

CRIA OCCIDENTE

Cadena de Papa (*Solanum tuberosum L*)

**Efecto del asoleado y almacenamiento en el rendimiento del
tubérculo-semilla de papa (*Solanum tuberosum L*), Paquix,
Chiantla, Huehuetenango.**

Advany Ottoniel Celada Maldonado

Andrés Vicente Sica

Luis Gustavo Martínez Castillo

Huehuetenango, julio de 2019.

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

SIGLAS Y ACRONIMOS

ASOCUCH	Asociación de organizaciones de los Cuchumatanes
CIALO	Centro de investigación del altiplano occidental del ICTA
CIP	Centro internacional de la papa
CRIA	Consortios regionales de investigación Agropecuaria
CUNOROC	Centro Universitario de Noroccidente
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
IICA	Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América

ÍNDICE

Contenido	Pág.
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1. Situación del cultivo de papa en Guatemala	2
2.2. Clasificación taxonómica	2
2.3. Características de la planta.....	2
2.4. Características de la variedad Ictafrit	3
2.5. Implementación del cultivo de papa	3
2.6. Importancia de la calidad del tubérculo-semilla de papa	4
2.7. ¿Qué se entiende por semilla de calidad?.....	5
2.8. Asoleado del tubérculo semilla de papa.....	5
2.9. Almacenamiento de tubérculo destinado para semilla.....	6
3. OBJETIVOS	10
3.1. General	10
3.2. Específicos	10
4. HIPÓTESIS	10
5. METODOLOGÍA	11
5.1. Metodología fase 1: asoleado y almacenamiento.....	11
5.2. Metodología fase 2: Siembra en campo	14
6. RESULTADOS	18
6.1. Resultados de la Fase 1: Asoleado y almacenamiento	18
6.2. Resultados de la Fase 2: Siembra en campo	26
7. CONCLUSIONES	51
8. RECOMENDACIONES	52
9. BIBLIOGRAFÍA.....	53
10. ANEXOS	55

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Pág.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la papa.	2
Cuadro 2. Tecnologías de almacenamiento	11
Cuadro 3. Tratamientos: períodos de asoleado	12
Cuadro 4. Variables evaluadas.	12
Cuadro 5. Combinación de los tratamientos en la fase 2.	15
Cuadro 6. Variables evaluadas.	16
Cuadro 7. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante el asoleado y almacenamiento de tubérculo-semilla de papa en bodega tradicional.	18
Cuadro 8. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable número de brotes visibles, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	18
Cuadro 9. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable longitud del brote (mm), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	19
Cuadro 10. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable diámetro del brote (mm), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	20
Cuadro 11. Coeficientes de correlación de Pearson donde existe correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega tradicional.	21
Cuadro 12. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante el asoleado y almacenamiento de tubérculo-semilla de papa en bodega de la Cooperativa Paquixeña.	22
Cuadro 13. Coeficiente de correlación de Pearson donde existe correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega de la Cooperativa Paquixeña.	24
Cuadro 14. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante el asoleado y almacenamiento de tubérculo-semilla de papa en bodega propuesta por el ICTA.	24
Cuadro 15. Coeficiente de correlación de Pearson donde existe correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega ICTA.	26
Cuadro 16. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para semilla, según tecnología de almacenamiento del agricultor.	26
Cuadro 17. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable número de tallos por postura, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	27
Cuadro 18. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	27
Cuadro 19. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de emergencia, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	28
Cuadro 20. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de floración, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	29
Cuadro 21. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para semilla (TM/Ha), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	30
Cuadro 22. Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega tradicional.	30
Cuadro 23. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para semilla, según tecnología de la Cooperativa Paquixeña.	31

Cuadro 24. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.....	31
Cuadro 25. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos por planta, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.	32
Cuadro 26. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de maduración, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.....	33
Cuadro 27. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para semilla (TM/Ha), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.	33
Cuadro 28. Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega tradicional.....	34
Cuadro 29. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para semilla, según tecnología de almacenamiento propuesta por el ICTA.	34
Cuadro 30. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tallos por postura, en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.	35
Cuadro 31. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.	35
Cuadro 32. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de floración, en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.	36
Cuadro 33. Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega propuesta por el ICTA.	37
Cuadro 34. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para consumo, según tecnología de almacenamiento del agricultor.	37
Cuadro 35. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	38
Cuadro 36. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos por planta, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.....	38
Cuadro 37. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de maduración, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	39
Cuadro 38. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos dañados (%), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.	40
Cuadro 39. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para consumo (TM/Ha), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.....	40
Cuadro 40. Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega tradicional.	41
Cuadro 41. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para consumo, según tecnología de la Cooperativa Paquixeña.	42
Cuadro 42. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tallos por postura, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.	42
Cuadro 43. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.....	43
Cuadro 44. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos por planta, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.	43

Cuadro 45. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de emergencia, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.	44
Cuadro 46. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de floración, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.	44
Cuadro 47. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos dañados (%), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.	45
Cuadro 48. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para consumo (TM/Ha), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.	46
Cuadro 49 Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega de la Cooperativa Paquixeña.....	46
Cuadro 50. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para consumo, según tecnología de almacenamiento propuesta por ICTA.	47
Cuadro 51. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.	47
Cuadro 52. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos por planta, en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.....	48
Cuadro 53. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de maduración, en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.....	49
Cuadro 54. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para consumo (TM/Ha), en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.	50
Cuadro 55 Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega propuesta por el ICTA.....	50

RESUMEN

El ensayo se realizó en Páquix, Chiantla, Huehuetenango, a una altitud de 3,175 msnm. Se evaluó el efecto del asoleado y tres tecnologías de almacenamiento en el tubérculo-semilla de papa. Los períodos de asoleado fueron 0, 2, 4, 6 y 8 días y las tecnologías de almacenamiento: bodega tradicional del agricultor, bodega de la Cooperativa Paquixeña y bodega que propone el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-.

Las variables evaluadas en la fase de almacenamiento fueron: número, longitud, y diámetro de los brotes, deshidratación de tubérculos y daño por plagas y/o enfermedades. En producción se evaluó el número de tallos por planta, altura y tubérculos por planta, días de emergencia, días a la floración y maduración, tubérculos dañados, rendimiento de tubérculo para semilla y rendimiento para consumo.

Con períodos de 6 y 8 días de asoleado, en las tres tecnologías de almacenamiento, se obtuvieron tubérculos-semilla con mejores características para la siembra. La tecnología del ICTA, provocó en el tubérculo-semilla brotes más vigorosos, que soportan la manipulación y presentan mayor uniformidad en la emergencia, mayor número de hijuelos y tolerantes a plagas y enfermedades. Independiente de los tratamientos de asoleado, la bodega tradicional presentó los mayores índices de pérdida por incidencia de plagas y enfermedades. El mayor rendimiento de tubérculo de papa para semilla y para consumo se obtuvo con 8 días de asoleado y posterior almacenamiento en la tecnología propuesta por el ICTA.

Para producir papa para semilla o consumo, se recomienda asolear el tubérculo-semilla durante 8 días. La tecnología propuesta por el ICTA es la más recomendable según el comportamiento de las variables evaluadas, especialmente el rendimiento. En futuras investigaciones, se recomienda evaluar periodos de asoleado más prolongados, en el rango de nueve a veinte días.

Effect of sunbathing and storage on potato tuber-seed performance
(Solanum tuberosum L), Páquix, Chiantla, Huehuetenango, Guatemala.

Advany Ottoniel Celada Maldonado

Andrés Vicente Sica

Luis Gustavo Martínez Castillo

ABSTRACT

The test was carried out in Paquix, Chiantla, Huehuetenango, at an altitude of 3,175 meters above sea level. The effect of sunbathing and three storage technologies on the potato-seed tuber was evaluated. The sunny periods were 0, 2, 4, 6 and 8 days and storage technologies: traditional farmer winery, Cooperativa Paquixeña winery and winery proposed by the Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

The variables evaluated in the storage phase were: number, length, and diameter of the shoots, dehydration of tubers and damage by pests and/or diseases. In production, the number of stems per plant, height and tubers per plant, emergency days, days of flowering and maturation, damaged tubers, seed tuber yield and yield for consumption were evaluated.

With periods of 6 and 8 days of sunny, in the three storage technologies, tubers-seed with better characteristics for planting were obtained. ICTA technology, caused in the tuber-seed more vigorous shoots, which withstand manipulation and present greater uniformity in the emergency, greater number of children and tolerant to pests and diseases. Regardless of sun treatments, the traditional winery presented the highest rates of loss due to incidence of pests and diseases. The highest potato tuber yield for seed and consumption was obtained with 8 days of sunny and subsequent storage in the technology proposed by ICTA.

To produce potato for seed or consumption, it is recommended to sunbathe the tuber-seed for 8 days. The technology proposed by ICTA is the most recommended according to the behavior of the variables evaluated, especially performance. In future research, it is recommended to evaluate longer sunny periods, in the range of nine to twenty days.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades agrícolas de Guatemala, el cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*), ha adquirido mayor importancia en los últimos años. Dicho cultivo se produce principalmente en las regiones del altiplano del país: Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sololá, Guatemala y Jalapa, siendo la meseta de Los Cuchumatanes la que produce 685,000 quintales de papa al año (ASOCUCH 2015), lo que equivale al 32% de la producción nacional. Actualmente en áreas productoras de la meseta de Los Cuchumatanes, se cultiva en un 70% la variedad Ictafrit, con rendimientos que oscilan entre los 36 y 41 TM/Ha (35-40 quintales/cuerda de 625vrs²).

Sin embargo, el rendimiento ha descendido en los últimos años debido a varios factores, entre ellos: ausencia de lluvia, granizo, fuertes descensos de temperatura, deficiente manejo agronómico y uso de tubérculo semilla de mala calidad.

Muchos agricultores adquieren semilla certificada, lo que implica aumento en sus costos, otros se aprovisionan de tubérculo semilla que producen en sus propias parcelas, los cuales no presentan las características más adecuadas. Aunado a lo anterior, no se brinda un manejo adecuado en la etapa poscosecha y almacenamiento, lo que conlleva a la disminución del rendimiento del cultivo al utilizar dicha semilla en campo.¹

En la etapa poscosecha es importante que el productor seleccione tubérculo semilla de calidad (sin daño mecánico, libre de plagas y enfermedades, uniformidad en tamaño, suberización uniforme). En el almacenamiento, el tubérculo recibe el estímulo de factores ambientales como humedad, temperatura, aireación y luz, lo que provoca importantes cambios fisiológicos (dormancia, dominancia apical, brotación múltiple, senectud, brotación filiforme). Las dos etapas anteriores condicionan a la obtención de tubérculos-semilla de calidad, que aunado a un correcto manejo agronómico del cultivo, propicia a mejorar la producción.²

El presente estudio evaluó el efecto del asoleado del tubérculo-semilla de papa, su almacenamiento y el rendimiento en campo, partiendo del supuesto que los tratamientos influirán en la calidad física, fitosanitaria y fisiológica, lo que se traduce en reducción de deshidratación, verdeamiento, reducción de plagas y enfermedades, cantidad y calidad de brotes, lo que impacta en el rendimiento del cultivo.³

¹ Sica, AV. 2017. Producción de papa en la Sierra de los Cuchumatanes. Huehuetenango, ASOCUCH. (Entrevista personal).

² Sica, AV. 2017. Producción de papa en la Sierra de los Cuchumatanes. Huehuetenango, ASOCUCH. (Entrevista personal).

³ Tovar, GA. 2017. Importancia del asoleado de tubérculo semilla de papa. Huehuetenango, ICTA. (Entrevista personal).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Situación del cultivo de papa en Guatemala

En Guatemala se cultiva papa en climas templados y fríos, comprendidos entre 1800 a 3600 metros sobre el nivel del mar. El 90% de productores son pequeños agricultores que siembran entre 0.1 y 2 hectáreas; el 8% cultiva de 2 a 5 hectáreas y el 2% restante son grandes productores y grupos cooperativistas que cultivan 5 hectáreas. Estas cifras reflejan que el cultivo de papa desempeña un papel importante en el orden socioeconómico (Hidalgo 2001).

El cultivo de papa aportó en el año 2009 un 4,68% al Producto Interno Bruto Agrícola (PIBA) y un 0,55% al Producto Interno Bruto (PIB) total nacional, por delante de muchos productos como frijol, tomate, arveja china y brócoli.

Para el año 2013 la producción de papa en Guatemala fue de 521.849 toneladas, ocupando una superficie de 20.860 hectáreas, según datos del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), con cifras estimadas por el Banco de Guatemala (BANGUAT) y se concentra básicamente en tres departamentos del occidente del país, siendo estos, Huehuetenango, Quetzaltenango y San Marcos, que producen alrededor del 77% de dicha producción nacional según el IV Censo Nacional Agropecuario, ocupando alrededor del 75% de la superficie nacional dedicada al cultivo (INE 2004, citado por Argueta 2014).

2.2. Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la papa.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Especie	Solanum tuberosum L. (Gómez 2003).

2.3. Características de la planta

Es una planta dicotiledónea, herbácea, anual. Los tubérculos son tallos subterráneos acortados y engrosados con yemas que almacenan nutrientes, utilizados como producto de consumo y semilla asexual. Presenta abundantes raíces fibrosas que alcanzan profundidades de 30 a 40 cm.

El tubérculo se forma de una ramificación subterránea del tallo llamado estolón o rizoma. Las flores pueden variar dependiendo de la variedad. El fruto es una baya, cuya forma depende de la variedad, que produce entre 300 y 400 semillas fértiles viables (Hidalgo 2001).

2.4. Características de la variedad Ictafrit

La altura de la planta oscila entre 80-90 cms, 130 días a floración, 170 días a madurez fisiológica, color de la flor rosada, color de la piel blanca, color de la pulpa blanca, de forma oblonga alargada y tolerante a tizón tardío. Cuenta con 12 yemas potencialmente productivas, las cuales dan origen a tallos, que producen dos estolones y cada uno de éstos a dos tubérculos. Se adapta a altitudes comprendidas entre 2390 a 3500 msnm. Su fase de almacenamiento oscila entre 5 y 6 meses, dependiendo de las condiciones físicas (ICTA 2002).

2.5. Implementación del cultivo de papa

Lo más importante al momento de la siembra, es contar con semilla que haya desarrollado brotes múltiples y vigorosos, con longitud de 1 a 2 centímetros. La densidad de siembra es importante, se recomienda distancias de 1 metro entre surcos y 30 centímetros entre plantas.

