Tomate (*Solanum lycopersicum*): Variedad Tolima, fruto oval alargado de buen tamaño, uniforme, excelente firmeza y color. 9 kg por quintal. (Pérez 2018)

Testigo o tratamiento convencional: Técnica que utiliza el agricultor dentro del área de estudio de manera convencional, constituyo básicamente en almacenar los tubérculos sin ninguna aplicación ni manejo después de cosecha.

5.4 Modelo Estadístico.

$$t = \frac{d}{Sd}$$

Donde:

t = Valor de t de Student.

d = promedio de las diferencias de estimulación entre el fruto y el testigo. Sd = error estándar de las medidas de las diferencias.

<

5.5 Variables de respuesta.

5.5.1 Días al inicio de la brotación:

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

5.5.2 Numero de brotes:

Se contó el número de brotes por tubérculo al primer, segundo y tercer mes, registrando únicamente los brotes bien definidos.

5.5.3 Calidad de brotes:

Se midió la longitud de los brotes mayores de 2mm, al 1, 2 y 3 mes, desde la base hasta el extremo terminal del brote.

5.6 Análisis de información.

La información se analizó mediante la prueba de T de Student, por ser parcelas apareadas para determinar si existió diferencias estadísticas entre el tratamiento a validar y la técnica del agricultor. Para complementar los análisis se realizó una prueba de suma de rangos de Wilcoxon (análisis para variables dependientes). CIMMYT (1988). Para evaluar la pre-aceptabilidad se utilizó la técnica de boleta como instrumento de campo

5.7 Difusión de resultados.

La difusión de los resultados de la investigación se divulgó mediante trifoliales para los agricultores y las instituciones involucradas.

6 Manejo de los tratamientos de prueba.

Los tratamientos de prueba fueron manejadas por el agricultor, bajo sus condiciones agrosocioeconómicas y ambientales, pues ellos son quienes aceptan o no un programa de

<

transferencia de tecnología futuro, El equipo de investigación únicamente dio acompañamiento para la toma de datos.

6.1 Tamaño del tratamiento de prueba.

El tratamiento estuvo constituido por 4 quintales de tubérculo de papa, en el que dos quintales se utilizaron para el método que utiliza el agricultor y dos para la aplicación del fruto climatérico.

6.2 Selección de material vegetal para unidad experimental

Se seleccionaron cuatro quintales de 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, los cuales se colocaron en cajas germinadoras.

6.3 Aplicación del fruto climatérico (Tomate)

- Bajo las condiciones del agricultor: Lugar en el que el agricultor o semillero almacena su semilla, se colocaron las cajas estibadas conteniendo 9 kg del fruto climatérico (a razón de la investigación que se realizó con 2.27 kg de tubérculo por 0.45 del fruto), en 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.
- Se cubrió con nylon las cajas, colocando un tubo como ventilador (considerando niveles de O₂, CO₂, etileno y la posibilidad de crear condiciones de cámara húmeda)
- Dejando por 15 días cubiertos el tubérculo y el fruto dentro del nylon.

6.4 Retiro del nylon y extracción de fruto climatérico.

Pasados los 15 días se retiró el nylon y el tomate (Fruto climatérico) dejando solamente los tubérculos estibados para posteriormente observar el efecto del fruto en el tubérculo. (Toma de datos).

<

7 Resultados

7.1 Número de brotes

Dentro de la variable número de brotes se recopilaron y analizaron bajo la t-Student el número de brotes al primer, segundo y tercer mes.

Cuadro 4: Datos de números de brotes

Localidad	Tratamiento	Número de Brotes		
		1° mes	2° mes	3° mes
Santa Rosa de Lima, San Antonio Sac.	Tomate	2	2	3
	Test.	0	1	1
Caserío Vista Hermosa, San Antonio Sac.	Tomate	2	2	4
	Test.	0	1	2
Cantón Carolina, Aldea la Grandeza, San Pedro Sac.	Tomate	2	2	3
	Test.	0	1	1
San Andrés Chapil, San Pedro Sac.	Tomate	3	3	4
	Test.	0	1	1
Cantón el Carmen, Aldea San Andrés Chapil, San Pedro Sac.	Tomate	2	2	3
	Test.	0	0	1
Cantón Pin Pin, Tacaná S.M	Tomate	3	3	3
	Test.	0	2	3
Cantón Shulú Tacaná S.M	Tomate	3	4	5
	Test.	0	2	3
Cantón Cohatan, Tacaná S.M	Tomate	2	4	5
	Test.	0	3	3
Cantón Yerba Buena, Tacaná S.M	Tomate	3	4	4
	Test.	0	1	2
Aldea Cunlaj, Tacaná S.M	Tomate	2	3	3
	Test.	0	1	2

<

7.1.1 Número de brotes al primer mes

El cuadro 5, bajo una prueba de t-Student muestran que existe diferencia significativa entre ambos tratamientos evaluados, lo que coincide con la evaluación realizada por Pérez Velásquez(2019) por lo que se evidencia que el tomate como fruto climatérico acelerador del brote en el tubérculo de papa efectivamente apresura el brote del tubérculo, rompiendo la dormancia del mismo el primer mes después de la aplicación del producto, por lo que con la aplicación del tomate se obtienen tubérculos listos para la siembra dentro del primer y segundo mes, a diferencia del método convencional que obtiene tubérculos listo para la siembra al tercer mes.

Cuadro 5: t-Student número de brotes al primer mes

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Con aplicación	Sin aplicación	10	2.40	2.40	0.00
DE (dif)	T	Bilateral			
0.52	14.70	<0.0001			

Cuadro 6: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

Obs (1)	Obs (2)	N	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	P(2 colas)
Con aplicación	Sin aplicación	10	55.00	27.50	90.63	2.89	<0.0001

Al tomar el cuadro 4 de referencia, se evidencia que en al menos 6 de 10 localidades se logró obtener al primer mes el número de brotes ideales para la siembra del tubérculo, lo que en el tratamiento sin aplicación se obtuvo el número de brote ideal al tercer mes.

7.2 Longitud y diámetro de brotes

Dentro de las variables longitud y diámetro de brotes se recopilaron y analizaron bajo la t-Student la longitud y el diámetro al primero, segundo y tercer mes.

