



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOVIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.

TESIS PRESENTADA EN OPCION AL TITULO DE MASTER EN CIENCIAS
AGRICOLAS.

TITULO: Conservación y rendimiento de minitubérculos de papa
(*Solanum tuberosum* L.) producidos en casa de cultivo con zeolita.

AUTOR: Ing. Mileidi León Miranda.

TUTOR (S): Dr. Daniel Agramonte Peñalver.

M.Sc. Felipe Alberto Jiménez Terry.

MAESTRIA AGRICULTURA SOSTENIBLE.

2010.

INDICE	Páginas
RESUMEN	
INTRODUCCION	1
REVISION BIBLIOGRÁFICA	
3.1. Sostenibilidad agrícola en papa.	4
3.2. Cultivo de la papa.....	5
3.3. Semillas de papa, cultivo in vitro. Variedad Atlantic.....	6
3.4. Producción de minitubérculos de papa en casas de cultivo.....	10
3.5. Producción de minitubérculos en campo.....	11
3.6. Las casas de cultivos, una opción de sostenibilidad agrícola.....	12
3.7. Sustrato. Zeolita.....	13
3.8. Cosecha y poscosecha de papa. Principales daños y afectaciones.	18
3.9. Conservación y almacenamiento. Calidad de los tubérculos.	20
MATERIALES Y MÉTODOS	
4.0. Procedimientos generales.....	25
4.1. Evaluación del rendimiento y afectaciones de los minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo con el uso de la zeolita cargada como sustrato.....	30
4.1.1. Evaluación del rendimiento de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con el uso de la zeolita cargada como sustrato.....	30

4.1.2. Evaluación de los daños mecánicos y afectaciones por microorganismos de los minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo con uso de zeolita cargada como sustrato.....	31
4.2. Influencia del sustrato inorgánico zeolita en la conservación de los tubérculos de papa.....	31
4.2.1. Efecto de la zeolita en la calidad de la conservación en frigorífico de los minitubérculos de papa obtenidos en la casa de cultivo.....	31
4.2.2. Influencia de la zeolita en la conservación de los tubérculos de papa a medio ambiente natural.....	33
4.3. Evaluación del rendimiento en campo de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita.....	34
4.4. Valoración económica.....	35
4.4.1. Conservación de los tubérculos producidos en casa de cultivo con sustrato de zeolita cargada en condiciones de frigorífico.....	37
4.4.2. Aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de los tubérculos en el frigorífico.....	37
4.4.3. Aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de tubérculos en ambiente semicontrolado con ventilación natural y oscuridad.....	37
4.4.4. Efecto económico total del uso de zeolita en la conservación de los tubérculos semilla biotecnológica de papa.....	38

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Evaluación del rendimiento y afectaciones de los minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo con el uso de la zeolita	39
--	----

cargada como sustrato.	
5.1.1. Evaluación del rendimiento de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con el uso de la zeolita cargada como sustrato.....	39
5.1.2. Evaluación de los daños mecánicos y afectaciones por microorganismos a los minitubérculos de papa cosechados en casa de cultivo.....	40
5.2. Influencia del sustrato inorgánico zeolita en la conservación de los tubérculos de papa.....	43
5.2.1. Efecto de la zeolita en la calidad de la conservación en frigorífico de los minitubérculos de papa obtenidos en la casa de cultivo.....	43
5.2.2. Influencia de la zeolita en la conservación de los tubérculos de papa a medio ambiente natural.....	49
5.3. Evaluación del rendimiento en campo de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita.....	52
5.4. Valoración económica.....	55
5.4.1. Conservación de los tubérculos producidos en casa de cultivo con sustrato de zeolita cargada en condiciones de frigorífico.....	56
5.4.2. Aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de los tubérculos en el frigorífico.....	56
5.4.3. Aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de tubérculos en ambiente semicontrolado con ventilación natural y oscuridad.....	58
5.4.4. Efecto económico total del uso de zeolita en la conservación de los tubérculos semilla biotecnológica de papa.....	59

CONCLUSIONES.....	61
RECOMENDACIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63

*.....Agradezco la comprensión de mi familia, muy en especial de mi hijo y mi sobrina, la ayuda de mis compañeros de trabajo y amigos, así como la paciencia y atención dedicada por mis profesores y en especial mis tutores. A todos.
Muchas Gracias.....*

..... Dedico esta tesis y todo el trabajo que ella alberga a la memoria de mi niña y mi madre, que fue el motor de arranque para iniciar este trabajo, además a mi hijo, a Maylán, mi papá, hermano, familia, amigos que me han dado apoyo y fuerzas par seguir adelante. Especialmente a la Revolución que me dio esta oportunidad y a todas las personas lindas que de una u otra forma han colaborado con la materialización de este resultado.....