- **Preparación del suelo:** Antes de la siembra se prepara el suelo a una profundidad entre 20 a 30 centímetros, tratando de dejar el suelo lo más suelto posible. Al momento de la siembra deben de eliminarse terrones que puedan obstaculizar el desarrollo de los tubérculos (ASOCUCH 2015).
- **Fertilización:** Para realizar un plan de fertilización al cultivo de papa, es ideal hacer un análisis de suelo, con el cual se adecúan las dosis de fertilizantes y cal agrícola a aplicar. Los fertilizantes foliares se deben aplicar para compensar las necesidades de elementos menores del cultivo, se recomienda iniciar las aplicaciones cuando la planta tenga 8 hojas (ASOCUCH 2015).
- **Control de maleza:** No se recomienda que el cultivo de papa presente malezas durante los primeros 75 días, por lo que hay que eliminarlas mediante labores culturales. Se recomienda eliminar la maleza dos veces, la primera a los 35 días después de la siembra y la segunda 30 días después de la primera; en el caso de variedades de corto ciclo, la primera de 15 a 20 días después de la siembra y la segunda 15 días después de la primera, haciendo uso de azadón (ASOCUCH 2015).
- **Control fitosanitario:** Para prevenir enfermedades provocadas por hongos, debe aplicarse un agroquímico cuando las lluvias sean continuas. Para el control de plagas, se recomienda el uso de semilla sana, camellón alto al cubrir la semilla (de 25 a 30 centímetros de alto), a porque alto y oportuno, defoliación a ras del camellón, aplicación de insecticidas antes y después de la floración (ASOCUCH 2015).
- **Saneamiento:** La eliminación de plantas atípicas, consiste en eliminar toda planta de papa que presente características diferentes a la que se está cultivando, tales como: (color del follaje, porte de la planta y color de la flor), lo cual asegura que la cosecha que vamos a obtener va a ser homogénea (ASOCUCH 2015).
- **Defoliación:** Para la producción de tubérculo destinado para semilla, esta práctica debe realizarse mediante muestreo del tamaño de los tubérculos, ya que se determina el

momento oportuno para realizarla; así mismo, el inicio de cambio de color de verde intenso a verde amarillento en la plantación, siendo este el momento en que el cultivo ha alcanzado su madurez fisiológica. La defoliación reduce la incidencia de polilla en la papa y acelera la maduración de los tubérculos (ASOCUCH 2015).

- **Cosecha y poscosecha:** La cosecha debe realizarse 20 días después de la defoliación, cuando al frotar los tubérculos no se desprenda la epidermis, lo cual depende de la variedad que se cultiva. En el campo debe seleccionarse el producto, eliminando tubérculos con daños mecánicos, pudriciones, polilla y gallina ciega (ASOCUCH 2015).

Si la papa es semilla se recomienda hacer la clasificación en las tres categorías (primera, segunda y tercera) en el campo y colocarla en cajas de madera para evitar el excesivo manipuleo en la bodega (ASOCUCH 2015).

2.6. Importancia de la calidad del tubérculo-semilla de papa

En el cultivo de papa, una semilla ideal para la siembra debe mostrar las siguientes condiciones: cantidad y calidad de brotes, vigorosidad, sin daño por plagas y enfermedades; por lo tanto, las prácticas de manejo poscosecha y almacenamiento deben concentrarse en factores que garanticen una semilla que pueda expresar todo su potencial productivo.

A continuación, se dan a conocer las características ideales del tubérculo semilla para su siembra en campo:

- **Numero de brotes visibles:** Cuando la semilla presente solo un brote no es recomendable llevarla al campo, ya que desarrollaría solo un tallo y su producción sería baja. El estado ideal para sembrar el tubérculo es cuando todas las yemas u ojos presenten brotación, esto permitiría obtener tantos tallos como brotes presentes la semilla, incidiendo directamente en el rendimiento (Montesdeoca 2005).
- **Longitud de brotes:** Cuando la semilla presenta brotes largos y débiles no producen tallos y raíces fuertes, por lo que las plantas son poco productivas. Una semilla ideal para llevar al campo debe presentar brotes cortos, ya que los brotes largos agotan las reservas nutricionales del tubérculo, dificultando su crecimiento en campo. Muchas veces estos brotes no logran emerger del suelo.
- **Diámetro de brotes:** Un brote adecuado, debe ser vigoroso y corto. Estos brotes debido a que han conservado las reservas nutricionales del tubérculo madre, emanan fácilmente en campo y produce plantas vigorosas con alto potencial productivo.
- **Deshidratación:** Un tubérculo semilla deshidratado no es aconsejable para llevarlo al campo. La deshidratación puede deberse a un almacenamiento inadecuado, causando pérdida de agua y nutrientes, elongación de brotes que agotan las reservas. A pesar de que los agricultores utilizan semilla en este estado, no se recomienda hacerlo porque no solo ha perdido vigor, sino porque produce plantas débiles y poco resistentes a factores climáticos adversos como sequías, granizadas y heladas (Montesdeoca 2005).

- **Incidencia de plagas y enfermedades:** Un deficiente manejo poscosecha y un almacenamiento inadecuado propician el ataque de insectos, hongos y virus. Una semilla contaminada no tendrá efectos positivos en campo; en cualquier tipo de cultivo se recomienda el uso de semilla libre de estos factores.

Las características indicadas anteriormente repercuten en el rendimiento del cultivo, cuando éstas son ideales tenemos mejores resultados:

- **Numero de tallos por postura:** Este factor es resultado de la combinación del número, longitud y diámetro de brotes del tubérculo semilla. Cada tallo representa dos estolones que dan origen a cuatro tubérculos que pueden cosecharse.
- **Rendimiento:** El rendimiento del cultivo está en función del número de tallos que presente la planta y el manejo agronómico. Con más tallos por postura, aumenta el rendimiento.
- **Calidad del rendimiento:** El proceso de clasificación de papa debe iniciar en campo, haciendo una separación de tubérculos por tamaño (Primera, segunda, tercera y rechazo). El tubérculo de primera oscila entre un peso de 6 a 8 onzas; segunda entre 4 a 6 onzas; tercera entre 2 a 4 onzas; y el rechazo está conformado por tubérculos que no tienen características ideales para su comercialización (Putrificaciones, grietas, daño mecánico, daño por insectos y deformidad) (ASOCUCH 2015).

2.7. ¿Qué se entiende por semilla de calidad?

Es el tubérculo que muestra las condiciones genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias para reproducir plantas que, en condiciones adecuadas de cultivo, reproducirán las características y el potencial de la variedad que se ha sembrado.

Los tubérculos ideales para semilla tienen un diámetro de 4 a 8 cm que corresponde a un peso entre 40 a 120 g. Los tubérculos semilla pequeños, tienen más yemas por unidad de peso y por eso producen más tallos. Sin embargo, los tallos provenientes de tubérculos semilla más grandes crecen en general más rápido y poseen mayor capacidad de rebrote, lo que es ventajoso si las condiciones al momento de la siembra son adversas (Montesdeoca 2005).

2.8. Asoleado del tubérculo semilla de papa

Durante el periodo de almacenamiento de semilla de papa se producen cambios fisiológicos que tienen influencia en la calidad de esta. Durante esta etapa pueden ocurrir pérdidas de hasta un 100%, lo que impacta directamente en la economía de los productores. Por lo tanto, el empleo del asoleado del tubérculo semilla es una opción ecológica que ayuda a garantizar su calidad física, fisiológica y sanitaria (Gallegos et al. 2005).

- **Beneficios del asoleado del tubérculo semilla:** El asoleado es una práctica que permite el verdeamiento del tubérculo y debe realizarse únicamente para el que se destina para semilla. El verdeamiento causa un sabor amargo al consumir papas con estas

características, además de ser tóxico debido al alcaloide llamado solanina (Gallegos et al. 2005).

El asoleado tiene influencia en el tubérculo semilla de papa, de esta forma mediante la luz se produce lo siguiente:

- Mejora la cantidad y calidad de brotes.
 - Se retarda el envejecimiento fisiológico del tubérculo semilla.
 - Se reduce la incidencia de plagas y enfermedades.
- **Verdeamiento del tubérculo semilla:** Este proceso ocurre cuando exponemos los tubérculos a luz difusa o luz directa, el tubérculo adquiere una coloración verde debido al incremento de la solanina y de cloroplastos, con lo cual la papa se torna amarga y no es apetecida por los insectos. Además, brinda las siguientes ventajas al tubérculo semilla: Mejor calidad de brotes, pues se originan brotes fuertemente adheridos al tubérculo; contribuye a la supresión del crecimiento del brote apical; emergencia más rápida y rendimientos más estables en campo; se puede acortar un poco el período vegetativo (Banse 1980).
 - **Producción de solanina:** Se encuentra de modo natural en las hojas, frutos y tubérculos de las solanáceas, en particular en todas las especies del género *Solanum*, de ahí su nombre. La solanina es una sustancia muy tóxica y amarga, incluso en pequeñas cantidades, su fórmula es $C_{45}H_{73}NO_{15}$, dicha sustancia presenta propiedades insecticidas y fungicidas. La cocción no basta para desnaturalizarla, ni para evitar sus efectos. La dosis de solanina letal para el ser humano es de 420 mg. Los alcaloides tienen un sabor amargo, por lo que la presencia de este sabor en las papas nos indica la existencia de la toxina (López 2014).

De acuerdo con investigaciones conducidas por el CIP-Ecuador (Centro Internacional de la Papa), se ha determinado que niveles de radiación del orden de 3 watts/m²/día son adecuados para estimular la generación de solanina en el tubérculo semilla de papa (Grandon s.f.). Esta organización ha realizado pruebas de asoleado, concluyendo que con 5 días se logran mejores resultados en los tubérculos que se almacenan para semilla; esta investigación aún se encuentra en fase de validación, por lo que no se obtiene referencia bibliográfica al respecto.⁴ Sin embargo, por su posición geográfica Ecuador recibe 12 horas/luz/día, a diferencia de Guatemala que reporta 10 horas/luz/ día con niveles de radiación de 3.5 watts/m²/día.⁵

2.9. Almacenamiento de tubérculo destinado para semilla

Con el objetivo de evitar o reducir las pérdidas durante el almacenamiento, es necesario mantener los tubérculos bajo condiciones ambientales adecuadas de temperatura y humedad, que permitan disminuir y retardar los procesos de respiración, deshidratación, brotación y pudrición. Para alcanzar buenas condiciones de almacenaje se requiere de bodegas bien

⁴ Sica, AV. 2017. Experiencia de asoleado del tubérculo semilla en Ecuador a través del CIP (Centro Internacional de la Papa). Huehuetenango, PAPAIS. (Entrevista personal).

⁵ Palacios, J. 2017. Horas de sol y niveles de radiación en Guatemala. Huehuetenango, INSIVUMEH. (Entrevista personal).

estructuradas con buena ventilación. Después de dos a tres meses de un deficiente almacenaje, las papas comienzan a brotar, lo que causa:

- Disminución de la capacidad de brotación de los tubérculos.
- Pérdida de peso.
- Si consideramos sólo la pérdida de peso por respiración y por almacenaje en malas condiciones, de 100 kg después de 5 meses sólo se tendrá 70 kg aprovechables (López 2014).

2.9.1. Períodos fisiológicos del tubérculo durante el almacenamiento

- **Curación:** Cuando las condiciones ambientales son favorables suberizan las heridas y la epidermis de la papa, lo que provoca que sea más resistente al manipuleo. Así también, se tiene gran actividad fisiológica con la pérdida de agua por transpiración y respiración (ICTA 1990).
- **Dormancia:** Es el período en donde la intensidad de respiración y transpiración son mínimas; el tiempo puede ser de dos a tres meses, dependiendo de la variedad (ICTA 1990).
- **Brotación:** Período en el que las papas inician la actividad de desarrollo y crecimiento de brotes; normalmente, se inicia con un brote en uno de los extremos del tubérculo, lo que se denomina dominancia apical (ICTA 1900).

2.9.2. Condiciones ambientales que afecta la fisiología del tubérculo en almacenamiento

En papas que se utilizarán como semilla es necesario conservar su vigor y latencia para producir brotes fuertes y sanos. En papas para el consumo es necesario mantener las cualidades comestibles y comerciales para la alimentación humana. En ambos casos es importante conservar la temperatura, humedad relativa y ventilación (Méndez e Inostroza 2009).

- **Temperatura:** En bodega destinada para el almacenamiento de semilla, se recomienda mantener la temperatura entre 8 y 18 grados centígrados (Méndez e Inostroza 2009).
- **Humedad relativa:** Experiencias de campo demuestran que mientras se mantenga el ambiente húmedo, las papas pierden menos agua por evaporación y respiración. Se aconseja mantener en la bodega una humedad relativa entre 70 y 95% (Méndez e Inostroza 2009).
- **Luminosidad:** El manejo de la luz es primordial para la brotación de semilla, con mayor intensidad de luz se retarda el crecimiento de los brotes, se forman brotes vigorosos y en mayor cantidad por tubérculo (ASOCUCH 2015).
- **Ventilación:** La ventilación en las instalaciones es de suma importancia, sin embargo, se debe considerar que las ventanas de la bodega posean tela antiviral para evitar el

ingreso de la Polilla de la papa (*Tecia solanivora* y *Phthorimaea operculella*), siendo esta una de las principales plagas de almacén (ASOCUCH 2015).

2.9.3. Fisiología del tubérculo semilla durante el almacenamiento

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 destinado para 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 pertenece.

En la etapa de formación del tubérculo destinado para semilla, se identifican los siguientes estados:

- **Estado de reposo:** Es el lapso desde cuando el tubérculo ha sido cosechado, seleccionado y almacenado para usarlo como semilla y culmina cuando se inicia el desarrollo de los brotes.
- **Estado de brotación apical:** Es cuando la semilla presenta un solo brote, no es aconsejable sembrarla porque desarrollaría pocos tallos principales y su producción sería baja; este brote tiende a inhibir el desarrollo de otros brotes, por lo que es aconsejable eliminar el brote apical para estimular la brotación múltiple (Montesdeoca 2005).
- **Estado de brotación múltiple:** Es el momento en el cual todas las yemas tienen su respectivo brote. 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).
- **Estado de envejecimiento:** Se trata de semilla que ha pasado un tiempo muy largo, aparece arrugado y flácido por la pérdida de agua y nutrientes. No se recomienda el uso de esta semilla no solo porque ha perdido vigor, sino porque produce plantas débiles (Montesdeoca 2005).
- **Senectud:** El estado de senectud se caracteriza por varios síntomas, siendo estos: Excesiva ramificación de los brotes; producción de brotes largos y débiles, conocidos como brotes ahilados; producción de papas diminutas directamente en los brotes. En este estado los tubérculos destinados para semilla ya no producen plantas productivas (Wiersema 2016).
- **Brotación filiforme:** Se produce cuando la semilla fisiológicamente vieja desarrolla brotes filiformes con una marcada tendencia a ramificarse. La capacidad de emergencia de estos brotes está prácticamente agotada (Wiersema 2016).

2.9.4. Plagas y enfermedades de almacenamiento

- **Daños causados por plagas:** En el altiplano, el problema más importante del cultivo de la papa es el ataque de la palomilla del tubérculo (*Scrobipalopsis solanivora*) y (*Phthorimaea operculella*), pertenecientes al orden *Lepidoptera*, atacando los brotes y el tubérculo. Los adultos son palomillas de color café claro a grisáceo, con manchas café oscuro en las alas anteriores, existiendo diferencia de tamaño y coloración de las alas entre especie (Hidalgo 2001).

Los áfidos o pulgones (*Rhopalosiphum rufiabdominalis*) y (*Rhopalosiphum latysiphon*), se alimentan de los tubérculos y brotes, causando serios daños a la papa en almacenamiento y en campo (Hidalgo 2001).