<

Cuadro 7: Datos de longitud de brotes

Localidad	Tratamiento	Longitud de brotes (mm)		
		1° mes	2° mes	3° mes
Santa Rosa de Lima, San Antonio Sac.	Tomate	5.58	6.77	16.40
	Test.	0.00	3.72	6.25
Caserío Vista Hermosa, San Antonio Sac.	Tomate	5.06	9.92	14.03
	Test.	0.00	6.41	10.55
Cantón Carolina, Aldea la Grandeza, San Pedro Sac.	Tomate	4.64	7.72	14.15
	Test.	0.00	1.61	5.25
San Andrés Chapil, San Pedro Sac.	Tomate	2.92	6.13	9.63
	Test.	0.00	2.86	7.72
Cantón el Carmen, Aldea San Andrés Chapil, San Pedro Sac.	Tomate	1.73	6.25	11.66
	Test.	0.00	0.00	4.29
Cantón Pin Pin, Tacaná S.M	Tomate	2.94	8.64	17.82
	Test.	0.00	6.56	16.90
Cantón Shulú Tacaná S.M	Tomate	4.67	8.35	16.68
	Test.	0.00	7.79	10.73
Cantón Cohatán, Tacaná S.M	Tomate	2.52	7.48	8.75
	Test.	0.00	5.21	11.06
Cantón Yerba Buena, Tacaná S.M	Tomate	2.02	7.54	11.32
	Test.	0.00	3.20	5.96
Aldea Cunlaj, Tacaná S.M	Tomate	6.13	13.57	13.89
	Test.	0.00	3.11	7.70

<

Cuadro 8: Datos de diámetro de brotes

Localidad	Tratamiento	Diámetro de brotes (mm)		
		1° mes	2° mes	3° mes
Santa Rosa de Lima, San Antonio Sac.	Tomate	3.11	3.01	5.37
	Test.	0.00	2.22	4.44
Caserío Vista Hermosa, San Antonio Sac.	Tomate	2.62	3.57	5.36
	Test.	0.00	3.68	4.18
Cantón Carolina, Aldea la Grandeza, San Pedro Sac.	Tomate	3.22	3.56	5.05
	Test.	0.00	0.83	3.25
San Andrés Chapil, San Pedro Sac.	Tomate	1.79	3.31	4.25
	Test.	0.00	1.55	4.30
Cantón el Carmen, Aldea San Andrés Chapil, San Pedro Sac.	Tomate	0.86	3.07	5.03
	Test.	0.00	0.00	3.19
Cantón Pin Pin, Tacaná S.M	Tomate	1.13	3.62	4.06
	Test.	0.00	2.71	3.72
Cantón Shulú Tacaná S.M	Tomate	0.90	3.68	4.14
	Test.	0.00	3.64	2.42
Cantón Cohatán, Tacaná S.M	Tomate	0.98	2.79	2.65
	Test.	0.00	1.80	3.54
Cantón Yerba Buena, Tacaná S.M	Tomate	1.10	2.11	2.52
	Test.	0.00	1.50	1.88
Aldea Cunlaj, Tacaná S.M	Tomate	2.62	3.30	4.50
	Test.	0.00	1.68	3.27

<

7.2.1 Longitud de brotes

El tubérculo de papa para semilla debe poseer calidad en los brotes ya que de ellos depende el rendimiento, por el motivo anterior se generaron pruebas de t-Student para la longitud brotes al primero, segundo y tercer mes de acuerdo con la clasificación presentada en los cuadros 7 y 8.

El cuadro 9, demuestra que existen diferencias significativas en la longitud de brotes al primer mes en el tubérculo de papa. El tomate como fruto climatérico al primer mes cuenta con brotes de 3.82 mm de longitud a diferencia del manejo del agricultor.

Cuadro 9: t-Student para longitud de brotes al primer mes

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Con aplicación	Sin aplicación	10	3.82	3.82	0.00
DE (dif)	T	Bilateral			
1.57	7.69	<0.0001			

Cuadro 10: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

Obs (1)	Obs (2)	N	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	P(2 colas)
Con aplicación	Sin aplicación	10	55.00	27.50	96.25	2.80	<0.0001

En cuanto a la longitud de brotes al segundo mes, el cuadro 11 demuestra que existió diferencia significativa en la longitud de brotes al segundo mes.

Cuadro 11: t-Student para longitud de brotes al segundo mes

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Con aplicación	Sin aplicación	10	4.19	8.24	4.05
DE (dif)	T	Bilateral			

<
2.81 4.71 <0.0011

Cuadro 12: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

Obs (1)	Obs (2)	N	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	P(2 colas)
Con aplicación	Sin aplicación	10	55.00	27.50	96.25	2.80	0.0002

Los resultados de la prueba de t-Student demuestran en el cuadro 13 que no existe diferencia significativa en la longitud de brotes al tercer mes.

Cuadro 13: t-Student para longitud de brotes al tercer mes

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Con aplicación	Sin aplicación	10	4.79	13.43	8.64
DE (dif)	T	Bilateral			
3.82	2.06	<0.0033			

Cuadro 14: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

Obs (1)	Obs (2)	N	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	P(2 colas)
Con aplicación	Sin aplicación	10	52.00	27.50	96.25	2.50	0.0054

7.2.2 Diámetro de brotes

El cuadro 15 muestra al primer mes diferencia entre el diámetro del brote producidos con la aplicación del tomate como fruto climatérico al tubérculo de papa y el método convencional practicada por el agricultor.

Cuadro 15: t-Student para diámetro de brotes al primer mes

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Con aplicación	Sin aplicación	10	1.83	1.83	0.00
DE (dif)	T	Bilateral			

<
0.96 6.01 <0.0002

Cuadro 16: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

Obs (1)	Obs (2)	N	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	P(2 colas)
Con aplicación	Sin aplicación	10	55.00	27.50	96.13	2.80	<0.0001

El cuadro 17, exponen que existió diferencia significativa en el diámetro de brotes al segundo mes con la aplicación de tomate al método convencional del agricultor.

Cuadro 17: t-Student para diámetro de brotes al segundo mes

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Con aplicación	Sin aplicación	10	1.24	3.20	1.96
DE (dif)	T	Bilateral			
1.05	3.72	<0.0048			

Cuadro 18: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

Obs (1)	Obs (2)	N	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	P(2 colas)
Con aplicación	Sin aplicación	10	53.00	27.50	96.25	2.60	0.0034

El diámetro de brotes al tercer mes de la aplicación del tomate como fruto climatérico como alternativa para la aceleración del tubérculo de papa presenta diferencia entre tratamientos como lo demuestra el cuadro 19.

Cuadro 19: t-Student para diámetro de brotes al tercer mes

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)
Con aplicación	Sin aplicación	10	0.87	4.29	3.42
DE (dif)	T	Bilateral			
0.88	3.13	<0.0122			

<

Cuadro 20: Prueba de Wilcoxon (muestras apareadas)

Obs (1)	Obs (2)	N	Suma (R+)	E (R+)	Var (R+)	Z	P(2 colas)
Con aplicación	Sin aplicación	10	50.00	27.50	96.25	2.29	0.0186

7.3 Aceptabilidad del productor de papa de la nueva tecnología

7.3.1 Talleres a Actores Locales

El proyecto de validación “TOMATE COMO FRUTO CLIMATÉRICO, ALTERNATIVA PARA LA ESTIMULACIÓN DE LA BROTAÇÃO DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)” fue de vital importancia como el proceso de enseñanza-aprendizaje y como una forma de interactuar con productores e instituciones, se dio énfasis en el fortalecimiento de capacidades de las asociaciones y productores de papa del altiplano occidental de Guatemala, por medio de capacitaciones sobre el cultivo de papa, especialmente sobre el uso de frutos climatéricos para la emisión de etileno para estimular la brotación y tener brotes de mejor calidad, específicamente temas sobre la relación cantidad de fruto de tomate por cantidad de tubérculo de papa, forma de estibar los tratamientos, materiales a utilizar, datos a tabular, número ideal de brotes, longitud y diámetro de brotes, tiempo promedio del tratamiento para tener tubérculos-semilla en buenas condiciones para la siembra y principalmente que los productores se involucren más en montar los ensayos y que los técnicos sean únicamente acompañantes del proceso.