..... *“La Tierra es la gran madre de la fortuna...
Tierra, cuanta haya debe ser cultivable: y con varios
cultivos, jamás con uno solo”.....*

José Martí.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el Instituto de Biotecnología de las Plantas de la Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas. Los experimentos realizados tuvieron como objetivo: evaluar el efecto de la zeolita como sustrato en la calidad de los minitubérculos de papa, variedad Atlantic durante la conservación y almacenamiento en frigorífico y condiciones ambientales naturales sin refrigeración. Los minitubérculos de papa obtenidos fueron distribuidos en dos tratamientos, midiéndoles parámetros de calidad y producción, resistencia a enfermedades en la cosecha, durante la conservación se evaluaron en diferentes etapas resistencia a infecciones, daños mecánicos y pérdidas por conservación; se evaluó efectividad del material inorgánico por aplicaciones en polvo de zeolita a los minitubérculos en cuatro tratamientos durante la conservación, estadísticamente se utilizó el paquete SPSS versión 15.0 para Windows y establecieron pruebas no paramétricas Kruskal Wallis y Mann Whitney para comparación de resultados, el estudio económico se efectuó mediante la determinación del efecto económico por tecnología utilizada determinándose la más eficiente y rentable. Estos resultados demostraron la importancia que tiene el uso del material inorgánico zeolita en la producción de minitubérculos de papa. El mayor porcentaje de minitubérculos de calidad, sanos y resistentes a enfermedades y otros daños se obtuvieron en las casas de cultivos con sustrato zeolita. Además es importante señalar la eficiencia económica que representa esta tecnología en la obtención, poscosecha, conservación y almacenamiento de dichos minitubérculos de papa. Repercutiendo en el ahorro económico y aplicación de alternativas sostenibles con vista a la obtención de producciones saludables. Se demostró el uso de la zeolita cargada como sustrato, la aplicación de zeolita natural en polvo sobre los minitubérculos para mejorar la conservación y rentabilidad de esta nueva tecnología en la obtención de minitubérculos de papa para semilla a escala comercial. Por tanto, se recomienda en el futuro hacer extensiva esta técnica de producción de semilla de papa a partir de minitubérculos obtenidos en casas de cultivo con zeolita de sustrato.

ABSTRACT

This work was developed at the Institute of Plant Biotechnology, Central University "Marta Abreu" de Las Villas. The experiments were aimed: to evaluate the effect of zeolite as a substrate in the quality of potato mini-tubers, variety Atlantic during storage and cold storage and natural environmental conditions without refrigeration. The potato mini-tubers obtained were distributed into two treatments, midiendoles quality parameters and production, disease resistance at harvest, during storage at different stages were evaluated resistance to infection, mechanical damage and loss of conservation and assessed effectiveness of the inorganic material by applications of zeolite powder to minitubers in four treatments during storage, statistically we used the SPSS version 15.0 for Windows and established nonparametric Kruskal Wallis test and Mann Whitney for comparison of results, the economic study was carried out by determining the economic impact of technology used determined the most efficient and profitable. These results demonstrated the importance of the use of inorganic zeolite material in the production of potato mini-tubers. The highest percentage of minitubers quality, healthy and resistant to diseases and other damage were obtained in the homes of crops with zeolite substrate. It is also important to note the economic efficiency that represents the technology in the production, post harvest, preservation and storage of these mini-tubers of potato. Impacting the economic savings and implementation of sustainable alternatives with a view to obtaining healthy productions. We also demonstrate the superiority of technology based on obtaining potato mini-tubers grow houses as a substrate by adding zeolite powder zeolite minitubers such as the uniformity, quality and resistance to damage them. Its demonstrated the effectiveness of the use of zeolite as a substrate, its application in dust on the mini-tubers and profitability of this new technology in obtaining seed potato mini-tubers on a commercial scale. It is therefore recommended in the future to extend this technique for the production of seed potato mini-tubers obtained from cultivation in the homes of zeolite substrate.