- **Daños causados por enfermedades:** Dentro de las enfermedades más comunes del tubérculo en almacenamiento están: Tizón temprano (*Alternaria solani*), Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), marchitez bacteriana (*Raslstonia solanacearum*), marchitez anular (*Corinebacterium cepedonicum*), Rizoctoniasis (*Rizoctonia solani*), Roña (*Spongospora subterránea*) (Hidalgo 2001).

3. OBJETIVOS

3.1. General

Generar información sobre el efecto de períodos de asoleado y tecnologías almacenamiento en el rendimiento del tubérculo-semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*), bajo condiciones de aldea Paquix, municipio de Chiantla, Huehuetenango.

3.2. Específicos

3.2.1. Evaluar el efecto de cinco períodos de asoleado sobre el rendimiento del tubérculo-semilla de papa.

3.2.2. Evaluar el efecto de tres tecnologías de almacenamiento sobre el rendimiento del tubérculo-semilla de papa.

4. HIPÓTESIS

H_{a1}: Al menos uno de los tratamientos de asoleado del tubérculo-semilla de papa produce diferente efecto sobre el rendimiento.

H_{o1}: Todos los tratamientos de asoleado del tubérculo-semilla de papa producen el mismo efecto sobre el rendimiento.

H_{a2}: Al menos una de las tecnologías de almacenamiento del tubérculo-semilla de papa produce efectos distintos sobre el rendimiento.

H_{o2}: Todas las tecnologías de almacenamiento del tubérculo-semilla de papa producen el mismo efecto sobre el rendimiento.

5. METODOLOGÍA

La presente investigación se llevó a cabo en la aldea Paquix del municipio de Chiantla, Huehuetenango, ésta se encuentra localizada en la planicie de la Sierra de los Cuchumatanes, en la intersección de las coordenadas geográficas 15° 26' 40.2" latitud norte y 91° 27' 12.5" longitud oeste, tomando como referencia la Cooperativa Integral Agrícola Paquixeña, R.L., ubicada a una altitud de 3,175 metros sobre el nivel del mar (Velásquez 2016).

La topografía es semi plana, con pendientes que oscilan del 15% al 25%; el 30% de los suelos son ondulados y planos con vocación agrícola, el 70% restante lo ocupan los suelos escarpados con vocación forestal. Debido a su alta fertilidad, los suelos en su mayoría son aptos para cultivos agrícolas y forestales, con alta tendencia a la erosión (Velásquez 2016).

El clima que caracteriza a la zona es templado a frío, con temperaturas promedio que oscilan entre los -2°C y 22°C. Las temperaturas más altas se registran durante marzo-abril y las más bajas de noviembre a enero. La época lluviosa inicia en la última semana de mayo y concluye en octubre, observándose una época seca dentro de estos meses. Se tiene una humedad relativa de 80% y una evapotranspiración promedio de 3.4 mm/día (Velásquez 2016).

La investigación se realizó en dos fases, la primera consistió en asoleado y almacenamiento del tubérculo semilla de papa, iniciándose en el mes de julio de 2017, culminando en mayo de 2018. La segunda fase, de mayo a diciembre de 2018, consistió en la siembra en campo del material experimental utilizado en la primera fase.

5.1. Metodología fase 1: asoleado y almacenamiento

Se evaluó el efecto de cinco períodos de asoleado del tubérculo semilla de papa y su posterior almacenamiento en tres diferentes tecnologías, cada tecnología de almacenamiento se consideró como un ensayo independiente, por lo tanto, los resultados se presentan por separado.

Cuadro 2. Tecnologías de almacenamiento

Tecnología 1	Tecnología 2	Tecnología 3
Bodega tradicional	Bodega Cooperativa Paquixeña	Bodega ICTA

Se da a conocer cada una de las tecnologías de almacenamiento mencionadas en el cuadro 2:

- **Bodega tradicional:** Los productores de la Sierra de Los Cuchumatanes desde hace muchos años han utilizado bodegas con total oscuridad para almacenar los tubérculos semilla de papa. Sus paredes tradicionalmente son de adobe, piso de tierra y techo de teja de barro.
- **Bodega Cooperativa Paquixeña:** Esta tecnología utiliza el principio de luz natural difusa, Sus paredes son de block, techo de lámina de zinc, con ventanas que permiten luz difusa, protegidas con maya anti áfidos para impedir la entrada de insectos que puedan afectar el tubérculo.
- **Bodega ICTA:** Hace referencia a la tecnología impulsada por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. Sus paredes son cubiertas de malla antiáfidos que impide la entrada de insectos, techo de paja, nylon, lamina térmica o teja de barro (ICTA 2014).

5.1.1. Diseño experimental

En la fase 1 se utilizó el diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones, en total se manejaron 15 unidades experimentales en cada ensayo, es decir, en cada una de las tres tecnologías de almacenamiento.

5.1.2. Tratamientos

A continuación, se indican los tratamientos:

Cuadro 3. Tratamientos: períodos de asoleado

Período 1 Testigo, método tradicional	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5
0 días	2 días	4 días	6 días	8 días

5.1.3. Tamaño de la unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo conformada por 50 libras de tubérculo semilla de papa, cada tubérculo con un peso promedio de 4-6 onzas. Cada unidad experimental se conforma de cajas de madera con las siguientes dimensiones: 45 cm de ancho por 63 cm de largo y 27 cm de alto.

5.1.4. Modelo estadístico

El modelo estadístico del diseño completamente al azar es el siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

U = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental de las i - j -ésima unidad

5.1.5. Variables de respuesta

Cuadro 4. Variables evaluadas.

Variable	unidad de medida
Número de brotes visibles	Unidad
Longitud del brote	Milímetros
Diámetro del brote	Milímetros
Deshidratación del tubérculo	Porcentaje
Número de hijuelos visibles por brote	Unidades
Daño por plagas y/o enfermedades	Porcentaje

- **Definición operativa de las variables**

- **Número de brotes visibles:** Al finalizar la etapa de almacenamiento se contabilizaron los brotes visibles en cada tubérculo semilla de papa; cada yema que presentó una mínima brotación fue contabilizada.
- **Longitud del brote:** Al finalizar la etapa de almacenamiento se hizo la medición de longitud de brotes, desde la base hasta el ápice de este, para ello se utilizó un vernier digital. La dimensional para la toma de datos fue de milímetros.
- **Diámetro del brote:** Finalizando la etapa de almacenamiento se utilizó un vernier digital para la medición del diámetro de cada brote presente en el tubérculo, tomando como referencia la base de éste. La dimensional para la toma de datos fue de milímetros.
- **Deshidratación del tubérculo:** Los tubérculos fueron pesados antes y después de su almacenamiento, determinando el porcentaje de pérdida en peso por cada tubérculo de la muestra. La dimensional para la toma de datos fue de gramos.
- **Número de hijuelos por brote:** Al finalizar la etapa de almacenamiento se contabilizaron los hijuelos visibles en cada brote.
- **Daño por plagas y/o enfermedades:** A través de evaluación visual se verificaron los tubérculo-semilla dañados por plagas y/o enfermedades, contabilizándolos y determinando el porcentaje de pérdida.

Las variables fueron evaluadas en 15 tubérculos por cada unidad experimental, número de observaciones que según estudios previos es suficiente.

5.1.6. Análisis de la información

Inicialmente se realizó una matriz básica de datos en una hoja electrónica, luego se ingresó a un programa estadístico para realizar los análisis. Se evaluó el supuesto de normalidad de Shapiro-Wilks para los resultados de las variables bajo estudio. Las hipótesis a prueba fueron: H_0 : Los residuos tienen distribución normal. H_1 : Los residuos no tienen distribución normal.

Para el análisis de la varianza se utilizó el modelo estadístico completamente al azar, cada tecnología de almacenamiento se trabajó de forma independiente a un nivel de significación de 0.05. Cuando se determinó la existencia de diferencia significativa entre tratamientos se realizó una prueba de medias, según el criterio DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves), al 5% de significación. Respecto al análisis de correlación lineal de Pearson entre las variables, los resultados que se presentan corresponden a los coeficientes donde se obtuvo un valor de p menor al valor de alfa (0.05) definido, es decir, donde se observa evidencia suficiente para señalar que existe correlación lineal entre las variables.

5.1.7. Manejo del experimento

El estudio inició con la identificación de un productor de semilla de papa variedad Ictafrit, el cual está registrado ante la Cooperativa Integral Agrícola Paquixeña, R. L. y ésta a su vez tiene registros ante el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación MAGA, cumpliendo con los requerimientos administrativos y técnicos para llevar a cabo esta actividad. La identificación

del productor se llevó a cabo con apoyo de la Asociación de Organizaciones de los Cuchumatanes ASOCUCH.

El cultivo de semilla de papa fue monitoreado constantemente para garantizar el manejo técnico; algunas prácticas importantes a evaluadas fueron el control de plagas y enfermedades, preparación del suelo, bajo un plan de fertilización, distanciamientos adecuados, certeza en la variedad empleada y cosecha oportuna.

Cuando el cultivo de semilla de papa alcanzó su madurez fisiológica, se procedió a defoliar 20 días antes de la cosecha. La defoliación reduce la incidencia de la polilla de papa (*Tecia solanivora*) y (*Phthorimaea operculella*) y acelera la maduración de los tubérculos (Maldonado 1990). Se realizaron monitoreos constantes del tubérculo semilla de papa, tomando como base que al frotar el tubérculo no se desprendiera la epidermis, al momento de la cosecha se clasificaron los tubérculos, seleccionando aquellos con un peso aproximado de 4 a 6 onzas, de forma redonda a ovalada, descartando aquellos tubérculos deformes, enfermos, dañados y pequeños (ASOCUCH 2015).

La superficie de asoleado estaba recubierta de césped y se ubicó en la Cooperativa Integral Agrícola Paquixeña, R.L., ésta tenía cierta inclinación para evitar encharcamientos y pudriciones. No es posible asolear en patios revestidos de concreto, ya que provocaría quemaduras a causa del calor excesivo, además de daños mecánicos (Gallegos et al. 2005). Por las noches se procedió a cubrir el tubérculo semilla utilizando un cobertor plástico debido a las bajas temperaturas.

Durante la fase de asoleado, diariamente se realizó un volteo de tubérculos para tener una acción solar uniforme en la superficie de éstos.

5.2. Metodología fase 2: Siembra en campo

Durante la fase 2 se evaluó el rendimiento en campo del material experimental manejado en la fase 1. Se establecieron dos parcelas, una en el cantón Tunimá, para obtener tubérculo de papa para semilla; y, la otra en Páquix, para obtener tubérculo de papa para consumo. Ambas parcelas tuvieron el mismo manejo, a excepción del distanciamiento de siembra y días de defoliación.

5.2.1. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar

5.2.2. Tratamientos

- **Combinación de los tratamientos**

Los cinco tratamientos de asoleado y tres tecnologías de almacenamiento de la primera fase, se combinaron y obtuvieron los 15 tratamientos para la fase 2, los cuales se identificaron de la siguiente manera:

Cuadro 5. Combinación de los tratamientos en la fase 2.

Tecnologías de almacenamiento Tratamientos De asoleado	Bodega tradicional (A1)	Bodega Cooperativa Paquixeña (A2)	Bodega ICTA (A3)
0 días (B1)	A1B1	A2B1	A3B1
2 días (B2)	A1B2	A2B2	A3B2
4 días (B3)	A1B3	A2B3	A3B3
6 días (B4)	A1B4	A2B4	A3B4
8 días (B5)	A1B5	A2B5	A3B5

- **Distribución de tratamientos en cuatro bloques (repeticiones):**

Repetición I

A1B5	A3B4	A3B1	A1B1	A2B2	A1B3	A3B5	A1B2	A2B1	A2B5	A3B2	A1B4	A2B4	A3B3	A2B3
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Repetición II

A2B5	A2B1	A3B1	A1B5	A3B2	A1B2	A2B3	A3B5	A1B1	A3B4	A2B2	A3B3	A1B4	A2B4	A1B3
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Repetición III

A3B5	A2B1	A3B2	A1B2	A2B2	A1B5	A3B1	A1B4	A2B5	A2B3	A3B4	A1B1	A3B3	A2B4	A1B3
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Repetición IV

A1B2	A3B2	A2B1	A2B5	A1B5	A3B3	A2B4	A1B1	A3B1	A2B3	A1B4	A3B4	A2B2	A3B5	A1B3
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

5.2.3. Tamaño de la unidad experimental

La unidad experimental bruta estuvo conformada por sesenta y cuatro plantas; es decir, la unidad experimental neta estuvo conformada por dieciséis plantas, realizando cuatro repeticiones, sobre las cuales se realizaron las lecturas.

5.2.4. Modelo estadístico

El modelo estadístico de bloques completos al azar es el siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

U = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j -ésimo bloque

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

5.2.5. Variables de respuesta

Las variables respuesta se muestran en el cuadro 6:

Cuadro 6. Variables evaluadas.

Variable	unidad de medida
Tallos postura	Unidad
Altura planta	Centímetros
Tubérculos planta	Unidad
Días emergencia	Días
Días floración	Días
Días maduración	Días
Tubérculos dañados	Porcentaje
Rendimiento para semilla *1	TM/Ha
Rendimiento para consumo *2	TM/Ha

*1. Únicamente en la parcela destinada a producir tubérculo para semilla

*2. Únicamente en la parcela destinada a producir tubérculo para consumo.

- **Definición operativa de variables**

- **Tallos por postura:** Esta variable fue evaluada a los 120 días después de la siembra, realizando un conteo de tallos verdaderos.
- **Altura de planta:** Esta variable se evaluó cuando la unidad experimental presentó el 50% de floración.
- **Tubérculos por planta:** Esta variable se evaluó al momento de la cosecha.
- **Días de emergencia:** Esta variable se evaluó cuando la unidad experimental presentó el 50% de emergencia.
- **Días de floración:** Esta variable se evaluó cuando la unidad experimental presentó el 50% de floración.
- **Días de maduración:** Se evaluó cuando al realizar un monitoreo visual, el cual consiste en frotar la epidermis del tubérculo y si ésta no se desprende es porque ya alcanzó su madurez fisiológica.
- **Tubérculos dañados:** A través de evaluación visual se verificaron los tubérculo-semilla dañados por plagas y/o enfermedades, contabilizándolos y determinando el porcentaje de pérdida.
- **Rendimiento semilla:** Esta variable se evaluó al momento de la cosecha, se realizó en función del peso de los tubérculos cosechados de primera, segunda y tercera categoría. Los datos se expresan en toneladas métricas por hectárea (TM/Ha)

Categoría	Peso
- Primera.....	6 a 8 onzas
- Segunda.....	4 a 6 onzas
- Tercera.....	2 a 4 onzas. (ASOCUCH 2015).
- **Rendimiento consumo:** Esta variable se evaluó al momento de la cosecha, se realizó en función del peso de todos los tubérculos cosechados, utilizando una balanza. Los datos se expresan en toneladas métricas por hectárea (TM/Ha)

5.2.6. Análisis de la información

Inicialmente se realizó una matriz básica de datos en una hoja electrónica, luego se ingresó a un programa estadístico para realizar los análisis. Se evaluó el supuesto de normalidad de Shapiro-

Wilks para los resultados de las variables bajo estudio. Las hipótesis a prueba fueron: H_0 : Los residuos tienen distribución normal. H_1 : Los residuos no tienen distribución normal.