En la realización del taller los productores y técnicos de las diferentes instituciones del sector público agrícola conocieron sobre los beneficios de utilizar este tipo de práctica como alternativa al uso de productos químicos, utilizando el tomate como fruto emisor de etileno producto de los frutos en maduración eminentemente amigable con el ambiente y ecológicamente sostenible, sin contaminar el tubérculo de papa y el suelo.

En la realización del taller se tuvo la oportunidad de visitar las unidades donde se establecieron los ensayos específicamente en las comunidades de tres municipios de San Marcos, siendo: El municipio de San Antonio Sacatepéquez: 1. Aldea Santa Rosa De Lima, 2.



<

Caserío Vista Hermosa. El municipio de San Pedro Sacatepéquez: 1. Cantón el Carmen, San Andrés Chapil, 2. Cantón Carolina, Aldea La Grandeza y 3. Aldea San Andrés Chapil. Y el municipio de Tacana San Marcos: 1. Aldea Cunlaj, 2. Cantón Yerba Buena, Aldea Sujchay, 3. Cantón Pin Pin, Aldea Majadas, 4. Cantón Cohatan, Aldea Tojcheche y 5. Cantón Shulú, donde se les explico a los productores y técnicos los cuidados necesarios para la replicación y adopción de la tecnología para producir semilla de papa con la utilización de la técnica del etileno generado por el tomate como fruto climatérico, posteriormente se realizó la práctica sobre la forma de preparar los materiales, realizando dos métodos la del productor y la nueva tecnología.

Los participantes en el evento fueron principalmente los productores que colaboran dentro del proyecto de validación, se contó con la asistencia de productores de las asociaciones que conforman el consorcio de actores locales de la cadena de papa, así como la participación de productores independientes de papa de la región que mostraron interés en participar de las actividades del consorcio.

En el taller sobre producción de semilla de papa mediante el método de etileno generado por frutos de tomate, participaron 40 personas en cada día de campo, pertenecientes a las siguientes instituciones u organizaciones:

- Cooperativa El Paraíso, Tejutla, San Marcos
- Cooperativa Tuichilense de Tuichan, Ixchiguán, San Marcos
- Cooperativa 10 de abril, San Sebastián, San Marcos
- Centro Universitario de San Marcos –CUSAM –
- Asociación El Esfuerzo, Aldea San Andrés Chapil, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos
- Cooperativa Chapilense, San Andrés Chapil, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos
- Asociación de expendedores de Vista Hermosa –Papa y Hortalizas- San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.

<

- Asociación de Promotores Ambientales, -papa-hortalizas, Tacana, San Marcos
- Ing. Ambiental Marco Eradio Cano López, Técnico de la Oficina Municipal de Desarrollo Económico Local, Tacana, San Marcos

Los productores conocieron sobre la metodología de preparar el tomate como fruto emisor de etileno y los tubérculos-semillas de papa, para que puedan brotar y desarrollarse los mismos adecuadamente, los beneficios y cuidados que se deben de tener para obtener semilla de papa con buenas características para la siembra y en menor tiempo, se pudieron dar cuenta también en forma física y presencial, con los ensayos debidamente montados en campo, conocieron sobre las características de una buena semilla para poder sembrar en cualquier época aprovechando los sistemas de mini riego con que se cuenta en varias comunidades. Pero algo muy importante es que tanto los productores como los técnicos municipales y del MAGA, escucharon directamente de los productores colaboradores los beneficios de esta nueva tecnología

7.3.2 Días de campo

El proyecto de validación “TOMATE COMO FRUTO CLIMATÉRICO, ALTERNATIVA PARA LA ESTIMULACIÓN DE LA BROTAÇÃO DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)” como principales objetivos Validar el tomate como fruto climatérico para la estimulación de la brotación del tubérculo- semilla de papa. Además, comparar la tecnología tradicional realizada por agricultores y semilleristas para la estimulación de la brotación del tubérculo semilla de papa con la tecnología del tomate como fruto climatérico y conocer la pre-aceptabilidad del tomate como fruto climatérico en la estimulación de la brotación del tubérculo por los agricultores y semilleristas. Por tal razón se llevaron a cabo actividades para lograr el fortalecimiento de capacidades de las asociaciones y productores de papa del altiplano del occidente de la República de Guatemala, a través de la demostraciones de la forma de preparación de la metodología en el campo, es decir que los productores de papa sepan cómo preparar semilla debidamente planificada dependiendo de la demanda, y fechas de siembra, además se les dio a conocer los resultados obtenidos en las

<

diferentes comunidades donde se llevó a cabo los ensayos y que ellos mismos sacaran sus conclusiones y aceptaran la tecnología, en comparación con el testigo utilizado por el productor, es decir sin ningún tratamiento y también con la aplicación de productos químicos en dos concentraciones.

Para lograr y reforzar los conocimientos de la tecnología se realizó dos días de campo, el primero se llevó a cabo en la comunidad Cantón Yerba Buena, Tacaná S.M en la unidad productiva del Agricultor colaborador Señor Cesario Pérez y el segundo día de campo en la comunidad Cantón Carolina, Aldea la Grandeza, San Pedro Sac. Departamento de San Marcos, en la parcela del señor Egidio Bonifacio García, quien es miembro de Cooperativa Chapilense, San Andrés Chapil, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, para los dos días de campo se contó con la participación de 80 personas, entre ellos, contando con la participación de actores locales del Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria CRIA, y Consorcio de actores locales de la cadena de papa, del altiplano marquense, principalmente productores del altiplano del departamento de San Marcos. En el día de campo los productores conocieron sobre antecedentes del uso de etileno para acelerar la brotación, brotes más consistentes de mayor tamaño y grosor de experimentos realizados en otras partes del mundo, porque realizar el experimento en el occidente de Guatemala, principalmente por demanda de poca semilla certificada y que siempre la oferta de semilla certificada, no coincide con la el inicio de producción, 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, y también porque se justifica porque para cualquier proceso de producción agrícola la semilla es el insumo más importante, los tubérculos-semilla de papa presentan naturalmente el fenómeno de latencia o dormancia, el etileno, es llamada la hormona del crecimiento y desarrollo, que es responsable en buena parte de la maduración de los frutos, los vegetales o frutos superiores muestran un incremento de su actividad respiratoria mostrando una máxima producción de etileno, y que los frutos climatéricos generadores de etileno utilizados como fuente estimulan el periodo de brotación múltiple del tubérculo- semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.), de la variedad loman. Y que al final del experimento el agricultor con el acompañamiento de los investigadores se daría cuenta de que el tomate como fruto climatérico