INTRODUCCION

El desarrollo sostenible es un movimiento concebido por la humanidad para enfrentar los retos del nuevo milenio (Zeledón, 1999). En la agricultura de nuestro país se realiza la constante búsqueda de mecanismos sustentables y económicamente viables que permitan una mayor eficiencia sin que se incurra en el deterioro del medio.

Las vías de sostenibilidad causan mayor impacto en los cultivos más importantes en la dieta diaria del hombre. La papa (*Solanum tuberosum*), es uno de estos cultivos, el cual se caracteriza por una extraordinaria capacidad de adaptación a condiciones muy diversas de suelo. Es reconocida por su alta productividad y valor nutritivo, este último dado por su contenido de almidón y por presentar proteínas particularmente valiosas debido a sus altos contenidos de aminoácidos esenciales (Estrada, 2000).

Para obtener buenos rendimientos el cultivo de la papa, lo primero es disponer de semillas de calidad, es decir; tubérculos enteros, sanos y dotados de brotes fuertes. Pero esta especie es una de las de mayores requerimientos tecnológicos para la producción de semilla, pues es afectada por diversidad de microorganismos. Estos ocasionan grandes daños en las plantaciones y durante la conservación; y en muchos casos provocan la descalificación de la semilla para ser utilizada en el próximo ciclo de multiplicación (Manso,2004).

La micropropagación *in vitro* es la vía más eficiente para mantener de forma estable la calidad fitosanitaria y genética de la semilla así como obtener un elevado número de tubérculos en un periodo de tiempo relativamente corto.

El Instituto de Biotecnología de las Plantas de la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas dedica grandes esfuerzos en la implementación de los esfuerzos por disminuir las pérdidas por transportación de vitroplantas hasta el campo y lograr mayor uniformidad en las plantaciones condujeron al diseño y construcción de una casa de cultivo aledaña a la biofábrica. En la misma manera se eliminó la cubierta vegetal y se añadió zeolita como sustrato para dar cortes a las pequeñas plantas invitro (Jiménez, 2000).

Para la producción de semillas de papa por métodos tecnológicos las problemáticas fundamentales de esta tecnología se han presentado en la aclimatización y han sido referidas como pérdidas en el traslado de las vitroplantas hasta el campo, requerimiento de atenciones culturales por personal altamente calificado y pérdidas de tubérculos en la cosecha por daños o enfermedades y afectaciones en la conservación de los tubérculos debido principalmente a la elevada presencia de microorganismos patógenos del suelo (Agramonte, 2000).

La zeolita es un sustrato inorgánico de origen natural, con excelentes propiedades físicas y puede contrarrestar la disminución de ph, mejorar los contenidos de fósforo y potasio asimilable y la capacidad de intercambio iónico del suelo o sustratos. Por otra parte, es capaz de retener los nutrientes y aportarlos lentamente de acuerdo con la demanda de las plantas (Machado, 1989).

Teniendo en cuenta estos antecedentes se formuló la siguiente hipótesis de trabajo: Es posible emplear la zeolita cargada como sustrato para producir semilla de papa en las casas de cultivo y garantizar menores pérdidas durante la cosecha y conservación.

Considerando la hipótesis anterior se formuló el siguiente objetivo general:
- Evaluar el efecto de la zeolita cargada como sustrato sobre el rendimiento en la cosecha y analizar la influencia de este sustrato en la conservación de los minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo.

Para cumplimentar el objetivo general se establecieron los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar el rendimiento y los daños por afectaciones que se producen en la plantación de vitroplantas en la casa de cultivo con sustrato zeolita cargada.
2. Analizar la influencia de la zeolita cargada utilizada como sustrato en la casa de cultivo sobre la conservación de los tubérculos en frigorífico y en ambiente natural semicontrolado.
3. Evaluar el efecto de la aplicación de zeolita natural en polvo sobre la conservación de los minitubérculos de papa.