Para el análisis de la varianza se utilizó el modelo estadístico bloques completos al azar, cada tecnología de almacenamiento se trabajó de forma independiente a un nivel de significación de 0.05. Cuando se determinó la existencia de diferencia significativa entre tratamientos se realizó una prueba de medias, según el criterio DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves), al 5% de significación.

Para el análisis de correlación lineal de Pearson entre las variables de cada tecnología de almacenamiento, los resultados que se presentan corresponden a los coeficientes donde se obtuvo un valor de p menor al valor de alfa (0.05) definido, es decir, donde se observa evidencia suficiente para señalar que existe correlación lineal entre las variables.

5.2.7. Manejo del experimento

Al terreno seleccionado se le realizó un análisis de suelo con fines de fertilidad, con ello se estableció el plan de fertilización. Antes de la siembra se realizaron labores de labranza a una profundidad entre 20 a 30 centímetros.

El distanciamiento de siembra fue, para la parcela destinada a semilla de 1 metro entre surcos y 30 centímetros entre plantas. Para la parcela destinada a consumo fue de 1 metro entre surcos y 35 centímetros entre plantas.

El plan de fertilización del cultivo se estableció por medio del análisis de fertilidad del suelo, estableciendo las dosis adecuadas de fertilizantes y cal agrícola a aplicar. Los fertilizantes foliares se aplicaron para compensar las necesidades de elementos del cultivo.

Para el control de plagas se realizaron las medidas preventivas, tales como uso de semilla sana, sin polilla (larvas, pupas o adultos); camellón alto al cubrir la semilla (de 25 a 30 centímetros de alto); aporque alto y oportuno; uso de suelos con rotación de cultivos; defoliación a ras del camellón; aplicación de insecticidas antes y después de la floración.

Para el control de enfermedades provocadas por hongos (*Rhizoctonia solani*, *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* y *Fusarium spp.*), se realizaron aplicaciones preventivas y curativas de fungicidas. Se realizó el control de malezas por dos ocasiones, la primera a los 35 días después de la siembra y la segunda 30 días después de la primera.

Cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica, se procedió a defoliar 20 días antes de la cosecha, de forma manual. La cosecha se realizó cuando los tubérculos suberizaron. El proceso de clasificación de papa se realizó haciendo una separación por tamaños (primera, segunda y tercera) y papa de rechazo.

6. RESULTADOS

Por la prueba de normalidad Shapiro-Wilks modificado, se determinó que no hubo evidencia para rechazar el supuesto de distribución normal para los datos.

Los análisis de varianza, pruebas de medias y análisis de correlación lineal de Pearson entre las variables para cada tecnología de almacenamiento, se presentan a continuación.

6.1. Resultados de la Fase 1: Asoleado y almacenamiento

6.1.1. Tecnología de almacenamiento tradicional

El resumen de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 7. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante el asoleado y almacenamiento de tubérculo-semilla de papa en bodega tradicional.

Variable	CV %	F	p-valor	
Número de brotes visibles	8.38	5.72	0.0117	Significativo
Longitud del brote	12.89	4.72	0.0213	Significativo
Diámetro del brote	4.25	18.27	0.0001	Significativo
Deshidratación del tubérculo	15.11	1.54	0.2642	No significativo
Número de hijuelos por brote	12.76	2.19	0.1432	No significativo
Daño por plagas y/o enfermedades	70.81	2.69	0.0931	No significativo

Fuente: Elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Número de brotes visibles:**

Como se observa en el cuadro 7, existe diferencia significativa para esta variable, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias para determinar qué período de asoleado produce el mayor número de brotes visibles.

Cuadro 8. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable número de brotes visibles, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC	Alfa=0.05	PCALT=0.5990		
Error: 0.0904	gl: 10			
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
0 días	4.22	3	0.17	A
2 días	3.64	3	0.17	B
8 días	3.60	3	0.17	B
4 días	3.36	3	0.17	B
6 días	3.11	3	0.17	B

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

Según el cuadro 8, con 0 días de asoleado y la tecnología de almacenamiento bodega tradicional se obtiene el mayor número de brotes visibles y el menor con seis días. A medida que se asolea el tubérculo se reduce la aparición de brotes. Bajo las condiciones que se tienen en este tipo de tecnología (paredes de adobe, piso de tierra, teja de barro, ambiente húmedo y oscuro), propician condiciones de alta humedad, poca luz difusa y poca aireación, que inducen a la emisión de brotes, pero a su vez se ven afectados en su desarrollo al obtener brotes largos y delgados. Sin embargo, el asoleo del tubérculo propicia su verdeamiento e induce a una menor brotación, debido a las condiciones desfavorables en su almacenamiento.

- **Longitud del brote:**

Respecto a esta variable, existe diferencia significativa, por lo que se realizó la prueba múltiple de medias.

Cuadro 9. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable longitud del brote (mm), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=4.8866
 Error: 6.0150 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
6 días	23.66	3	1.42	A
8 días	20.16	3	1.42	B
4 días	18.65	3	1.42	B
0 días	16.80	3	1.42	B
2 días	15.87	3	1.42	B

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

El período de asoleo de 6 días reportó la mayor longitud de brote en relación con el resto de los tratamientos. A más días de asoleo se obtienen brotes más largos en los tubérculos almacenados en bodega tradicional. Con menos días de asoleo se obtuvieron brotes más pequeños. Debido a las variaciones ambientales generadas con este tipo de tecnología de almacenamiento, los resultados no siguieron una tendencia estable.

La longitud del brote está muy relacionada a la cantidad de luz que recibe el tubérculo de papa en toda su fase post cosecha y almacenamiento. Los tubérculos con menor período de asoleo mantuvieron brotes más cortos. Sin embargo, los brotes obtenidos en los tratamientos de 0, 2 y 4 días, presentaron una pigmentación de color amarillo/crema, lo cual no es recomendable debido a que sus paredes celulares están más débiles ante el ataque de plagas y enfermedades, efecto que se debe a la poca luz recibida previo y durante su almacenamiento. No así, para los brotes de los tratamientos 6 y 8 días de asoleado, que presentaron una pigmentación purpura la cual es característica de la variedad y un adecuado asoleo.

- **Diámetro del brote:**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 10. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable diámetro del brote (mm), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.3057
 Error: 0.0235 gl: 10

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	4.12	3	0.09	A
4 días	3.81	3	0.09	B
6 días	3.54	3	0.09	C
8 días	3.44	3	0.09	C
2 días	3.12	3	0.09	D

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

Con 0 días de asoleado, se tiene el mayor diámetro del brote. Los períodos de asoleado de 4, 6 y 8 días, estadísticamente tienden a ser iguales, esto obedece a que estuvieron expuestos a más luz solar, factor que influye en la producción de solanina, la cual permite generar brotes más uniformes. Así mismo, con 2 días de asoleado se produce el menor diámetro del brote, lo cual repercute en que los brotes sean más débiles y propensos al desprendimiento al momento de manipularlos. Respecto a esta variable, no se estableció una tendencia en sus valores.

- **Deshidratación del tubérculo:**

No existe diferencia significativa, por lo que no se realizó la prueba de medias. Sin embargo, se establece una tendencia ligeramente ascendente en la deshidratación que sufre el tubérculo con respecto a días de asoleado. Con 0 días de asoleo la pérdida por deshidratación es de 14.83% y con 8 días del 19.96%. A mayor período de asoleo, el tubérculo pierde más humedad, reflejándose a nivel de campo que los tubérculos con pocos días de asoleado tienden a mantener una apariencia rugosa y que a partir de los 6 días se manifiesta turgencia en la epidermis.

La pérdida de humedad del tubérculo se da principalmente en el asoleado previo a su almacenamiento. La deshidratación del tubérculo durante el almacenamiento está influida por las condiciones de la bodega. Para este caso, la bodega del agricultor reportó una temperatura promedio mínima de 1.47 °C y una máxima de 13.41 °C; mientras que la humedad presenta una mínima de 38% y una máxima de 80%, lo que supone que la deshidratación que sufre el tubérculo bajo estas condiciones se produce de manera lenta.

A medida que los tubérculos son expuestos por más periodos de tiempo a la luz natural, implica pérdida de humedad y de acuerdo a las condiciones de la tecnología de bodega tradicional, se traduce en emisión de mayor número de brotes, tendiendo a ser largos y de menor diámetro; lo cual, para producción de semilla no reúne las características ideales para su propagación, obteniéndose brotes débiles y mal desarrollados.

- **Número de hijuelos por brote:**

No existió diferencia significativa entre los tratamientos de asoleado, por lo tanto, no se realizó la prueba de medias. El valor más bajo fue un promedio de 2.33 hijuelos por brote, con 2 días

de asoleado; mientras que, el valor promedio más alto fue de 3.04 hijuelos por brote a los 8 días asoleado. Entre más hijuelos se obtienen en los brotes, más tallos secundarios se producen en la planta, acompañado de estolones, los cuales generan tubérculos y con ello el incremento del rendimiento de la producción.

- **Daño por plagas y/o enfermedades:**

Para la variable daño de plagas y enfermedades en tubérculos (%), no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que no fue necesario realizar la prueba de medias. Sin embargo, el daño provocado por plagas y enfermedades en relación con el período de asoleado de los tubérculos fue muy variable y no se estableció una tendencia.

Con 2 y 6 días de asoleado se obtienen menos daños (2.33% y 6.67% respectivamente). En los períodos de 0, 4 y 8 días de asoleado, se reporta los mayores daños (22%, 13% y 11% respectivamente), provocados principalmente por *Rhizoctonia Solani* y *Tecia Solanivor*. El comportamiento de la temperatura fue mínima 1.40 °C, máxima 15.5°C, y de la humedad relativa en promedios de, mínima 38 % y máxima de 80%, siendo las condiciones más desfavorables en comparación con el resto de las tecnologías.

- **Análisis de correlación lineal:**

Se presenta a continuación los coeficientes donde según el valor de p , existe correlación lineal de Pearson entre las variables para la tecnología de almacenamiento bodega tradicional.

Cuadro 11. Coeficientes de correlación de Pearson donde existe correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega tradicional.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Número de brotes	Longitud del brote	15	-0.58	0.0237
Deshidratación (%)	Número de brotes	15	-0.54	0.0366
Deshidratación (%)	Diámetro del brote	15	-0.53	0.0420

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

Según la tecnología del agricultor, existe correlación lineal negativa moderada entre el número y la longitud de los brotes (-0.58), es decir, a mayor número de brotes, la longitud de estos es menor. Este vínculo entre ambas variables se debe principalmente a que, la distribución de las reservas es más equilibrada entre el número de brotes y el tubérculo en sí. Se observa también correlación negativa moderada entre el porcentaje de deshidratación y la variable número de brotes (-0.54), es decir, a mayor deshidratación, se reduce el número de brotes en el tubérculo.

Así mismo se evidencia correlación negativa moderada entre el porcentaje de deshidratación y diámetro del brote (-0.53), es decir, mientras más se deshidrate el tubérculo, el diámetro de brotes se reduce. Al deshidratarse el tubérculo, se van agotando las reservas que aseguran una nueva generación, esto repercute entre estas variables. La deshidratación se ve muy influenciada por las condiciones bajo las cuales se almacena (Temperatura, humedad relativa, luz difusa y aireación) y el asoleado del tubérculo semilla.

6.1.2. Tecnología de almacenamiento de la Cooperativa Paquixeña

El resumen de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 12. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante el asoleado y almacenamiento de tubérculo-semilla de papa en bodega de la Cooperativa Paquixeña.

Variable	CV %	F	p-valor	
Número de brotes visibles	6.77	1.47	0.2822	No significativo
Longitud del brote	7.96	0.38	0.8155	No significativo
Diámetro del brote	9.44	0.05	0.9945	No significativo
Deshidratación del tubérculo	9.89	0.22	0.9192	No significativo
Número de hijuelos por brote	10.64	0.36	0.8333	No significativo
Daño por plagas y/o enfermedades	129.10	0.87	0.5121	No significativo

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Número de brotes visibles:**

Según el cuadro 12, no existe diferencia significativa, por lo que no se realizó prueba de medias. Con 0 días de asoleo se produce mayor número promedio de brotes (4.02), mientras que en el resto de los tratamientos dicho número fluctuó entre 3.5 y 3.7. No estableció una tendencia respecto a esta variable.

- **Longitud del brote:**

No existe diferencia significativa entre los tratamientos de asoleado, tampoco se estableció una tendencia definida respecto a esta variable. Con 0 días de asoleado se obtiene la menor longitud promedio del brote (17.55 mm) y como se indicó en el inciso anterior, el mayor número de brotes, debido a que el brote apical no fue tan grande en relación con el resto, lo cual ocasionó que los demás brotes se desarrollaran adecuadamente, así mismo, estos brotes no presentan características que les permitan resistir ante el ataque de plagas y enfermedades.

A los 2 días de asoleado fue donde se reportó la mayor longitud promedio de brotes (18.96 mm) y menor número de brotes, debido a la presencia del brote apical. El resto de los tratamientos, con períodos de 4, 6 y 8 días de asoleado, mantuvieron una tendencia uniforme (17.99 mm, 18.08 mm y 18.31 mm) y con pigmentación púrpura la cual es característica de la variedad y el asoleado.

Al no exponer los tubérculos a la luz natural y dadas las condiciones de la bodega de Cooperativa Paquixeña, se tiende a emitir mayor número de brotes, de menor longitud, pero susceptibles a plagas y enfermedades; mientras que con exposición a la luz natural repercute en la emisión de menor cantidad de brotes, de mayor longitud y resistentes al ataque de plagas y enfermedades, debido a la presencia de solanina.

- **Diámetro del brote:**

No existe diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, con 0 días de asoleado el diámetro del brote tiene menor promedio con 3.72 mm. Con 4 días de asoleado se obtienen los mayores diámetros (3.84 mm). No se estableció tendencia definida para esta variable.

- **Deshidratación del tubérculo:**

De acuerdo a los resultados de la variable deshidratación del tubérculo, no existe diferencia significativa entre los tratamientos, tampoco una tendencia definida. El período de 4 días de asoleado presentó la mayor deshidratación del tubérculo con el 23% en relación con su peso inicial. La menor deshidratación (21%) se tuvo con 0 días de asoleado. Dada las condiciones que proporciona este tipo de tecnología, como luz difusa, que permite el ingreso de luz solar a través del techo y ventanas, con registros de temperatura mínima 3 °C y una máxima de 13 °C, con humedad relativa con datos promedios, de una mínima 39% y una máxima de 75%, ocasionan que el tubérculo pueda seguir generando el verdeamiento característico, producto de la solanina, que entre otros beneficios permite que el tubérculo mantenga su apariencia de turgencia y pierda poca humedad, conservando energías para aprovecharlas en sus brotes.