<
generador de etileno acelerara la brotación múltiple en el tubérculo- semilla de papa, y de que el fruto climatérico tomate generador de etileno proporcionara una mayor cantidad y calidad de brotes en el tubérculo- semilla de papa. Pero principalmente Validar el tomate como fruto climatérico para la estimulación de la brotación del tubérculo- semilla de papa. Explicándose además que el trabajo de validación en campo consistió en comparar la tecnología tradicional realizada por agricultores y semilleristas para la estimulación de la brotación del tubérculo semilla de papa con la tecnología del tomate como fruto climatérico. Y que también es importante conocer la pre-aceptabilidad del tomate como fruto climatérico en la estimulación de la brotación del tubérculo por los agricultores y semilleristas.

En el desarrollo de la actividad se contó con la presencia de técnicos de las unidades de fortalecimiento económico de las municipalidades de Tacaná, Tejutla y San Miguel Ixtahuacán, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, San Antonio Sacatepéquez y San Lorenzo, municipios del Departamento de San Marcos, además se contó con la participación de productores de las asociaciones que conforman el consorcio de actores locales de la cadena de papa del programa CRIA, así como la participación de técnicos del Ministerio de Agricultura.

En los días de campo sobre la utilización de tomate como fruto emisor de etileno para mejorar la brotación del tubérculo-semilla de papa, participaron 80 personas pertenecientes a las siguientes instituciones u organizaciones:

- Cooperativa El Paraíso, Tejutla, San Marcos
- Cooperativa Tuichilense de Tuichan, Ixchiguán, San Marcos
- Cooperativa 10 de abril, San Sebastián, San Marcos
- Centro Universitario de San Marcos –CUSAM –
- Asociación El Esfuerzo, Aldea San Andrés Chupil, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos
- Cooperativa Chapilense, San Andrés Chupil, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos
- Asociación de expendedores de Vista Hermosa –Papa y Hortalizas- San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.
- Asociación de Promotores Ambientales, -papa-hortalizas, Tacana, San Marcos

<

- Ing. Ambiental Marco Eradio Cano López, Técnico de la Oficina Municipal de Desarrollo Económico Local, Tacana, San Marcos.

A los productores, personal de las oficinas municipales, extensionistas del MAGA, se les dio a conocer por medio de presentaciones en Power point, charlas, platicas, conferencias y trifoliales que la validación de esta tecnología del uso del tomate como fruto climatérico para estimular la mejor brotación del tubérculo-semilla, se produce una transferencia inicial, la que va del investigador al extensionista que participa en la validación y de éste a los demás extensionistas, a través de un programa adecuado de capacitación. También fue posible realizar una transferencia del productor que valida a otro productor ya que los agricultores que colaboraron y llevaron a cabo la validación con acompañamiento de los investigadores, platicaron e informaron a sus vecinos sobre esta nueva tecnología, en definitiva, lo que se requiere es que todos los participantes tanto productores como personal de otras instituciones involucradas en el desarrollo agrícola del altiplano de San Marcos puedan tener un buen dominio de la innovación que se está validando y luego se desea transferir.

Cuando la tecnología innovadora pasa por un proceso de validación, se espera un mayor éxito en su transferencia o difusión, ya que la experiencia de transferir resultados provenientes directamente de investigaciones realizadas en estaciones experimentales no ha sido exitosa.

Dentro de la validación de tecnologías agrícolas es importante la generación de actividades que posibiliten una transferencia prematura de tecnologías para que rápidamente se conviertan en innovaciones y al mismo tiempo, establecer plataformas que recopilen información de productores que han participado en la investigación. Con las finalidades explicadas, se pretendió generar los días de campo del proyecto de investigación TOMATE COMO FRUTO CLIMATÉRICO, ALTERNATIVA PARA LA ESTIMULACIÓN DE LA BROTAÇÃO DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.).

Los días de campo realizados en dos comunidades fueron de gran expectativa, dado que los resultados que está presentando de las validaciones en 10 comunidades productoras de papa en el altiplano de San Marcos, son totalmente convincentes, los productores se han apropiado de la tecnología, siendo ya varios que manifiestan esa opinión así como también



<

extensionistas del MAGA y algunas organizaciones, las expectativas de los técnicos agrícolas municipales y del MAGA han aumentado, y ellos mismos, son quienes pretenden que se puedan realizar actividades de transferencia.

Todos los ensayos ubicados en diferentes comunidades de los municipios de San Pedro Sacatepéquez, San Antonio Sacatepéquez y Tacaná han presentado resultados interesantes, sin embargo, por el tiempo disponible en esta oportunidad se visitaron dos localidades donde están ubicados en cada una de ellas dos ensayos; la primera localidad fue el Cantón Yerba Buena de aldea Sujchay del municipio de Tacaná, Departamento de San Marcos, y la segunda localidad fue en el Cantón Carolina, Aldea La Grandeza del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, en la parcela propiedad del señor: Egidio Bonifacio García, donde es evidente la apropiación de la tecnología de manera temprana donde uno de los productores ya repitió el ensayo en su unidad productiva, y además donde se evidencian diferencias significativas.

Los días de campo realizados sirvió para establecer un acercamiento entre productores donde se están realizando los ensayos de validación y analizar las percepciones de los productores, técnicos, estudiantes y maestros sobre la tecnología validada TOMATE COMO FRUTO CLIMATÉRICO, ALTERNATIVA PARA LA ESTIMULACIÓN DE LA BROTECIÓN DE TUBÉRCULO SEMILLA DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) .

También se tuvo como objetivo transferir de manera temprana la tecnología en validación a técnicos, productores, estudiantes y profesores universitarios, por medio de un taller práctico y la visualización de resultados en parcelas de campo. Así Recopilar información sobre las opiniones de los productores técnicos municipales y extensionistas del MAGA, en el contexto de la validación, para análisis sobre la aceptación de la tecnología validada.