4. Evaluar el comportamiento en campo de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita después de la conservación en frigorífico como nueva alternativa de producción de semilla biotecnológica de papa.

5. Realizar una valoración económica del efecto de la zeolita en la nueva alternativa de producción de minitubérculos semilla biotecnológica de papa.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

3.1. SOSTENIBILIDAD AGRÍCOLA EN CUBA.

La sociedad cubana esta enfrascada intensamente en la busca de la sostenibilidad en las producciones agrícolas; y se evalúan las condiciones para alcanzarla. La papa es uno de los sectores priorizados en la producción de alimentos (Funes A, 2007).

En Cuba, se invierten anualmente en este cultivo alrededor de 10 millones de dólares en la compra de semilla a Holanda y Canadá, con el riesgo de que se introduzcan agentes patógenos e insectos que existen inevitablemente en toda importación de grandes volúmenes de materiales de siembra (Pérez y Rodríguez, 1989). Precisamente por estas razones, desde hace varios años, instituciones científicas y productivas lideradas por el instituto de biotecnología de las plantas, vienen desarrollando ingentes esfuerzos por implementar un programa integral de producción nacional de semilla de papa a partir de vitroplantas y microtubérculos (Agramonte, 2000).

Es necesario considerar estrategias de abastecimiento de semillas para complementar nuevas estrategias de mejoramiento de cultivos como el Fitomejoramiento Participativo. Este documento considera a los sectores informales y formales de semilla y concluye que un reconocimiento a su complementariedad sirve de base para la integración de los dos sistemas para llegar a un sistema integrado de manejo de los recursos filogenéticos (Almekinders, C. 2001)

La papa goza de una gran aceptación en la población dado por el valor alimenticio que presenta, está compuesta por almidón, azúcares, proteínas y los elementos que la constituyen, las vitaminas, grasas, aceites y sustancias minerales. En nuestro país se ha trabajado en base a la siembra de variedades resistentes al virus A, al empardecimiento del extremo del tallo, al tizón tardío, costra común y a la necrosis reticulada del tubérculo. Por su alto contenido de agua, se tiene muy en cuenta el momento de la cosecha y traslado hacia acopio y frigoríficos para evitar daños de pudrición así como el llamado corazón negro, enfermedad esta que depende del almacenamiento. Según A. Montaldo (1984) la papa es un cultivo muy exigente en cuanto a

condiciones físicas del suelo. En todo esto influye la aradura profunda, no se pueden pretender buenos rendimientos y tubérculos de buena forma en suelos mal preparados. Es necesario que el suelo tenga un grado adecuado de humedad al momento de la siembra para hacer germinar la semilla hasta que la planta pueda emerger del suelo.

3.2. CULTIVO DE LA PAPA.

La papa es uno de los principales alimentos en el ámbito mundial, ocupando el cuarto lugar, después del trigo, arroz y maíz, con una producción de 300 millones de toneladas. Su cultivo en Argentina está distribuido en varias provincias con una superficie de 115.000 hectáreas y 3.300.000 toneladas, como promedio del trienio 1997/99, según datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Es el producto hortícola de mayor consumo en estado fresco (sin industrializar) ya que alcanza los 56 kilos/hab../año (Cacace y Huarte, 1996).

En el cultivo normal, la patata se multiplica plantando tubérculos o rebanadas de tubérculos con ojos, que son yemas sin desarrollar. Las variedades nuevas se obtienen de las semillas producidas mediante polinización controlada. Las variedades mejoradas se multiplican con velocidad mediante esquejes de los brotes. Los tubérculos de carne ligera y suave prefieren los suelos francos, arenosos y ricos; los suelos húmedos y pesados dan lugar a tubérculos de carne más firme. La patata recién recolectada contiene un 78% de agua, un 18% de almidón, un 2,2% de proteínas, un 1% de cenizas (elementos inorgánicos) y un 0,1% de grasas. Casi el 75% del peso seco son hidratos de carbono. La patata es importante fuente de almidón para la fabricación de adhesivos y alcohol (Encarta, 2005).