- **Número de hijuelos por brote:**

Todos los tratamientos son estadísticamente iguales. No existe una tendencia respecto al número de hijuelos promedio por brote, es decir que cada tratamiento se comportó de manera diferente. Al no exponer los tubérculos al sol, es decir con 0 días, se obtiene el menor número de hijuelos con promedio de 2.6 por brote. El tratamiento de 2 días de asoleado registra el mayor número de brotes con 2.8 en promedio. Los otros tratamientos de 4, 6 y 8 días de asoleado presentan una variación con tendencia al incremento de hijuelos mientras más días se asolea.

Las condiciones que se generan con el empleo de la tecnología de almacenamiento bodega Cooperativa Paquixeña, es importante para generar más hijuelos en los brotes. Resaltando que los tratamientos de 0 y 2 días de asoleado presentaron brotes e hijuelos con una pigmentación cremosa, esto se debe a la poca luz recibida previo y durante su almacenamiento. Cada hijuelo que se encuentra en los brotes representa un tallo secundario en la planta.

- **Daño por plagas y/o enfermedades:**

No existió diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, con el período de asoleado de 8 días, el tubérculo y brotes no tuvieron plagas y enfermedades. Lo anterior se debe a que dicho tratamiento recibió mayor asoleado previo a su almacenamiento, aunado a las condiciones generadas con el tipo de tecnología empleada en la bodega de Cooperativa Paquixeña, lo cual provocó una pigmentación purpura-verde del tubérculo, el cual es ocasionado por el glicoalcaloide solanina, que constituye una defensa contra insectos y enfermedades.

Los tratamientos que mayor daño presentaron fueron de 2 y 4 días de asoleado (4.67% para ambos), cercano a los tratamientos de 0 y 6 días (2.33% para ambos), los cuales manifestaron presencia de *Rhizoctonia solani* en brotes e hijuelos y *Tecia solanivora* en el tubérculo.

Los resultados obtenidos indican que el daño por plagas y enfermedades se reduce a medida que se estimula la generación del glicoalcaloide solanina, es decir exponer el tubérculo-semilla a luz solar previo a su almacenamiento y manejo de luz difusa en su etapa de almacén.

- **Análisis de correlación lineal:**

Se presenta a continuación el coeficiente donde según el valor de p , existe correlación lineal de Pearson entre las variables para la tecnología de almacenamiento Cooperativa Paquixeña.

Cuadro 13. Coeficiente de correlación de Pearson donde existe correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega de la Cooperativa Paquixeña.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Número de brotes	Longitud del brote	15	-0.55	0.0323

En el cuadro anterior se observa correlación negativa moderada entre el número de brotes y la longitud del brote, es decir, a mayor número de brotes, la longitud de estos es menor. Esta característica de relación entre ambas variables se debe principalmente a que, si al tubérculo se le brindó un manejo post cosecha adecuado, se obtendrán resultados equilibrados entre el número de brotes y su longitud, ya que la distribución de las reservas es más equilibrada entre el número de brotes y el tubérculo en sí.

6.1.3. Tecnología de almacenamiento del ICTA

El resumen de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 14. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante el asoleado y almacenamiento de tubérculo-semilla de papa en bodega propuesta por el ICTA.

Variable	CV %	F	p-valor	
Número de brotes visibles	8.70	2.06	0.1614	No significativo
Longitud del brote	10.56	0.40	0.8073	No significativo
Diámetro del brote	11.69	3.22	0.0607	No significativo
Deshidratación del tubérculo	12.16	0.62	0.6605	No significativo
Número de hijuelos por brote	9.43	2.29	0.1310	No significativo
Daño por plagas y/o enfermedades	170.87	1.48	0.2790	No significativo

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Número de brotes visibles:**

No existe diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, existe variación en relación con el número de brotes que se emiten en función de los periodos de asoleado, aunque no se establece una tendencia definida. Con 0 días de asoleado se presentó el menor número de brotes con 3.3 en promedio por cada tubérculo. A medida que se incrementaba la exposición de los

tubérculos a la luz natural, éstos incrementaron la emisión de brotes, reportándose la mayor emisión con un período de 4 días de asoleado, registrando en promedio 4 brotes.

- **Longitud del brote:**

No existe diferencia significativa. El tratamiento de 0 días de asoleado presenta la menor longitud del brote (16 milímetros), con pigmentación color verde poco intenso, debido al no asoleo previo. La longitud alcanzada con 0 y 2 días de asoleado es aceptable, tomando en cuenta que propicia brotes con poca longitud, ya que brotes muy largos son susceptibles al desprendimiento o quebradura debido al manipuleo.

- **Diámetro del brote:**

No existe diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, se existe marcada tendencia del diámetro que fue en ascenso en función de los días de asoleado de los tubérculos. El menor promedio de diámetro se obtuvo con 0 días de asoleado registrando 4.90 milímetros, el mayor diámetro se obtuvo con 8 días de asoleado, obteniendo hasta 6.7 mm. Es importante indicar que, mientras más se exponen los tubérculos al asoleado, se propicia el incremento de la pigmentación de los brotes, desde una verde oliva a un verde intenso, es decir, aumentó el glicoalcaloide solanina.

- **Deshidratación del tubérculo:**

No existe diferencia significativa entre tratamientos, tampoco se establece una tendencia definida del porcentaje de deshidratación en función de los días de asoleado. Con 4 días de asoleo se tiene la mayor deshidratación, con el 21.53%, mientras que con 8 días se reduce la pérdida de humedad al 18%.

Durante el almacenamiento, la deshidratación también está muy relacionada con las condiciones de la bodega en donde se almacena. La tecnología de almacenamiento propuesta por el ICTA presentó una temperatura promedio mínima de 1 °C y máxima de 17 °C. La humedad promedio mínima 36% y la máxima de 77%, siendo estas favorables para el desarrollo de los tubérculos.

- **Número de hijuelos por brote:**

No existió diferencia significativa entre los tratamientos de asoleado. El menor número promedio de hijuelos (3.08) se obtuvo con 2 días de asoleo y el mayor con 8 días (3.75). Los brotes e hijuelos de los tratamientos 0 y 2 días de asoleado presentaron una pigmentación crema a púrpura-verdoso poco intenso. Los brotes e hijuelos obtenidos con 8 días de asoleado manifestaron una pigmentación púrpura intenso, asegurando además su anclaje en el tubérculo debido a su buen desarrollo y dada las condiciones que ocasionó este tipo de tecnología.

- **Daño por plagas y/o enfermedades:**

Para la variable daño por plagas y/o enfermedades en los tubérculos, no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, la tendencia muestra un comportamiento

descendente conforme incrementa la exposición de los tubérculos a la luz natural. Con 6 y 8 días de asoleado no se tienen daños. Lo anterior obedece, a que la solanina constituye una defensa contra insectos, enfermedades y depredadores. El tratamiento que mayor daño presentó fue de 0 días de asoleado con el 7% de daño, seguido de los tratamientos de 2 y 4 días con el 2.33% para ambos.

- **Análisis de correlación lineal:**

Se presenta el coeficiente donde según el valor de p , existe correlación lineal de Pearson entre las variables para la tecnología de almacenamiento bodega propuesta por el ICTA.

Cuadro 15. Coeficiente de correlación de Pearson donde existe correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega ICTA.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Longitud del brote	Diámetro del brote	15	0.60	0.0169

Se observa correlación positiva moderada entre la longitud y el diámetro del brote, es decir, cuando se tienen brotes más largos se tiene también mayor diámetro. Esta relación entre variables se debe principalmente a que los tubérculos recibieron el estímulo a través del asoleado previo al almacenamiento y las condiciones bajo las cuales se almacenó (luz difusa, temperatura, humedad ambiente y mayor aireación). Lo anterior provocó el verdeamiento del tubérculo, a causa de la solanina y permite que los brotes tengan un mejor desarrollo en longitud y diámetro. A medida que se incrementó el asoleo, se observaron brotes de mejor calidad.

6.2. Resultados de la Fase 2: Siembra en campo

6.2.1. Producción de tubérculo para semilla

6.2.1.1. Tecnología de almacenamiento tradicional

El resumen de las tablas de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 16. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para semilla, según tecnología de almacenamiento del agricultor.

Variable	CV %	F	p-valor	
Tallos postura	20.07	4.77	0.0155	Significativo
Altura planta	11.73	5.80	0.0078	Significativo
Tubérculos planta	14.73	1.45	0.2762	No significativo
Días emergencia	4.63	6.84	0.0041	Significativo
Días floración	3.94	12.30	0.0003	Significativo
Días maduración	5.60	0.85	0.5189	No significativo
Tubérculos dañados %	43.73	1.47	0.2722	No significativo
Rendimiento semilla	13.06	4.42	0.0200	Significativo

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Tallos por postura**

Existe diferencia significativa para esta variable, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias para determinar qué período de asoleado produce el mayor número de tallos.

Cuadro 17. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable número de tallos por postura, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.7747
 Error: 0.2286 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
6 días	3.08	4	0.24	A
8 días	2.67	4	0.24	A
0 días	2.42	4	0.24	A
4 días	1.92	4	0.24	B
2 días	1.83	4	0.24	B

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

Los tratamientos de 6 y 8 días son los que tuvieron más tallos. En el caso del tratamiento de 0 días también forma parte del primer grupo debido a que la planta por naturaleza tiende a garantizar su próxima generación mediante la floración y producción de semilla botánica, aunque no necesariamente tenga mayor rendimiento.

En el caso de los tratamientos de 4 y 2 días, tienden a tener el menor número de tallos por tubérculo de semilla, debido a que se obtuvo menos concentración de solanina, esto impacta en la generación de tallos que fueron menos que en los tubérculos con más tiempo de asoleado.

- **Altura de la planta**

Respecto a la variable altura de la planta, existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 18. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=12.9229
 Error: 63.5950 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	83.42	4	3.99	A
2 días	70.33	4	3.99	B
6 días	64.50	4	3.99	B
4 días	63.34	4	3.99	B
8 días	58.42	4	3.99	B

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

Según el cuadro anterior, los tubérculos menos asoleados tuvieron mayor altura. Las plantas tienden a garantizar la sobrevivencia de su próxima generación, es decir, cuando no crece el follaje por el efecto del asoleado, la planta asegura de su próxima generación por la mayor producción de tubérculos, esto debido al número de brotes, en comparación con los tratamientos de 0 y 2 días, donde desarrolló follaje porque la planta no garantiza la sobrevivencia por tubérculos si no a través de semilla botánica.

- **Tubérculos por planta**

No existió diferencia significativa entre tratamientos para esta variable, razón por la cual no se realizó la prueba de medias. Sin embargo, el tratamiento de 6 días produjo el mayor número promedio de tubérculos por planta con 11.06, porque fueron asoleados durante más tiempo y produjeron mayor número de brotes.

En el tratamiento de 0 días, también tuvo alto número de tubérculos (10.94) debido a que las condiciones climáticas fueron favorables. El menor número de tubérculos (9.00) se produjo con el tratamiento de 4 días de asoleo.

- **Días de emergencia**

Existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias.

Cuadro 19. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de emergencia, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=1.6736
 Error: 1.0667 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	24.00	4	0.52	A
6 días	23.50	4	0.52	A
2 días	21.50	4	0.52	B
0 días	21.50	4	0.52	B
4 días	21.00	4	0.52	B

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

Los tratamientos de 6 y 8 días de asoleo se ubican en el mismo grupo y tardan más días en emerger, este fenómeno se debe a que la planta tiene garantizada su sobrevivencia por el mayor número de brotes; otro factor que hay que tomar en cuenta es que los tubérculos con mayor tiempo de ser asoleado tienen más brotes, pero de longitud menor por lo que el tiempo de emergencia es mayor.

Los tratamientos 0, 2 y 4 días formaron otro grupo que emerge en menos días; el factor determinante es la sobrevivencia que la planta, además, la semilla está estresada por no contar con solanina ni suficientes brotes, por lo tanto, emerge cuando se encuentra condiciones de humedad de suelo.

- **Días de floración**

Respecto a esta variable, existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 20. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de floración, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=5.1309
 Error: 10.0250 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	88.75	4	1.58	A
4 días	82.25	4	1.58	B
6 días	79.50	4	1.58	B
2 días	77.50	4	1.58	B
0 días	74.00	4	1.58	C

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

El tratamiento de 8 días de asoleado es el más tardado para floración, sin embargo, esto no es relevante dentro del ciclo fenológico de la planta por tener garantizada la sobrevivencia de su especie en los tubérculos. El segundo grupo está formado por los tratamientos de 2, 4 y 6 días cuya floración tuvo un tiempo intermedio, por lo tanto, existe equilibrio entre tubérculos y semilla botánica para garantizar su próxima generación. En el tratamiento de 0 días de asoleo, la planta garantiza su sobrevivencia mediante semilla botánica, por lo tanto, dentro del ciclo vegetativo hay maduración más temprana.

- **Días de maduración**

No existen diferencia significativa entre tratamientos; por lo tanto, los diferentes períodos de asoleado no hacen diferencia estadística en los días de maduración. Los días de maduración del tubérculo no dependen de los días de la floración sino de la maduración fisiológica de la planta. La maduración más tardía (138 días) se produce con 6 días de asoleado y la más temprana (128 días) con 2 días de asoleado.

- **Tubérculos dañados**

Para esta variable no existe diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento de 6 días de asoleado fue el que presentó más tubérculos dañados, en promedio 10%. El tratamiento con menor porcentaje de tubérculos dañados fue el de 0 días con el 5%.

- **Rendimiento de tubérculo para semilla**

Respecto a la variable rendimiento de tubérculo para semilla expresado en toneladas métricas por hectárea (TM/Ha), existe diferencia significativa entre los tratamientos de asoleado, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 21. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para semilla (TM/Ha), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=5.9520
 Error: 13.4906 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	31.49	4	1.84	A
6 días	30.18	4	1.84	A
8 días	29.59	4	1.84	A
2 días	27.70	4	1.84	A
4 días	21.66	4	1.84	B

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

El cuadro anterior muestra que el tratamiento de 0 días de asoleo es el que tiene más rendimiento en peso de tubérculo-semilla por unidad de área. Los tratamientos de 6 y 8 días forman parte del mismo grupo, pero su rendimiento es menor. Se aclara que para medir esta variable no se tomaron en cuenta las categorías super y rechazo. La categoría super la alcanza el tubérculo más grande, los rechazos ocurren debido a que el crecimiento de los tubérculos no llegó a su tamaño normal.

- **Análisis de correlación**

En cuanto al análisis de correlación lineal de Pearson, se presentan a continuación los coeficientes donde se obtuvo un valor de p que indica que existe correlación lineal entre las variables.

Cuadro 22. Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega tradicional.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tubérculos planta	Rendimiento semilla	20	0.716	0.0004
Altura planta	Días floración	20	-0.690	0.0008
Tallos postura	Días emergencia	20	0.649	0.0020
Días emergencia	Días floración	20	0.457	0.0426

Según el cuadro anterior, existe correlación lineal positiva alta entre las variables número de tubérculos por planta y rendimiento de semilla, lo que indica uniformidad en el peso de los tubérculos producidos. Así mismo, existe correlación lineal negativa moderada entre la altura de la planta y días de floración, esto es relevante desde el punto de vista de la práctica del agricultor, ya que la planta adquiere menos altura y necesita más días para florear, lo que a opinión del agricultor sería desventaja, sin embargo, los tratamientos que generan plantas más pequeñas y con más requerimiento de días para la floración son los que producen mayor rendimiento de semilla.