Descripción del evento

El evento de días de campo en las dos localidades consistió de los siguientes momentos:
1) Desayuno, registro y apertura: donde se dio a conocer las generalidades del Programa CRIA y del proyecto de validación, ya que algunos técnicos agrícolas y productores invitados no son parte de la validación, pero, por diversos motivos han presentado interés en la tecnología en

<

validación 2) Visita a los ensayos de validación: en este punto se evidenciarán los resultados en los ensayos experimentales y los productores compartieron sus principales observaciones, opiniones y experiencias sobre la tecnología en validación, asimismo, esto fue generando dudas en los participantes las cuales fue interesante ir resolviendo o tomar como punto de análisis dentro de la validación, 3) Explicación del funcionamiento de la tecnología in situ; se dio a conocer de qué manera actúa el Etileno en la aceleración de la brotación del tubérculo de papa, generación de brotación múltiple, longitud y diámetro del brote y en el cultivo de papa en campo ya por experiencia de algunos productores las plantas provenientes de tubérculos-semilla procedentes de tratamiento con etileno generado por el tomate tienen tallos más vigorosos, mayor área foliar y mayor rendimiento. 4) Taller o práctica de elaboración; en este punto se elaboró un ejemplo específico sobre la forma de preparar el ensayo utilizando tomate como fruto climatérico y papa, donde se utilizaron todos los materiales que sirvieron para montar los ensayos del proyecto de validación en las diferentes comunidades. 5) Grupo focal; este se generó con los agricultores que han participado en la investigación con la finalidad de recopilar datos valiosos sobre las percepciones, obstáculos, oportunidades y todo lo que representa la utilización de tomate, como fruto climatérico para la emisión de etileno y que acelera, mejora la longitud, diámetro y porcentaje de brotación en el tubérculo de papa para semilla, sin utilizar químicos que alteran la fisiología del tubérculo de papa que por experiencias de algunos productores disminuyen a la mitad los rendimientos del cultivo al utilizarlos como semilla. 6) Dudas generales; en este último apartado se resolvieron todas las dudas que se presentaron en el día y sirvió como espacio de convivencia de “historias de vida” sobre el uso de frutos climatéricos para mejorar la brotación del tubérculo de papa para semilla, haciendo énfasis en la divergencia entre y dentro de los diversos grupos de actores presentes. Las acciones están planeadas con doble finalidad, dar a conocer visual y prácticamente la tecnología en validación y recopilar datos sobre la opinión de productores que están participando en la investigación.

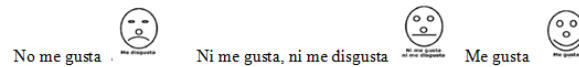
<

7.3.3 Análisis de la aceptabilidad del agricultor

Variable más importante del estudio. En varias ocasiones sucede que existen tecnologías “promisorias” para los técnicos o investigadores, sin embargo, al no tomar en cuenta la opinión de los agricultores, el problema se da en la transferencia de la tecnología, cuando esta no encuentra un espacio dentro del ambiente cultural del territorio local.

La validación se realizó con 20 agricultores, 10 propietarios de las parcelas en donde se evaluó el tomate y 10 agricultores más, además se invitó a 60 personas productores de papa, semilleristas, técnicos municipales y extensionistas del MAGA a los días de campo.

El nivel de preferencia de los agricultores respecto a los tratamientos evaluados se conoció mediante una imagen de evaluación (Figura 3) por el método de boletas en los días de campo realizados, en donde los agricultores observaron el manejo que se le dio a ambos tratamientos.



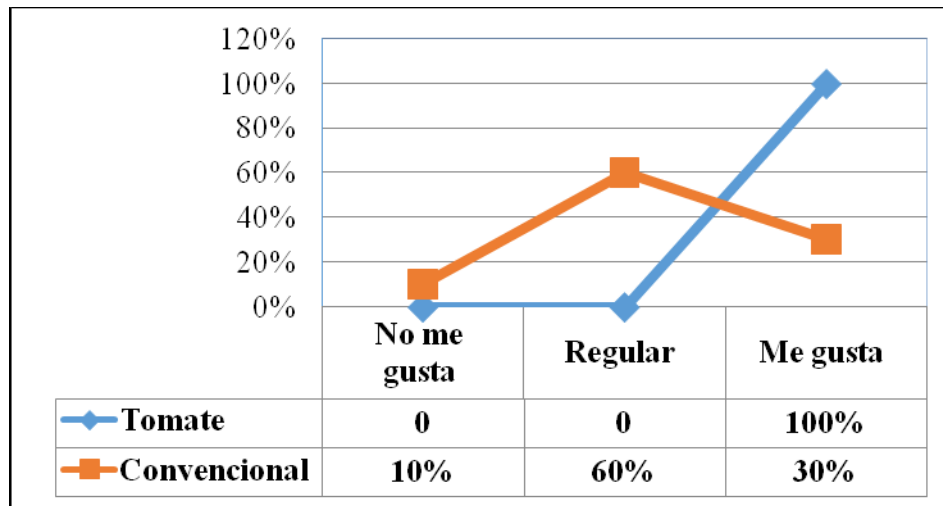
Criterios	Tratamientos					
	Tomate como acelerador del brote del tubérculo			Mi método		
Tiempo de crecimiento del brote.	☹️	😊	😊	☹️	😊	😊
Tamaño del brote	☹️	😊	😊	☹️	😊	😊
Grosor del brote	☹️	😊	😊	☹️	😊	😊
No. de brotes	☹️	😊	😊	☹️	😊	😊

Figura 3: Boleta de evaluación de preferencia de tecnologías

Grafica 1. Aceptación de la nueva tecnología.

La grafica demuestra que la opinión de las personas en la aceptación del tomate como fruto climatérico para la aceleración del brote del tubérculo de papa fue a favor del tomate en un 100% mientras que en el método convencional fue en un porcentaje del 30%.

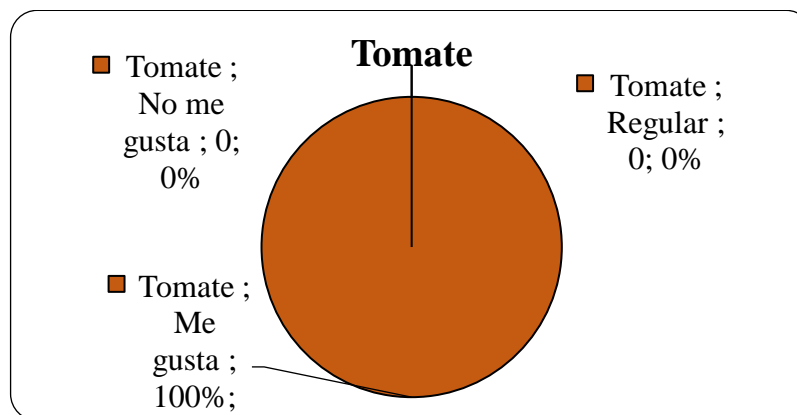
<



Grafica 1: Precepción del agricultor entre ambos tratamientos.

Grafica 2. Percepción del agricultor en la aceleración del brote del tubérculo de papa con el tomate como alternativa para el rompimiento de dormancia del tubérculo.

La grafica demuestra que en un 100% a los agricultores aprueban el tomate como fruto climatérico como alternativa para la aceleración del tubérculo ya que se obtienen tuberculos listos para la siembra al primer y segundo mes.