3.3. SEMILLAS DE PAPA. CULTIVO *IN VITRO*. VARIEDAD ATLANTIC.

El tubérculo semilla es el órgano responsable de dar origen a una nueva planta y de su calidad depende en gran parte el rendimiento final. El concepto de calidad de semillas, incluye tanto el grado de sanidad como su estado fisiológico, por consiguiente, es necesario tomar todas las medidas posibles de protección durante la cosecha, la clasificación y el almacenamiento, con el fin de mantener al máximo el potencial de rendimiento de la semilla. A nivel

comercial, la papa se propaga vegetativamente por medio del tubérculo al cual se le da el nombre genérico de semilla; esto permite mantener su constitución genética inalterable, sin embargo, existen otras formas de propagación por medio de semilla sexual o, por partes vegetativas como esquejes, brotes y meristemas (Alvarado, 1984).

La semilla es el insumo mas importante en cualquier proceso de producción; la condición básica para obtener niveles de productividad elevados es lograr que los tubérculos semilla, alcancen el estado de brotamiento mas adecuado al momento de la siembra, por lo tanto, las practicas de manejo de poscosecha que se realicen con estos, se deben concentrar en aquellos factores y condiciones que influyen en el desarrollo de brotes vigorosos, que luego dan origen a tallos fuertes y libres de enfermedades (Jiménez, 1998).

En general, es necesario considerar dos factores estrechamente ligados con la emisión de brotes: la variedad de papa responsable de la duración del periodo de reposo y la edad fisiológica del tubérculo semilla, la cual depende de las condiciones de almacenamiento a las cuales ha sido sometida la semilla.

Durante el desarrollo fisiológico, el tubérculo pasa a través de los estados de reposo o dormancia, dominancia apical, brotamiento múltiple y senectud. Las condiciones en las cuales se producen los tubérculos-semillas afectan la duración del periodo de Dormancia, por ejemplo, las temperaturas altas, el bajo contenido de humedad y la baja fertilidad de un suelo durante el crecimiento del tubérculo, aceleran el desarrollo fisiológico y la reducción en el periodo de Dormancia (Jiménez, 2000).

Se considera que una semilla de papa es de buena calidad, cuando se encuentra libre de plagas y enfermedades, esta fisiológicamente madura y apta para la siembra, posee tubérculos sanos sin deformaciones ni pudriciones y tiene brotes sanos, vigorosos y preferiblemente verdeados (color verde). Sembrar tubérculos con las características anteriores asegura una germinación rápida y uniforme del cultivo, con lo cual se obtienen buenos rendimientos de cosecha (Montaldo, A. 1984).

La isla ha avanzado en la tecnología de la producción, con una marcada estabilidad en los altos rendimientos. Cuba logra un promedio de 24 a 25 toneladas/ha, uno de los mejores en Latinoamérica. En el continente solo EE.UU., Canadá y Argentina tiene mayores rendimientos, con más recursos y el clima favorable. La producción de este cultivo es altamente costosa debido a su alto gasto pues casi el 40 % de la semilla es importada de Canadá y Holanda, solamente en compra de tubérculos- semillas se invierten 11 millones de dólares al año. Y por otra parte no es un cultivo sostenible por la cantidad de insumos, fertilizantes y pesticidas que demanda. Es por esa causa que los científicos trabajan en la búsqueda de una semilla botánica o sexual propia, resistente a enfermedades y adaptada a nuestras condiciones climáticas. La papa es un cultivo exigente. En Cuba la siembra se realiza entre el 15 de noviembre y el 20 de diciembre para obtener temprana germinación, a los 15 días debe comenzar la brotación, luego recibe los beneficios del frío en los meses de enero y febrero, época de engrosamiento del tubérculo. Las cosechas se realizan pasado los 90 días (Manso,2004).