6.2.1.2. Tecnología de almacenamiento de la Cooperativa Paquixeña

El resumen de las tablas de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 23. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para semilla, según tecnología de la Cooperativa Paquixeña.

Variable	CV %	F	p-valor	
Tallos postura	15.47	3.24	0.0507	No significativo
Altura planta	9.99	6.60	0.0048	Significativo
Tubérculos planta	14.23	3.26	0.0500	Significativo
Días emergencia	4.24	1.89	0.1772	No significativo
Días floración	6.59	2.26	0.1230	No significativo
Días maduración	3.25	5.60	0.0088	Significativo
Tubérculos dañados %	30.81	1.13	0.3897	No significativo
Rendimiento semilla	13.48	3.65	0.0363	Significativo

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Tallos por postura**

No existió diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento de 6 días presentó la media más alta con un promedio de 2.84 tallos por postura, mientras que el tratamiento de 0 días presentó la media más baja con 2 tallos.

- **Altura de la planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 24. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=10.7620

Error: 44.1052 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	81.42	4	3.32	A
2 días	64.58	4	3.32	B
6 días	64.08	4	3.32	B
4 días	61.92	4	3.32	B
8 días	60.34	4	3.32	B

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

Se conformaron dos grupos, el tratamiento de 0 días fue el que obtuvo la mayor altura en relación a los demás tratamientos, esto debido a que la planta está amenazada y desarrolló mayor altura para garantizar la próxima generación a través de emisión de semilla botánica. Caso contrario los tratamientos del grupo B que tuvieron un comportamiento estadísticamente similar. El tratamiento de 8 días produjo plantas con menor altura, debido a que fisiológicamente

priorizan la producción de tubérculos para su sobrevivencia como efecto de la solanina generado por el asoleado.

- **Tubérculos por planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 25. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos por planta, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=2.2708
 Error: 2.1318 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	11.88	4	0.73	A
6 días	11.38	4	0.73	A
2 días	9.94	4	0.73	B
4 días	9.31	4	0.73	B
0 días	8.81	4	0.73	B

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

El número de tubérculos por planta está estrechamente ligado al periodo de asoleado. Los tratamientos de 6 y 8 días obtuvieron el mayor promedio de tubérculos por planta. Esto confirma que la generación de solanina en las semillas provoca un efecto de estimulación de brotes. El tratamiento que menos tubérculos por planta produjo fue los 0 días, debido a que no fue asoleado.

- **Días de emergencia**

No existió diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, el tratamiento de 0 días fue el que emergió en menos tiempo promedio (21.75 días), mientras que el tratamiento de 8 días fue el más tardío (23.25 días).

- **Días de floración**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Al igual que en la tecnología tradicional, a más días de asoleado, más tardada la floración, con el tratamiento de 0 días las plantas florecieron en promedio a los 74.5 días, mientras que con el tratamiento de 6 días florecieron a los 83.75 días.

- **Días de maduración**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias, con los siguientes resultados.

Cuadro 26. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de maduración, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=7.0403
 Error: 18.8750 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	139.50	4	2.17	A
4 días	137.75	4	2.17	A
2 días	134.75	4	2.17	A
8 días	129.00	4	2.17	B
6 días	128.00	4	2.17	B

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

Según el cuadro anterior, la maduración se dio con cierta tendencia, que a más días de asoleado los tubérculos alcanzan su maduración en menos días, es decir, los tratamientos con mayor asoleado fueron más precoces. El grado de solanina acumulada tiene influencia, es decir, entre más solanina presente en un tubérculo.

- **Tubérculos dañados**

No existió diferencia significativa entre los tratamientos para esta variable. El tratamiento de 0 días fue que más daños tuvo en los tubérculos (9.52%), esto se debe a que la semilla madre era muy susceptible a plagas y enfermedades por la concentración de solanina muy baja. El tratamiento de 4 días obtuvo menor daño (6.61%).

- **Rendimiento de tubérculo para semilla**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba múltiple de medias.

Cuadro 27. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para semilla (TM/Ha), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=6.3540
 Error: 15.3746 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	32.43	4	1.96	A
6 días	31.96	4	1.96	A
2 días	31.01	4	1.96	A
4 días	25.21	4	1.96	B
0 días	24.86	4	1.96	B

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

Como se observa en el cuadro anterior, los tratamientos de más días de asoleado presentan mayor rendimiento de tubérculo destinado para semilla, es decir, los tratamientos de 8 y 6 días. El tratamiento de 0 días fue el que obtuvo el menor rendimiento con una media de 24.86 TM/Ha.

- **Análisis de correlación**

Se presenta a continuación los coeficientes de Pearson donde se obtuvo un valor de p que indica que existe correlación lineal entre las variables.

Cuadro 28. Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega tradicional.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tubérculos planta	Rendimiento semilla	20	0.780	0.00005
Tallos postura	Tubérculos planta	20	0.562	0.00986
Tubérculos planta	Días maduración	20	-0.547	0.01250
Días maduración	Rendimiento semilla	20	-0.503	0.02382
Tubérculos planta	Días floración	20	0.448	0.04753
Tallos postura	Tubérculos dañados %	20	-0.447	0.04824

Existe correlación lineal positiva alta entre el número de tubérculos por planta y rendimiento de tubérculo para semilla, lo que indica uniformidad en el tamaño de los tubérculos. El resto de las correlaciones lineales se clasifican como moderada.

6.2.1.3. Tecnología de almacenamiento propuesta por el ICTA

El resumen de las tablas de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 29. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para semilla, según tecnología de almacenamiento propuesta por el ICTA.

Variable	CV %	F	p-valor	
Tallos postura	13.78	11.05	0.0005	Significativo
Altura planta	10.36	6.95	0.0039	Significativo
Tubérculos planta	14.47	1.00	0.4437	No significativo
Días emergencia	7.11	2.49	0.0992	No significativo
Días floración	4.64	5.78	0.0079	Significativo
Días maduración	5.01	2.12	0.1404	No significativo
Tubérculos dañados %	49.01	1.60	0.2387	No significativo
Rendimiento semilla	19.86	0.76	0.5697	No significativo

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Tallos por postura**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 30. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tallos por postura, en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.5471
 Error: 0.1140 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	3.17	4	0.17	A
6 días	2.92	4	0.17	A
0 días	2.25	4	0.17	B
4 días	2.00	4	0.17	B
2 días	1.92	4	0.17	B

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

Los tratamientos de 8 y 6 días de asoleo conformaron el grupo A, donde se observa mayor promedio de tallos por postura. Los tratamientos de 0, 2 y 4 días formaron el segundo grupo donde el número de tallos fue menor.

- **Altura de la planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 31. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=11.1308
 Error: 47.1797 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	80.75	4	3.43	A
4 días	68.42	4	3.43	B
2 días	64.92	4	3.43	B
8 días	58.83	4	3.43	B
6 días	58.75	4	3.43	B

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

Según el cuadro anterior, la altura de la planta está estrechamente relacionada con los días de asoleado, en el caso del tratamiento 0 días tuvo la mayor altura en comparación con los del grupo B. Una de las desventajas de que los tallos crezcan en exceso, es que la planta concentra su energía en el desarrollo de biomasa. Los tratamientos que se asolearon no crecieron tanto de altura, por esta razón la planta utiliza su energía para la generación de estolones y tubérculos.

- **Tubérculos por planta**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, el mayor promedio de tubérculos por planta (11.56) se obtuvo con 8 días de asoleado. El menor promedio de tubérculos por planta (9.44) se obtuvo con 2 días de asoleado.

- **Días de emergencia**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Los más tardíos (24 días) fueron los tratamientos de 6 y 8 días de asoleado. El tratamiento de 0 días de asoleado fue el que en promedio menos días necesitó para emerger (21.25).

- **Días de floración**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 32. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de floración, en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=5.9798
Error: 13.6167 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	86.25	4	1.85	A
6 días	80.25	4	1.85	B
4 días	79.75	4	1.85	B
0 días	76.75	4	1.85	B
2 días	74.50	4	1.85	B

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

El grupo A se conforma únicamente por el tratamiento de 8 días y el B por el resto de los tratamientos que son estadísticamente iguales. La floración está relacionada con el periodo de asoleado, entre menos días de asoleado, la planta es más breve en la floración.

- **Días de maduración**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Además, no se estableció ninguna tendencia en las medias de los tratamientos para esta variable y en esta tecnología de almacenamiento. El tratamiento de 4 días de asoleado provocó la maduración de tubérculos a los 139 días después de la siembra, mientras que con el tratamiento de 8 días los tubérculos maduraron a los 127 días.

- **Tubérculos dañados**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento 4 días fue el que tuvo más daños en los tubérculos cosechados (10.41%). El tratamiento de 0 días presentó el menor daño con el 5.16%.

- **Rendimiento de tubérculo para semilla**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, los tratamientos de 8 y 6 días de asoleado tuvieron mayor rendimiento con 33.14 y 31.96 TM/Ha respectivamente. Caso contrario, los tratamientos que recibieron menos días de asoleado

tuvieron los menores rendimientos, el tratamiento de 2 días con 27.10 TM/Has y el de 4 días con 27.81 TM/Ha. Esto ocurre por el mayor número de brotes y tallos por postura que desarrollaron los tubérculos que se asolearon durante más tiempo.

- **Análisis de correlación**

En cuanto al análisis de correlación lineal de Pearson, se presentan a continuación los coeficientes donde se obtuvo un valor de p que indica que existe correlación lineal entre las variables.

Cuadro 33. Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega propuesta por el ICTA.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tubérculos planta	Rendimiento semilla	20	0.812	0.00001
Tallos postura	Días maduración	20	-0.633	0.00272
Tallos postura	Días floración	20	0.554	0.01127
Altura planta	Días emergencia	20	-0.546	0.01278
Tallos postura	Altura planta	20	-0.511	0.02127
Altura planta	Días floración	20	-0.487	0.02946

Existe correlación lineal positiva alta entre el número de tubérculos por planta y rendimiento de tubérculo para semilla, lo que indica uniformidad en el tamaño y peso de los tubérculos. En el resto de los coeficientes se observa correlación lineal moderada.

6.2.2. Producción de tubérculo para consumo

6.2.2.1. Tecnología de almacenamiento tradicional

El resumen de las tablas de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 34. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para consumo, según tecnología de almacenamiento del agricultor.

Variable	CV %	F	p-valor	
Tallos postura	31.80	2.38	0.1095	No significativo
Altura planta	8.95	7.49	0.0029	Significativo
Tubérculos planta	5.60	16.05	0.0001	Significativo
Días emergencia	7.97	0.50	0.7365	No significativo
Días floración	6.57	2.46	0.1023	No significativo
Días maduración	2.38	8.48	0.0017	Significativo
Tubérculos dañados %	43.22	4.88	0.0143	Significativo
Rendimiento consumo	4.48	8.11	0.0021	Significativo

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Tallos por postura**

No existe diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, el de 8 días emitió el mayor promedio de tallos (2.67), y con el menor promedio, el tratamiento de 4 días (1.50). Como se explicó anteriormente, mayor periodo de asoleado provoca la generación de solanina en los tubérculos, dicha sustancia es la responsable de la emisión de brotes y le sirve al tubérculo como mecanismo de defensa ante cualquier ataque de plagas y enfermedades.

- **Altura de la planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 35. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=12.3561

Error: 58.1384 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	98.59	4	3.81	A
2 días	93.08	4	3.81	A
4 días	83.50	4	3.81	B
6 días	75.67	4	3.81	B
8 días	75.17	4	3.81	B

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

Como se observa en el cuadro anterior, se conformaron dos grupos, el grupo A con los tratamientos que se asolearon por menos tiempo, el grupo B con los tratamientos de 4, 6 y 8 días de asoleado, estos desarrollaron menos altura. Existe una clara tendencia que indica que, a más días de asoleado, el tamaño de la planta disminuye.

- **Tubérculos por planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 36. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos por planta, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.9479

Error: 0.3422 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	11.94	4	0.29	A
6 días	11.44	4	0.29	A
4 días	9.88	4	0.29	B
2 días	9.63	4	0.29	B
0 días	9.31	4	0.29	B

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

Se establece marcada tendencia respecto a que se obtuvieron más tubérculos conforme se incrementaban los días de asoleado. Los tratamientos de 6 y 8 días de asoleado conformaron el grupo A.

El grupo B, conformado por los tratamientos de 0, 2 y 4 días de asoleado, produjeron menor rendimiento, debido a que se asolearon menos tiempo. Las semillas que fueron asoleadas por más tiempo produjeron más tubérculos por postura, esto debido que tuvieron más brotes en la semilla y por ende más tallos y más estolones.

- **Días de emergencia**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos. El tratamiento de 8 días de asoleado fue el más tardío con una media de 24.5 días, mientras que el más precoz en emerger fue tratamiento de 4 días de asoleo, con una media de 22.5 días.

- **Días de floración**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos, pero sí una marcada tendencia que, entre más días de asoleo, más es tardada la floración. El tratamiento de 8 días de asoleo tuvo una media a la floración de 83.5 días mientras que el tratamiento 0 días, una media de 73.50 días.

- **Días de maduración**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 37. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de maduración, en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC	Alfa=0.05	PCALT=4.9573		
Error: 9.3583	gl: 12			
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	133.75	4	1.53	A
6 días	132.50	4	1.53	A
4 días	127.75	4	1.53	B
2 días	126.25	4	1.53	B
0 días	123.00	4	1.53	B

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

Se observa tendencia definida respecto a que los tubérculos maduraron según el tiempo de asoleado. Los tubérculos que fueron asoleados durante más tiempo fueron los más tardíos en su maduración. Es importante destacar que maduración del tubérculo emergencia de los tallos son procesos independientes, debido a que la maduración es fisiológica y la emergencia es por sobrevivencia de la planta.

- **Tubérculos dañados**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos de asoleado, por lo que se realizó la prueba múltiple de medias.

Cuadro 38. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos dañados (%), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=1.6882

Error: 1.0853 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	4.21	4	0.52	A
4 días	2.61	4	0.52	B
2 días	2.43	4	0.52	B
6 días	1.51	4	0.52	B
8 días	1.31	4	0.52	B

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

Se establece cierta tendencia respecto a que entre menos días se asolea el tubérculo-semilla, mayor es el porcentaje de daño por plagas y enfermedades al tubérculo para consumo durante el ciclo del cultivo.

El daño en el tubérculo es un factor que determina la calidad del producto para competir en el mercado, las papas dañadas tienen bajo precio y hace que se rechace el resto de la producción. La apariencia de la papa dañada hace restar la calidad y no puede competir en el mercado.

- **Rendimiento de tubérculo para consumo**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 39. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para consumo (TM/Ha), en bodega tradicional, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=3.3694

Error: 4.3233 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	50.87	4	1.04	A
6 días	47.25	4	1.04	B
4 días	46.44	4	1.04	B
2 días	44.01	4	1.04	B
0 días	43.46	4	1.04	B

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

Se establece una marcada tendencia respecto a que, al incrementar los días de asoleo del tubérculo, se obtiene mayor rendimiento de papa para consumo.