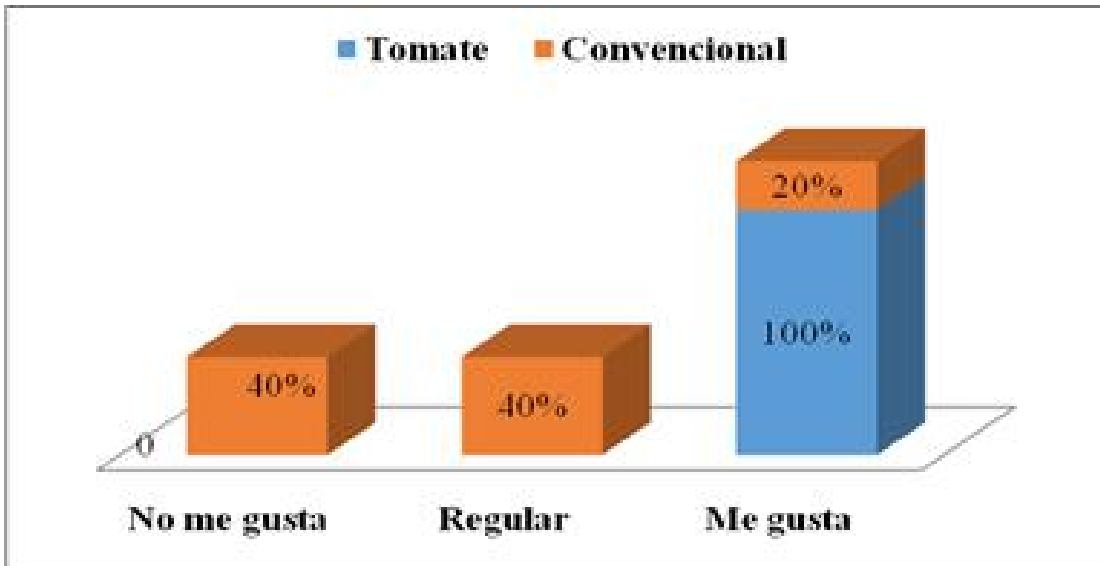


Grafica 2: Precepción del agricultor en la aceleración del brote del tubérculo con tomate.

<

Grafica 3. Percepción del agricultor en la comparación de calidad y cantidad de brotes en tubérculo en ambos tratamientos.

En la comparación de la calidad y cantidad de brotes en el tubérculo semilla de papa en ambos tratamientos la figura 3 demuestra que al agricultor le gustan las características del tubérculo en un porcentaje del 100% con la aplicación del tomate, mientras que en el método convencional solamente a un 20% le gusta.

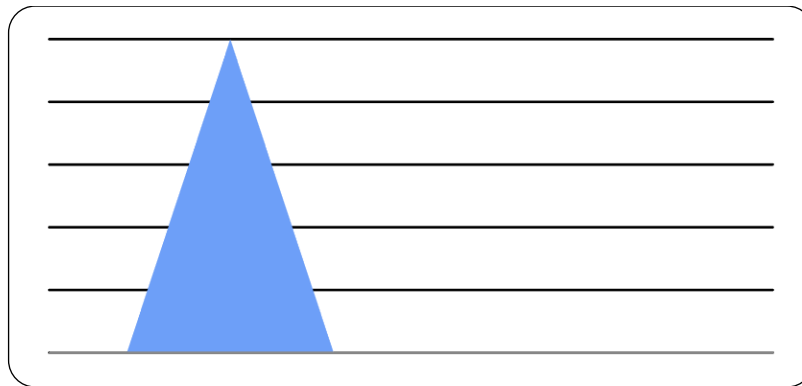


Grafica 3: Percepción del agricultor en calidad y cantidad de brotes.

<

Grafica 4. Percepción del agricultor en cuanto a la facilidad de adquirir tomate para la producción de etileno.

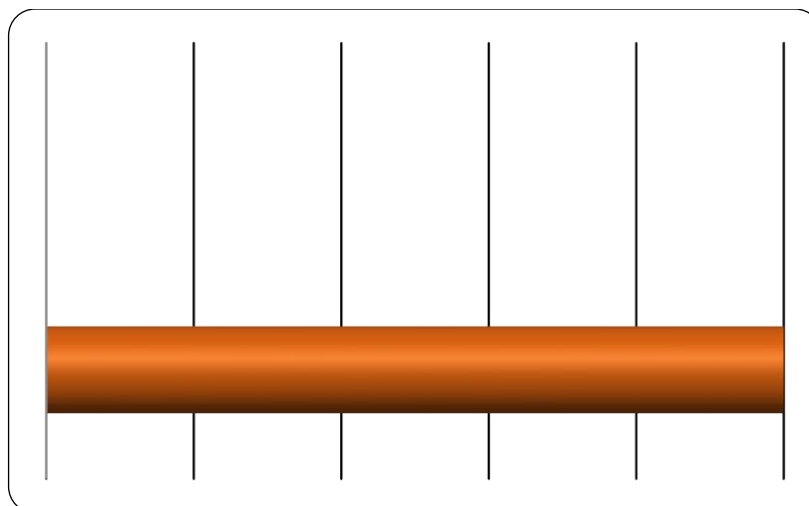
La grafica 4 muestra que en un porcentaje de 100% los agricultores consideran con facilidad puede adquirir el tomate para la utilización en la aceleración del brote del tubérculo de papa, ya que en algunos de los casos dentro de sus cultivos en producción se encuentra el tomate.



Grafica 4: Adquisición de tomate.

Grafica 5. Percepción del agricultor en la utilización y replica de la tecnología en su unidad productiva.

La grafica 5 demuestra que en un 100% de agricultores están en disposición en utilizar y replicar la aplicación de tomate en los tubérculos de papa ya que se obtiene semilla en menos tiempo por lo que pueden abastecerse de dicho insumo para las siembras calendarizadas.



Grafica 5: Percepción de aplicación de tecnología.

<

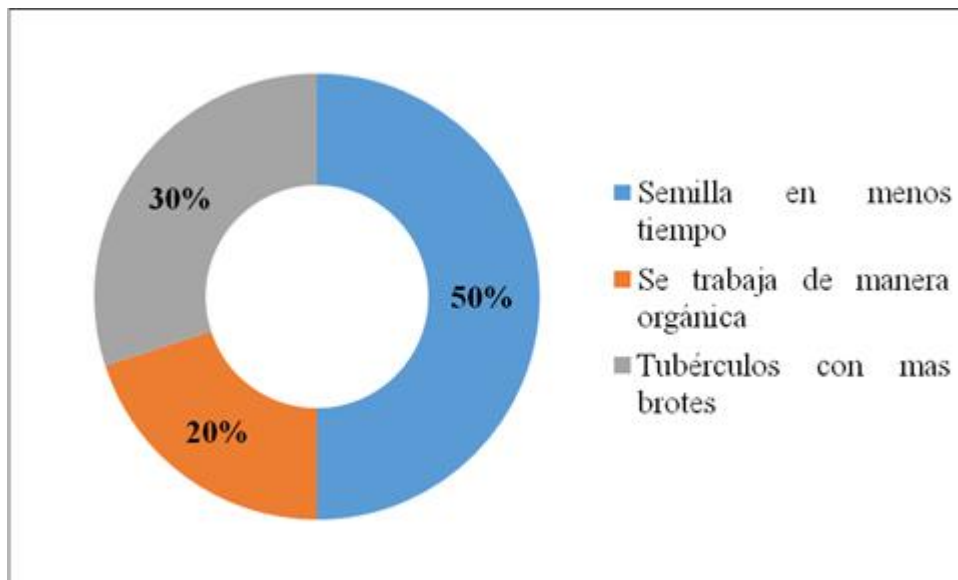
Grafica 6. Razones para aceptar la tecnología.