Según Agramonte, 1999; los sistemas comerciales de producción de semilla que emplean la micropropagación se basan en la plantación de los microtubérculos y las vitroplantas en invernadero, para multiplicar mediante cortes sucesivos a las plantas madres. Los países que utilizan esta tecnología realizan las producciones de los materiales de propagación en instituciones muy costosas desde el punto de vista constructivo y con altos gastos por salarios, lo que incrementa los costos. Por lo tanto están obligados a reducir las producciones in vitro y posteriormente realizan la propagación en invernaderos, principales estaba la contaminación microbiana en laboratorio, lo que limitaba calidad y cantidad de vitroplantas necesarios para cumplir con el programa producción de semilla. Por tanto se da la tarea de demostrar que era posible establecer un esquema nacional de producción de semilla de papa, más eficiente, basado en la aplicación de técnicas que ofrece la biotecnología, para lo cual se pueden integrar los diferentes métodos de propagación in vitro.

Para las condiciones de Cuba, la producción de microtubérculos representa una vía alternativa para la obtención de semilla original ante

algunas limitantes que tiene la producción de plantas *in vitro* (Agramonte, 1999). Los microtubérculos se pueden producir sin tener en cuenta la época del año, ni la demanda del mercado y pueden ser almacenados durante meses sin perder su potencialidad, facilitando la comercialización y el intercambio de germoplasma, así como mayores facilidades para su plantación (Medina, 1995).

La propagación de plantas *in vitro* y microtubérculos a través de medios de cultivo estáticos son los métodos biotecnológicos que se aplican en las condiciones actuales de nuestro país. Mediante estos, se logran plantas en la fase de aclimatización que son utilizadas para la plantación en campo. El principal problema que ha presentado la plantación de plantas *in vitro* y microtubérculos en el campo ha sido el bajo e inestable rendimiento, poca uniformidad de crecimiento de las poblaciones, grandes pérdidas en la transportación, alto requerimiento de fuerza de trabajo especializada, mayor rigor en las atenciones culturales y baja calidad de los microtubérculos producidos (Jiménez et al, 2003).

Las buenas características culinarias de la variedad Atlantic, de origen canadiense, la hacen de gran aceptación dentro de los consumidores. Se usa esta variedad en campos de producción por su alto rendimiento, buenas características de conservación, resistencia al calor y la sequía que nos guían a recomendar este cultivo para la producción de semilla acelerada en Cuba, con vista a su uso en la industria fundamentalmente (Mayea, 1996). Aunque se debe seguir de cerca su producción por la susceptibilidad al ataque de enfermedades.

La calidad culinaria de los tubérculos de papa es una característica genética de las variedades que está influenciada por las condiciones ambientales y el manejo agronómico (temperatura presente durante el ciclo de crecimiento de la planta, precipitación y/o calidad y cantidad de riego usado, tipo de suelo, fertilización química y orgánica empleada, época y forma de la eliminación del follaje y especialmente la madurez del tubérculo). Dentro de los factores de calidad culinaria tenemos: la textura, el color y el sabor. Hay variedades de papas que son mejores, como es el caso de las variedades Atlantic, Sebago y Kennebec. (Corospe, H. 1997).

El contenido de la materia seca (MS) es medido a través de la gravedad específica (GE) del tubérculo y del porcentaje de almidón (PA) en el tubérculo. La pulpa o carne del tubérculo de la papa es blanca o amarillenta en nuestras variedades. Generalmente, las papas blancas como Atlantic tienen un mejor precio. La intensidad de la coloración amarilla es una característica varietal y está altamente relacionada con el contenido de carotenos, precursores de la vitamina A. El sabor se refiere a la evaluación del paladar. Las papas pueden presentarse insípidas o gustosas. Este parámetro se debe principalmente a la cantidad de compuestos volátiles de relativo bajo punto de ebullición presente en los tubérculos (Carospe L. 1997).

3.4. PRODUCCION DE MINITUBERCULOS DE PAPA EN CASA DE CULTIVO.

El programa biotecnológico de producción de semilla de papa contempla la obtención de minitubérculos de diferentes calibres en casas de cultivo con sustrato zeolita al 100% garantizando la calidad genética y fitosanitaria. Los tubérculos son producidos por las vitroplantas en condiciones semicontroladas de riego, regulación de la iluminación, protección contra vientos y fertilización fraccionada durante el ciclo de cultivo. Esta tecnología se basa en el rendimiento de número de tubérculos por vitroplanta, el cual es mayor aunque menos homogéneo en peso y forma que cuando se cultivan microtubérculos. La cosecha de los minitubérculos en las casa de cultivo requiere de una menor utilización de equipos, lo que deduce menos daños por este concepto. Los minitubérculos presentan mayor facilidad de almacenamiento ya que de menor calibre que los cosechados en campos (Jiménez, 2000).