Se conformaron dos grupos, el primero constituido por el tratamiento de 8 días de asoleado, que produjo mayor rendimiento y el segundo grupo conformado por el resto de los tratamientos que tuvieron similitud estadística en los rendimientos por unidad de área.

- **Análisis de correlación**

Se presentan a continuación los coeficientes de Pearson donde se obtuvo un valor de p que indica que existe correlación lineal entre las variables.

Cuadro 40. Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega tradicional.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Días maduración	Rendimiento Total	20	0.764	0.0001
Altura planta	Tubérculos planta	20	-0.736	0.0002
Días floración	Días maduración	20	0.703	0.0005
Tubérculos planta	Tubérculos dañados %	20	-0.695	0.0007
Días floración	Rendimiento Total	20	0.662	0.0015
Altura planta	Tubérculos dañados %	20	0.624	0.0033
Tubérculos planta	Días maduración	20	0.622	0.0034
Altura planta	Días maduración planta	20	-0.612	0.0042
Tubérculos planta	Días floración	20	0.596	0.0056
Tubérculos planta	Rendimiento Total	20	0.551	0.0119
Días maduración	Tubérculos dañados %	20	-0.530	0.0163
Altura planta	Rendimiento Total	20	-0.487	0.0295
Altura planta	Días floración	20	-0.481	0.0319
Tallos postura	Tubérculos planta	20	0.467	0.0380
Días emergencia	Días floración	20	0.454	0.0445

Existe correlación lineal positiva alta entre los días de maduración del tubérculo y el rendimiento total (TM/Ha), es decir, conforme aumentan los días de maduración por efecto del asoleado, aumentan los rendimientos.

Correlación negativa alta existe entre la altura de la planta el número de tubérculos por planta, es decir, la planta crece menos, pero sus rendimientos se incrementan; esto es muy importante para conocimiento del agricultor, quien comúnmente asocia mayor volumen de follaje con mayor cantidad de producción de tubérculo.

También se observa correlación moderada, tanto positiva como negativa entre otras variables. Destaca la relación entre altura de la planta y días de floración, esto es relevante desde el punto de vista de la práctica del agricultor, ya que la planta adquiere menos altura y necesita más días para florear, lo que a opinión del agricultor sería desventaja, sin embargo, los tratamientos que

generan plantas más pequeñas y con más requerimiento de días para la floración son los que producen mayores rendimientos.

6.2.2.2. Tecnología de almacenamiento de la Cooperativa Paquixeña

El resumen de las tablas de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 41. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para consumo, según tecnología de la Cooperativa Paquixeña.

Variable	CV %	F	p-valor	
Tallos postura	19.55	6.99	0.0038	Significativo
Altura planta	6.52	12.18	0.0003	Significativo
Tubérculos planta	5.50	18.50	<0.0001	Significativo
Días emergencia	6.47	7.37	0.0031	Significativo
Días floración	4.89	5.81	0.0077	Significativo
Días maduración	3.14	1.45	0.2768	No significativo
Tubérculos dañados %	52.41	3.79	0.0323	Significativo
Rendimiento consumo	4.82	44.91	<0.0001	Significativo

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Tallos por postura**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 42. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tallos por postura, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.7022
Error: 0.1878 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
6 días	2.92	4	0.22	A
8 días	2.67	4	0.22	A
0 días	2.08	4	0.22	B
4 días	1.92	4	0.22	B
2 días	1.50	4	0.22	B

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

Los tratamientos que promediaron más tallos por postura fueron los de 6 y 8 días de asoleado, ello porque se generó solanina en los tubérculos el cual es el responsable de la brotación.

El número de brotes, que posteriormente se convierten en tallos, está dado por el número de yemas que tiene cada tubérculo-semilla; la variedad Ictafrit contiene de 12 hasta 14 yemas por tubérculo-semilla, mientras que la variedad Loman tiene hasta 6, por lo tanto las variedades con más yemas tienden a tener mayor rendimiento por unidad de área.

- **Altura de la planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 43. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=9.2518
Error: 32.5952 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	103.00	4	2.85	A
2 días	90.50	4	2.85	B
6 días	84.00	4	2.85	B
4 días	83.92	4	2.85	B
8 días	76.42	4	2.85	C

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

Se establece cierta tendencia para esta variable, en la cual la altura de la planta está relacionada con los días de asoleado; entre menos días mayor altura y viceversa. El tratamiento de 8 días de asoleado es estadísticamente distinto al resto, con una altura media de 76.42 cm. Las plantas más altas utilizan su energía en desarrollar follaje por ende genera menos tubérculos.

- **Tubérculos por planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 44. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos por planta, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=0.9487
Error: 0.3427 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	12.69	4	0.29	A
6 días	10.94	4	0.29	B
4 días	10.31	4	0.29	B
2 días	9.75	4	0.29	C
0 días	9.56	4	0.29	C

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

Para esta variable se establece una tendencia muy marcada. El tratamiento de 8 días de asoleado es estadísticamente diferente al resto y produjo mayor promedio de tubérculos por planta (12.69). El grupo B está conformado por los tratamientos de 4 y 6 días, mientras que los tratamientos de 0 y 2 días produjeron el menor rendimiento.

- **Días de emergencia**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 45. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de emergencia, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=2.4754
 Error: 2.3333 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	26.75	4	0.76	A
6 días	24.25	4	0.76	B
4 días	23.50	4	0.76	B
2 días	21.75	4	0.76	B
0 días	21.75	4	0.76	B

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

En el cuadro anterior se observa que los días de emergencia establecen tendencia según el tiempo soleado, entre más días de asoleado es más tardada la emergencia de los tallos. Estadísticamente se conformaron dos grupos, el grupo A únicamente por el tratamiento de 8 días. El grupo B está conformado por el resto de los tratamientos que son estadísticamente similares. Los tratamientos de 0 y 2 días de asoleado emergieron en menos tiempo debido a que los tubérculos-semilla tenían brotes más largos por no haber sido asoleados.

- **Días de floración**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 46. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de floración, en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=6.1707
 Error: 14.5000 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
6 días	84.50	4	1.90	A
8 días	80.00	4	1.90	B
4 días	77.00	4	1.90	B
2 días	74.50	4	1.90	B
0 días	73.00	4	1.90	B

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

Se establece cierta tendencia en cuanto a que, a más días de asoleado, la planta tarda más días en emitir flores. Es estadísticamente diferente el tratamiento de 6 días y el resto son iguales entre sí. Las plantas que proceden de tubérculos asoleados por más tiempo utilizan su energía para producir tubérculos, por lo que la emisión de semilla botánica es menor importante.

- **Días de maduración**

No existe diferencia significativa entre los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento de 6 días de asoleado fue el más tardío en producir la maduración del tubérculo, con una media de 131 días, mientras que el tratamiento de 0 días fue el más prematuro en cuanto a la maduración de los tubérculos con una media 125 días.

Las ventajas la maduración temprana son que coloca el producto de manera más inmediata en el mercado, el retorno del capital es más inmediato y no es afectada por heladas si las hubiera. Las desventajas; son tubérculos que presente más daños por plagas y enfermedades, la tuberización no es uniforme y hay más producción de tubérculos de tercera categoría.

Cuando la maduración es más tardía se consigue uniformidad en los tubérculos, más rendimiento y menos ataque de plagas y enfermedades.

- **Tubérculos dañados**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos de asoleado, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 47. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos dañados (%), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=2.1924
Error: 1.8303 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	4.30	4	0.68	A
2 días	3.07	4	0.68	A
4 días	3.04	4	0.68	A
8 días	1.36	4	0.68	B
6 días	1.15	4	0.68	B

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

Según el cuadro anterior, se establece una tendencia casi definida. El grupo A conformado por los tratamientos de 0, 2 y 4 días de asoleado fue el que sufrió más daño por plagas y enfermedades, mientras que los tratamientos de 8 y 6 días conformaron el grupo B que presentan daños menores.

Una ventaja que ofrece la solanina en los tubérculo-semillas, es que estos son menos atacados por plagas y enfermedades.

- **Rendimiento de tubérculo para consumo**

Existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 48. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para consumo (TM/Ha), en bodega de la Cooperativa Paquixeña, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=3.6893

Error: 5.1830 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
8 días	55.07	4	1.14	A	
6 días	53.73	4	1.14	A	
4 días	48.25	4	1.14		B
2 días	42.18	4	1.14		C
0 días	37.11	4	1.14		D

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

En esta variable se establece una tendencia definida, a más días de asoleado, se produce mayor rendimiento de tubérculo para consumo. Se conformaron 4 grupos, el grupo A, por los tratamientos de 6 y 8 días, el grupo B conformado por el tratamiento de 4 días, el C por el de 2 días y el D por el de 0 días.

- **Análisis de correlación**

Cuadro 49 Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega de la Cooperativa Paquixeña.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tubérculos planta	Rendimiento Total	20	0.799	0.00002
Altura planta	Rendimiento Total	20	-0.796	0.00003
Tubérculos dañados %	Rendimiento Total	20	-0.748	0.00015
Altura planta	Tubérculos planta	20	-0.671	0.00121
Días floración	Tubérculos dañados %	20	-0.659	0.00157
Días floración	Rendimiento Total	20	0.642	0.00229
Tubérculos planta	Días emergencia	20	0.635	0.00261
Días emergencia	Rendimiento Total	20	0.628	0.00301
Tubérculos planta	Tubérculos dañados %	20	-0.627	0.00307
Días floración	Días maduración	20	0.612	0.00415
Tallos postura	Rendimiento Total	20	0.577	0.00777
Tallos postura	Tubérculos dañados %	20	-0.514	0.02056
Tallos postura	Días floración	20	0.512	0.02113
Tallos postura	Tubérculos planta	20	0.503	0.02368
Días maduración	Rendimiento Total	20	0.502	0.02398
Altura planta	Tubérculos dañados %	20	0.499	0.02503
Tubérculos planta	Días floración	20	0.483	0.03101
Días maduración	Tubérculos dañados %	20	-0.480	0.03206
Altura planta	Días emergencia	20	-0.473	0.03527
Altura planta	Días floración	20	-0.472	0.03563

De los coeficientes anteriores destaca la correlación negativa alta entre la altura de la planta con el rendimiento total, así como la correlación negativa moderada entre la altura de la planta y el número de tubérculos por planta.

6.2.2.3. Tecnología de almacenamiento propuesta por el ICTA

El resumen de las tablas de análisis de varianza se presenta a continuación:

Cuadro 50. Resumen de análisis de varianza para las variables evaluadas durante la siembra de tubérculo para consumo, según tecnología de almacenamiento propuesta por ICTA.

Variable	CV %	F	p-valor	
Tallos postura	28.12	2.68	0.0829	No significativo
Altura planta	9.89	6.36	0.0055	Significativo
Tubérculos planta	8.45	9.62	0.0010	Significativo
Días emergencia	7.87	0.74	0.5801	No significativo
Días floración	5.48	2.16	0.1357	No significativo
Días maduración	3.85	3.91	0.0295	Significativo
Tubérculos dañados %	54.60	1.75	0.2030	No significativo
Rendimiento consumo	9.22	22.28	<0.0001	Significativo

Fuente: elaboración propia con datos de campo obtenidos durante la investigación.

- **Tallos por postura**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, se observa cierta tendencia en los resultados. El tratamiento de 8 días de asoleado fue el que produjo el mayor promedio (2.67), el tratamiento de 0 días produjo el menor promedio de tallos por postura (1.50). Esto quiere decir la solanina es el responsable de la emisión y estimulación de brotes de los tubérculos semillas.

- **Altura de la planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias.

Cuadro 51. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable altura de la planta (cms), en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=13.7796

Error: 72.3056 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0 días	98.25	4	4.25	A
2 días	95.42	4	4.25	A
4 días	84.25	4	4.25	B
6 días	79.33	4	4.25	B
8 días	72.83	4	4.25	B

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

Existe marcada tendencia respecto a que, conforme se reduce el tiempo de asoleado, se tiene mayor altura de la planta. Se conformaron dos grupos, el grupo A con los tratamientos 0, 2 y 4 días de asoleado, que producen plantas más altas. El grupo B está conformado por los tratamientos 4, 6 y 8 días de asoleado y producen las plantas más pequeñas.

- **Tubérculos por planta**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba múltiple de medias.

Cuadro 52. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable tubérculos por planta, en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=1.4170

Error: 0.7646 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	12.06	4	0.44	A
6 días	11.31	4	0.44	A
4 días	10.06	4	0.44	B
2 días	9.69	4	0.44	B
0 días	8.63	4	0.44	B

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

Para esta variable se observa una marcada tendencia en cuanto a que, a más días de asoleo del tubérculo-semilla, mayor número de tubérculos por planta. Se conformaron 2 grupos estadísticamente iguales: el A con los tratamientos de 8 y 6 días, y el grupo B con los tratamientos 4, 2 y 0 días.

- **Días de emergencia**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos, tampoco se estableció tendencia alguna. Con el tratamiento de 6 días de asoleo la emergencia fue más tardía, se produjo a los 24.25 días promedio; mientras la emergencia más rápida fue a los 22.25 días promedio con 2 días de asoleado.

- **Días de floración**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos, tampoco tendencia definida. El tratamiento de 6 días fue más tardío con una media a la floración de 81.50 días, mientras que el tratamiento de 2 días fue el más precoz con una media de 73.75 días.

- **Días de maduración**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba múltiple de medias.

Cuadro 53. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable días de maduración, en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=8.0388
 Error: 24.6083 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	134.75	4	2.48	A
6 días	130.75	4	2.48	A
2 días	130.25	4	2.48	A
4 días	127.50	4	2.48	A
0 días	121.50	4	2.48	B

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

Según el cuadro anterior, se conformaron 2 grupos; el grupo A por los tratamientos de 8, 6, 2 y 4 días de asoleado. El grupo B por el tratamiento de 0 días.

El grupo A, incluye los tratamientos de maduración más tardía del tubérculo, como consecuencia de la generación de solanina. El grupo B, es el tratamiento que no fue asoleado y como consecuencia maduró con antelación a los otros tratamientos. El tratamiento de 0 días podría ser una opción para que la maduración sea precoz según el plan de producción.

- **Tubérculos dañados**

Respecto a esta variable, no existió diferencia significativa entre los tratamientos, ni una tendencia clara entre el porcentaje de tubérculos dañados con los días de asoleado. El tratamiento de 0 días fue el que sufrió más daños por plagas y enfermedades con una media de 4.13%. El tratamiento de 6 días tuvo el menor daño, con el 1.67% de tubérculos.

El asoleado es una tecnología de fácil uso por los agricultores para obtener una producción con tubérculos menos dañados, ya que en la actualidad los hongos, específicamente *Rhizoctonia*, han provocado pérdida por la presentación visual de los tubérculos que no tienen la calidad que el mercado exige. El embrión es la parte que se ve afectada y en el momento de cocción torna un color oscuro y de sabor desagradable al paladar.

- **Rendimiento de tubérculo para consumo**

Existe diferencia significativa entre los tratamientos de asoleado, por lo que se realizó la prueba múltiple de medias.