Dentro de las razones por las que los agricultores aceptan la tecnología se encuentran tres como lo muestra la gráfica 6:

Semilla en menos tiempo con un 50% de aceptación ya que a la mayoría de los agricultores les beneficia obtener semilla en menos tiempo por las épocas de siembra y las siembras calendarizadas.

Con un 30% los agricultores opinan que aceptan la tecnología por que obtiene tubérculos con mayor número de brotes y con el método convencional obtienen solamente tubérculos con un solo brotes (brote apical) y tubérculos de dos brotes.

Los agricultores en un 20% aceptan la tecnología porque es un método que a pesar de que acelera el brote y obtiene semilla en menos tiempo trabajan de manera orgánica sin afectar la salud, sus propias tierras y el medio ambiente con productos químicos.



Grafica 6: Percepción de aceptación de la tecnología.

<

Cuadro 21. Comparativo de la tecnología de producción de semilla de papa, con la tecnología del agricultor y la nueva tecnología usando tomate como fruto climatérico como emisor de etileno.

CON LA TECNOLOGIA DEL AGRICULTOR	CON LA TECNOLOGIA DEL FRUTO CLIMATERICO (TOMATE) COMO EMISOR DE ETILENO.
El tubérculo de papa después de la cosecha entra en un estado de latencia o dormancia en el cual no hay brotación.	El etileno generado por el fruto climatérico (tomate) rompe el estado de latencia o dormancia lo cual hace que el tubérculo-semilla inicie el proceso de emisión de brotes.
El tubérculo semilla de papa permanece en reposo por varios meses.	Se rompe el estado de reposo del tubérculo-semilla de papa, con la aplicación del Etileno generado por el fruto climatérico(tomate).
La siembra del tubérculo semilla en estado de dormancia o reposo, la plantación emerge en forma desuniforme y con un solo talla, ya predomina el brote apical	La siembra del tubérculo-semilla de papa es con brotación múltiple y buen tamaño y diámetro de los brotes, las plantaciones son uniformes y de buen desarrollo, con tallos y hojas vigorosas.
Los tubérculos-semilla se pudren en el suelo, antes de que la planta emerja.	Todos los tubérculos brotan en forma uniforme y de forma adecuada, sin pudriciones o ataque de patógenos.
Únicamente se desarrolla el brote apical, produciendo un solo tallo	Se desarrollan todos los brotes, produciendo varios tallos y mejor follaje
El reposo puede durar de uno a seis meses	El reposo o periodo de dormancia se rompe en 7 días, con el uso de tomate como emisor de etileno
El agricultor puede utilizar productos químicos para romper la dormancia o estado de reposo del tubérculo-semilla, lo cual no es aconsejable ecológicamente	El etileno generado por el tomate, es natural, lo cual es ecológicamente recomendable.
Los agricultores utilizan Ethrel o Ethepon que es un producto quico emisor de etileno, lo cual	En el trabajo de investigación realizado por Pérez Velásquez, recomienda la validación del tomate como fruto climatérico por la aceleración del

<

ecológicamente no es viable y su costo eleva los costos de producción del agricultor.	brote del tubérculo-semilla de papa utilizando tomate, donde la brotación múltiple se da a los 7 días y que al primer mes el brote presenta mejor calidad, siendo de una longitud de 3.37 mm
Técnica del agricultor: sin ningún tratamiento	Se utilizan 9 Kg de tomate por 1 quintal de papa.
Los resultados indicaron que al primer mes el número de brotes en promedio fue de 0 brotes, al segundo mes 1.2 brotes al tercer mes 1.9 brotes	Los resultados indicaron que los números de brotes al primer mes en promedio fueron de 2.6 brotes por tubérculo, al segundo mes 2.9 brotes por tubérculo y que al tercer mes 3.7 brotes por tubérculo en promedio.
La longitud de los brotes sin tratamiento en promedio al primer mes fue de 0, el segundo mes de 4.02 mm y al tercer mes de 8.44	La longitud del brote al primer mes en promedio fue de 3.82 mm, el segundo mes de 7.17 mm y al tercer mes de 8.44 mm en promedio
El diámetro de brotes al primer mes en promedio fue de 0, al segundo mes de 1.96 y al tercer mes de 3.41 mm	El diámetro de los brotes en promedio al primer mes fue de 1.82, al segundo mes de 3.21 y al tercer mes de 4.39 mm

8 Conclusiones

Tomando en cuenta los resultados del experimento “Efecto del etileno generado por frutos climatéricos en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.)”, el mejor producto generador de etileno que acelera la brotación del tubérculo-semilla de papa, en los lugares donde se llevó a cabo los resultados indicaron que fue el tratamiento de tomate que obtuvo 4 y/o 5 brotes por tubérculo, con mayor longitud y grosor y tomando en cuenta la aceleración de la brotación, acorta el periodo de dormancia del tubérculo presentando brotación múltiple.

<

Esta es una tecnología eminentemente orgánica utilizándose el tomate como fruto climaterio emisor de etileno, que acelera la brotación del tubérculo, obteniendo brotes más consistentes, de mayor longitud y tubérculos con brotación múltiple.

Se da solución en oposición a los problemas que existen en el altiplano occidental de Guatemala utilizando frutos generadores de etileno aportando técnicas a los agricultores y semilleristas en la oferta de semilla que es insuficiente y no coincide con la época de inicio de la siembra, logrando con esta tecnología obtener semilla en cualquier época del año.

En relación al número de brotes se tabularon datos y se analizaron con el modelo estadístico t-Student, el primer, segundo y tercer mes y los resultados indicaron que existen diferencias altamente significativas entre ambos tratamientos (del agricultor sin aplicación y el tratamiento con aplicación de etileno generado por el fruto climatérico tomate) y se concluye que el fruto climatérico acelera la brotación del tubérculo-semilla de papa. Ver cuadro No. 4: t-Student número de brotes al primer mes, lo cual evidencia que al primer mes el número de brotes es ideal para la siembra del tubérculo de papa, en comparación con el testigo que se logra obtener el número y tamaño de brotes adecuados para la siembra al tercer mes.