Cuadro 54. Análisis de discriminación de medias por el método DGC para la variable rendimiento de tubérculo para consumo (TM/Ha), en bodega propuesta por el ICTA, según los tratamientos de asoleado.

Test: DGC Alfa=0.05 PCALT=7.5766
 Error: 21.8600 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
8 días	69.95	4	2.34	A
6 días	49.85	4	2.34	B
4 días	45.64	4	2.34	B
2 días	44.42	4	2.34	B
0 días	43.59	4	2.34	B

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

Según el cuadro anterior, existe marcada tendencia que, a más días de asoleado, el rendimiento de tubérculo para consumo (TM/Ha) aumenta. Estadísticamente se conformaron dos grupos; el grupo A que incluye únicamente al tratamiento de 8 días con una media de 69.95 TM/Ha. El grupo B está conformado por el resto de los tratamientos con una media máxima de 49.85 TM/Ha., y una media mínima de 43.59 TM/Ha.

- **Análisis de correlación**

Se presenta a continuación los coeficientes de correlación lineal de Pearson donde se obtuvo un valor de p que indica que existe correlación lineal entre las variables.

Cuadro 55 Coeficientes de Pearson donde se evidencia de mayor a menor correlación lineal entre las variables evaluadas en bodega propuesta por el ICTA.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Tallos postura	Rendimiento Total	20	0.711	0.00044
Tubérculos planta	Rendimiento Total	20	0.684	0.00088
Tallos postura	Días floración	20	0.621	0.00349
Altura planta	Tubérculos planta	20	-0.587	0.00647
Tubérculos planta	Tubérculos dañados %	20	-0.564	0.00965
Altura planta	Rendimiento Total	20	-0.530	0.01623
Tallos postura	Tubérculos planta	20	0.525	0.01754

Existe correlación positiva alta entre el número de tallos por postura y el rendimiento total, esto debido a que entre más tallos por postura más estolones se obtienen, de cada estolón se obtiene 2 tubérculos, y cada tallo se obtiene dos estolones, además si los tallos se obtienen hijuelos también se convierte en más número de estolones por tallo. El resto de las correlaciones lineales son moderadas tanto positivas como negativas.

7. CONCLUSIONES

- Con períodos de 6 y 8 días de asoleado, en las tres tecnologías de almacenamiento, se obtienen tubérculos-semilla con buenas características para su siembra en campo y se reduce la pérdida por plagas y enfermedades.
- La tecnología de almacenamiento bodega ICTA, provocó brotes más vigorosos, que soportan la manipulación, así mismo, tienden a presentar mayor uniformidad en la emergencia, mayor número de hijuelos y son tolerantes a plagas y enfermedades.
- Independiente de los tratamientos de asoleado, la bodega tradicional presentó los mayores índices de pérdida por incidencia de plagas y enfermedades. Esto se debe a las condiciones de almacenamiento: alta humedad, poca aireación, cambios de temperatura, mínima luz difusa y ninguna medida preventiva para el ingreso de polilla de la papa.
- En la tecnología de almacenamiento del agricultor, al menos uno de los tratamientos de asoleado demostró ser estadísticamente diferente a) en producción de papa para semilla, en las variables: tallos por postura, altura de la planta, días de emergencia, días de floración y rendimiento de tubérculo-semilla. b) en producción de papa para consumo, las variables: altura de la planta, tubérculos por planta, días de maduración del tubérculo, porcentaje de tubérculos dañados y rendimiento total.
- En la tecnología de almacenamiento de la Cooperativa Paquixeña, al menos uno de los tratamientos de asoleado demostró ser estadísticamente diferente a) en producción de papa para semilla, en las variables: altura de la planta, tubérculos por planta, días de maduración del tubérculo y rendimiento de tubérculo-semilla. b) en producción de papa para consumo, las variables: tallos por postura, altura de la planta, tubérculos por planta, días de emergencia, días de floración, porcentaje de tubérculos dañados y rendimiento total.
- En la tecnología de almacenamiento propuesta por el ICTA, al menos uno de los tratamientos de asoleado demostró ser estadísticamente diferente a) en producción de papa para semilla, en las variables: tallos por postura, altura de la planta y días de floración. b) en producción de papa para consumo, las variables: altura de la planta, tubérculos por planta, días de maduración del tubérculo y rendimiento total.
- Los mayores rendimientos de tubérculo de papa para semilla (33.14 TM/Ha) y para consumo (69.95 TM/Ha) se obtuvieron con 8 días de asoleado y posterior almacenamiento en la tecnología propuesta por el ICTA. Le sigue 8 días de asoleado y posterior almacenamiento en la tecnología de la Cooperativa Paquixeña con 32.43 TM/Ha de tubérculo de papa para semilla y 55.07 TM/Ha de tubérculo para consumo. En la tecnología de almacenamiento tradicional, el mejor rendimiento de papa para semilla (31.49 TM/Ha) se obtuvo sin asolear la semilla, y de papa para consumo (50.87 TM/Ha) se obtuvo con 8 días de asoleado.
- En el incremento del rendimiento del tubérculo de papa por efecto del asoleo, existe correlación lineal positiva con las variables: tallos por planta, tubérculos por planta, días de

emergencia, días a la floración; así mismo, existe correlación lineal negativa con las variables: tubérculos dañados y altura de la planta.

8. RECOMENDACIONES

- A los agricultores que almacenan el tubérculo de manera tradicional, es decir, en sus viviendas, se recomienda un período mínimo de asoleado de 8 días, que empleen cajas de madera para distribuir adecuadamente los tubérculos y propiciar mejor aireación, disminución de la humedad y de temperatura. Así mismo, implementar el uso de láminas traslúcidas para un adecuado desarrollo de brotes, y la incorporación de mallas anti áfidos que impida el ingreso de la polilla de la papa.
- Se recomienda a los agricultores, socios y técnicos que emplean la tecnología de almacenamiento bodega Paquixeña, asolear el tubérculo durante 8 días, debido a que se obtienen características adecuadas de brotación, principalmente al número, longitud y diámetro de brotes, número de hijuelos y deshidratación del tubérculo, así mismo, se reducen las pérdidas por daños de plagas y enfermedades.
- A los agricultores y técnicos que tienen la capacidad técnica y económica de implementar la tecnología de almacenamiento propuesta por el ICTA, se les sugiere asolear el tubérculo durante 8 días, ya que se induce a una brotación uniforme y se obtienen mínimas pérdidas en almacenamiento; así también los brotes y tubérculos presentan características adecuadas para su siembra en campo.
- Para la producción de papa para semilla o consumo, se recomienda asolear el tubérculo-semilla durante 8 días.
- La tecnología de almacenamiento propuesta por el ICTA es la más recomendable según el comportamiento de cada una de las variables evaluadas, especialmente el rendimiento.
- Evaluar periodos de asoleado más prolongados, ya que podrían mejorarse las características del tubérculo-semilla de papa. El rango de los tratamientos estaría entre los nueve y veinte días de asoleado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ASOCUCH (Asociación de Organizaciones de los Cuchumatanes, Guatemala). 2015. Manual de calidad para la producción de papa en la sierra de los cuchumatanes. Guatemala. 39 p.
- Banse, J. 1980. Técnicas de almacenamiento en papas. Boletín Técnico No. 34. Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Carrillanca. 22 p.
- Gallegos, PG.; Asaquibay, C.; Chamorros, F.; Rodríguez, P.; Williams, R. 2005. Asolación de los tubérculos de semilla de papa como método de control para la polilla, *Tecia solanivora*. Plegable No. 260. Ecuador, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 5 p.
- Gómez García, MEM. 2003. Evaluación de tratamientos (físicos, químicos y hormonales) para estimular la brotación de tubérculos – semilla en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su efecto en el rendimiento, Olinstepeque, Quetzaltenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 76 p.
- Grandon, M. s.f. Almacenamiento de papa – semilla bajo luz natural difusa en la Xa. Región. Boletín divulgativo. Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Remehue. 17 p.
- ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Guatemala). 1990. Almacenamiento de papa para semilla. Folleto técnico 26. Guatemala. 54 p.
- _____. 2002. Catálogo de variedades de papa. Guatemala. 22 p.
- _____. 2014. Bodegas mejoradas para almacenamiento de tubérculo – semilla de papa. Guatemala. 2 p.
- Hidalgo, SG. 2001. Evaluación de tres pisos altitudinales de producción de cuatro variedades de papa *Solanum tuberosum* L. tratadas con tres concentraciones de ácido giberélico para estimular la brotación de sus tubérculo de papa destinado para semillas en Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 44 p.
- López, RW. 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 rústica, en la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Quetzaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 79 p.

- Maldonado López, HO. 1990. Evaluación de cinco épocas de defoliación y cuatro tamaños de semilla para maximizar la producción de tubérculo-semilla en papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Tollocan. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 39 p.
- Méndez, PL., Inostroza, JF. 2009. Almacenaje de papa. Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Carrillanca. p. 87- 106.
- Simmons, Ch.; Tarano, JM.; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. P. Tirado Sulsona. Guatemala, edit. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
- Situn Alvizures, M. 2005. Investigación agrícola. Guía de estudio. Guatemala, Escuela Nacional Central de Agricultura. 137 p.
- Velásquez, CF. 2016. Análisis preliminar de datos ocasionados por heladas y granizo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Aldea Paquix, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 97 p.
- Wiersema, SG. 1985. Desarrollo fisiológico de tubérculos – semillas de papa. Boletín de Información Técnica No. 20. Perú, Centro Internacional de la Papa. 16 p.

10. ANEXOS

Anexo 1: Datos de temperatura y humedad en las bodegas

Año	Mes	Dia	Bodega Tradicional				Bodega Paquixeña				Bodega ICTA				
			Temperatura		Humedad		Temperatura		Humedad		Temperatura		Humedad		
			Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	
2017	Noviembre	2	2	15	31	89	5	14	42	84	3	20	37	90	
		4	1	11	41	93	4	13	48	87	2	16	43	90	
		8	1	12	48	90	3	13	45	88	2	13	50	88	
		11	0	11	55	91	2	13	42	91	2	13	53	88	
		15	1	11	49	93	3	12	49	88	2	15	54	91	
		18	1	11	52	93	3	12	49	88	3	15	54	91	
		25	3	10	55	90	3	14	52	84	2	14	53	90	
	Promedio			1.29	11.57	47.29	91.29	3.29	13.00	46.71	87.14	2.29	15.14	49.14	89.71
	Diciembre	4	2	13	63	91	4	14	60	91	3	14	62	93	
		11	2	12	63	91	3	14	60	91	1	14	62	93	
		16	1	14	64	89	3	13	62	92	2	14	59	93	
		20	1	12	70	91	4	12	65	91	2	14	65	92	
		23	1	14	33	94	4	13	46	73	1	17	24	76	
		27	2	14	43	82	3	12	50	79	3	15	42	81	
30		2	12	33	98	4	13	46	73	1	18	35	79		
Promedio			1.57	13.00	52.71	90.86	3.57	13.00	55.57	84.29	1.86	15.14	49.86	86.71	
2018	Enero	6	0	14	32	98	4	12	56	77	1	17	33	80	
		13	1	12	34	96	4	13	36	84	2	18	40	89	
		17	0	13	36	88	3	12	35	80	1	20	22	73	
		20	0	12	39	90	3	13	40	80	0	19	36	91	
		24	1	13	36	82	4	13	39	83	0	17	42	86	
		27	1	14	34	96	4	13	36	84	2	16	40	89	
	Promedio			0.50	13.00	35.17	91.67	3.67	12.67	40.33	81.33	1.00	17.83	35.50	84.67
	Febrero	3	0	11	41	88	3	12	39	83	0	16	40	89	
		10	2	14	38	83	3	10	35	80	1	17	40	79	
		14	1	13	34	76	3	12	35	65	0	17	p	74	
		17	1	11	41	88	2	12	39	83	1	16	40	89	
		24	0	13	34	83	2	10	35	80	0	16	31	76	
	Promedio			0.8	12.4	37.6	83.6	2.6	11.2	36.6	78.2	0.4	16.4	30.2	81.4
	Marzo	3	0	12	30	87	2	12	32	74	1	14	29	79	
12		2	17	22	76	3	11	31	65	1	21	36	68		
17		1	14	24	65	2	12	30	60	0	18	28	61		
21		1	15	29	66	2	14	25	64	1	18	22	61		
27		2	12	21	60	3	14	28	56	1	17	28	62		
Promedio			1.2	14	25.2	70.8	2.4	12.6	29.2	63.8	0.8	17.6	28.6	66.2	
Abril	14	2	17	31	54	3	16	29	51	1	16	29	51		
	21	3	14	29	56	3	16	27	58	2	18	27	56		
	25	5	18	33	54	4	17	29	59	5	19	28	54		
	30	4	17	38	58	5	15	30	60	3	21	29	54		
Promedio			3.5	16.5	32.75	55.5	3.75	16	28.75	57	2.75	18.5	28.25	53.75	

Anexo 2.

Fase 1: Fotografías de asoleado y almacenamiento de tubérculos semilla de papa.



Actividad: Identificación y manejo de cultivo de semilla de papa. **En fotografía:** Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Julio 2017.



Actividad: Defoliación del cultivo de semilla de papa. **En fotografía:** N/A. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Septiembre 2017.



Actividad: Cosecha y clasificación de semilla de papa. **En fotografía:** Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2017.



Actividad: Asoleado de tubérculo semilla de papa. **En fotografía:** Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2017.



Actividad: Asoleado y verdeamiento de tubérculo semilla de papa. **En fotografía:** N/A. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2017.



Actividad: Almacenamiento de tubérculo semilla de papa en bodega Tradicional. **En fotografía:** Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2017.



Actividad: Almacenamiento de tubérculo semilla de papa en bodega Coop. Paquixeña.
En fotografía: Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2017.



Actividad: Almacenamiento de tubérculo semilla de papa en bodega ICTA.
En fotografía: Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2017.



Actividad: Lectura de variables en tubérculos almacenados en bodega tradicional.
En fotografía: Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Abril 2018.



Actividad: Lectura de variables en tubérculos almacenados en bodega Coop. Paquixeña.
En fotografía: Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Abril 2018.



Actividad: Lectura de variables en tubérculos almacenados en bodega ICTA.
En fotografía: Luis Martínez. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Abril 2018.

Fase 2: siembra en campo



Actividad: Análisis, preparación de suelo y siembra de las unidades experimentales.
En fotografía: Roger Tello. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Abril-Mayo 2018.



Actividad: Medición de tallos por postura e incidencia de plagas. **En fotografía:** N/A. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Julio 2018.



Actividad: Seguimiento a unidades experimentales. **En fotografía:** Roger Tello. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Agosto 2018.



Actividad: Monitoreo de unidades experimentales para estimar la distribución de plagas, días de floración tamaños y estándares de calidad. **En fotografía:** Roger Tello. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Septiembre 2018.



Actividad: Defoliación y proceso de cosecha. **En fotografía:** Roger Tello. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2018.



Actividad: Defoliación y proceso de cosecha. **En fotografía:** Roger Tello. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2018.



Actividad: Defoliación y proceso de cosecha. **En fotografía:** Roger Tello. **Lugar:** Aldea Paquix, Huehuetenango. **Fecha:** Octubre 2018.