Del análisis de longitud y diámetro de brotes, se determinó que si existen diferencias altamente significativas en la longitud de brotes al primer y segundo y tercer mes siendo superior a los tratados con aplicación de tomate como fruto generador de etileno en comparación al del agricultor sin aplicación.

En cuanto al diámetro también existen diferencias significativas con aplicación de etileno y con método convencional del agricultor sin tratamiento donde explican que adoptaran la tecnología y programaron fechas de replicación e inicio del ensayo de acuerdo a las fechas de mayor demanda de semilla de papa.

En cuanto a la opinión y comportamiento del agricultor, tomando en cuenta que el trabajo fue realizado por los agricultores y con el acompañamiento de los investigadores, ese fue aceptado y la opinión fue favorable como una tecnología promisoría, donde dos productores se convirtieron en semilleristas con esta tecnología.

<

Mediante la validación se determina que la utilización del tomate, como fruto climatérico emisor de etileno tiene como resultado tubérculos con brotación múltiple, brotes en menor tiempo, consistentes, con mayor vigorosidad, aceptando las hipótesis propuestas para este estudio.

El tema de utilización de productos no químicos para la mejor brotación en tubérculos de papa-semilla es un tema novedoso económico y de fácil acceso fue lo que comentaron productores de papa y semilleristas participantes en cada uno de los procesos de experimentación de campo, disponiendo de semilla con buenas características en cualquier momento. Además, manifestaron que las plantas procedentes de semilla tratada con etileno generado por tomate, poseen tallos más robustos, excelente área foliar y buena producción.

9 Recomendaciones

Continuar con la investigación y validaciones para conocer sobre otros posibles efectos que se puedan tener derivado del uso de tomate como fruto climatérico emisor de etileno, con la finalidad de generar materiales altamente productivos que contribuyan al incremento de la producción del cultivo de papa disminuyendo el uso de productos químicos, disminuyendo costos de producción sin comprometer la producción y la rentabilidad.

Realizar pruebas del comportamiento de la semilla tratada con tomate como fruto climatérico y emisor de etileno a campo abierto en esa misma área de investigación, ya que actualmente agricultores experimentadores han sembrado ese material procedente de las validaciones obteniendo plantaciones más robustas y con mayor producción.

Se recomendó por parte de los agricultores contar con más espacios de formación y capacitación, ya que la innovación y la investigación en los procesos de producción del tubérculo-semilla de papa son vitales para reducir los riesgos de intoxicación por aplicación o por consumo con papa tratada con productos químicos para acelerar la brotación del tubérculo-semilla.



<

Los técnicos municipales y técnicos delegados del MAGA manifestaron interés en las nuevas tecnologías que se están generando por IICA-CRIA y las Universidades, solicitaron también que en futuras oportunidades se les pueda invitar y poder participar en las capacitaciones, ya que son temas que fortalecen mucho su formación profesional y desean también participar en la transferencia de tecnologías agropecuarias generadas, ya que tienen mucha relación con los productores de papa del occidente de Guatemala.

<

10 Referencia bibliográfica

1. Aquino B, EN. 2012. Funciones del Etileno (en línea). Consultado 03 marzo. 2017. Disponible en <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 giberélico 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 yposcosecha?set_language=es&cl=es](http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/cosecha-yposcosecha?set_language=es&cl=es).
 16. Pérez Velásquez, ND Efecto del etileno generado por frutos climatéricos en la estimulación de la brotación del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum L.*). Licenciatura tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. San Marcos. GTM. Pp. 91.
 17. Radulovich, R; Karemans, J. 1992 Validación de tecnologías un puente entre generación, transferencia. Turrialba 42, 63, 72 p.
 18. 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.
 19. Roman C, M; Hurtado, G. 2002. Guía técnica: Cultivo de la Papa. CENTA. San Salvador, El Salvador. 36p.
 20. 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



<

21. 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.
22. 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.
23. Zúñiga M, JA. 2014. Aplicación de Dosis de Biol para la Brotación de Tubérculos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Var. Fri papa. Licenciatura en ciencias Agrícolas. Cevallos, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato. 82p.

<

Anexos

Anexo 1. Fotografías

Fotografía 1. Almacén de investigación de almacenamiento de papa, localizado en aldea San Andrés Chapil, San Pedro Sac.



Fotografía No. 2: Compra de tomate en la terminal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



<

Fotografía No. 3: Recibiendo los diferentes materiales a utilizar en los ensayos



Fotografía No. 4: Establecimiento de tratamientos a validar en Cantón el Carmen, Aldea San Andrés Chapil, San Pedro Sac.



<

Fotografía 5. Establecimiento de tratamientos a validar en Aldea Santa Rosa De Lima, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.



Fotografía 6. Establecimiento de tratamientos a validar en Aldea Santa Rosa De Lima, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos.



<

Figura 7. Tratamientos establecidos en Cantón Shulú, Tacaná San Marcos.



Figura 8. Tubérculos al primer mes con tratamiento de tomate.



<

Fotografía No. 9: Papas seleccionadas por muestreo para la toma de datos en Cantón el Carmen, Aldea San Andrés Chapil, San Pedro Sac.



Fotografía No. 10: Tamaño del brote a los 15 días después de quitar el nylon y fruto emisor de etileno Cantón el Carmen, Aldea San Andrés Chapil, San Pedro Sac.



<

Fotografía No. 11: Actor local mostrando los resultados de la brotación de los tubérculos de papa en Aldea San Andrés Chapil.



Figura No. 12: Número y tamaño de brotes de los tubérculos con tratamiento de Etileno generado por el tomate en Aldea San Andrés Chapil.



<

Figura No. 13: Resultados de tratar los tubérculos con etileno generado por tomate Caserío Vista Hermosa, San Antonio Sac.



Figura No. 14: Tomas de datos, numero de brotes, longitud de brotes y diámetro de brotes del tubérculo semilla de papa en Caserío Vista Hermosa, San Antonio Sac.



<

Figura No. 15: Ensayo de campo y el productor tomando datos en compañía de los investigadores en Cantón Carolina, Aldea La Grandeza



Figura No. 16: Resultados de tratar los tubérculos con etileno generado por tomate Caserío Vista Hermosa, San Antonio Sac.



<

Figura No. 17: Toma de datos en compañía de la productora de papa de la Aldea Santa Rosa De Lima, San Antonio Sacatepéquez, San Marcos



Figura 18. Día de campo en el municipio de Tacaná San Marcos



<

Figura 19. Participación de agricultores en el día de campo en el municipio de Tacaná San Marcos



Figura 20. Día de campo en el municipio de Tacaná San Marcos, explicando la forma de montar el experimento en el campo



<

Figura 21. Visita de supervisión del Ing. Albaro Orellana, en Cantón Carolina, San Andrés Chapil, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos



Figura 22. Día de Campo en Cantón Carolina, San Andrés Chapil, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



<

Figura 23. Día de Campo en Cantón Carolina, San Andrés Chapil, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.





<



Programa Consorcios
Regionales de
Investigación Agropecuaria