La producción de minitubérculos de papa en casas de cultivos es más ventajosa porque las plantas *in vitro* son sometidas a condiciones semicontroladas de humedad relativa, riego, iluminación y fertilización, se elimina la transportación de las vitroplantas hasta el campo y los requerimientos de gran numero de trabajadores calificados para la plantación y el cultivo (Jiménez , 2003).

3.5. PRODUCCION DE MINITUBERCULOS EN CAMPO.

En el caso de producción por método tradicional, el suelo debe tener las características exigidas por el cultivo de la papa para su fomento; las que consisten en ser suelos que equiparen en un máximo posible las fluctuaciones del suministro de agua y ofrezca las condiciones favorables para las necesidades de aire y espacio de órganos subterráneos de la papa. De ahí que para este cultivo se presten mejores los limos francos, los arenosos limosos y gumíferos; así como los suelos de turbera; bien cultivados y contrariamente los arenosos secos, como suelos pesados de arcilla y limo, son menos rendidores, también pueden hacerse aplicaciones de materiales orgánicos y abonos verdes provenientes de restos de cosechas anteriores durante la preparación de los mismos, para mejorar características físico-químicas de los mismos y así se disminuye en la aplicación de materiales químicos en fertilización (Jiménez, 2000).

Según A. Montaldo (1984) la papa es un cultivo muy exigente en cuanto a condiciones físicas del suelo. En todo esto influye la aradura profunda, no se pueden pretender buenos rendimientos y tubérculos de buena forma en suelos mal preparados. Es necesario que el suelo tenga un grado adecuado de humedad al momento de la siembra para hacer germinar la semilla hasta que la planta pueda emerger del suelo.

Entre los factores que determinan los rendimientos y la calidad de la producción del cultivo de la papa, en suelo la fertilidad ocupa un lugar destacado. El uso de los fertilizantes debe ser lo más racional posible, de modo que se eviten derroches, siendo injustificable económicamente, luego de ser contaminante del medio ambiente incluyendo los daños a la fertilidad de los suelos (Altieri, 1995).

3.6. LAS CASAS DE CULTIVO, UNA OPCIONES DE SOSTENIBILIDAD AGRICOLA.

Una de las principales opciones de sostenibilidad desarrolladas en nuestro país es la implementación de casa de cultivo con cubierta plástica, regulación de la iluminación y control del riego para garantizar la humedad adecuada de

los cultivos.

Los problemas principales de estas estructuras son: la temperatura invernal cae por debajo del mínimo biológico y por tanto hace necesario el uso de la calefacción durante tres meses, El exceso de temperaturas diurnas incluso en los meses de primavera. la ventilación insuficiente durante cuatro a seis meses, el alto nivel de humedad nocturna, los vientos fuertes, la baja calidad del agua y la disponibilidad de la misma, la disminución de la concentración de anhídrido carbónico durante el día en los invernaderos cerrados. Considerando únicamente las estructuras cubiertas con plástico, cabe tener en cuenta los siguientes puntos: el diseño en la construcción del invernadero, la composición química y las propiedades de la película de cubierta, el sistema de sujeción del plástico, el tensado de la película sobre la estructura, la ventilación como parte de la estructura. El diseño de la estructura puede ayudar a resolver los problemas mencionados antes. Así al eliminar la infiltración, se puede reducir el problema del descenso de la temperatura nocturna; la ventilación puede paliar el problema de las temperaturas excesivas diurnas, la forma del invernadero, los componentes, etc. pueden ser estudiados de manera que resistan bien el viento; los canales de recogida de agua pueden recoger el agua de la lluvia y conducirla a un embalse para disminuir los construcción básica, que satisfaga la demanda impuesta por las condiciones climáticas de la región mediterránea. No son las tradiciones nacionales las que deben condicionar el diseño del invernadero, sino las condiciones climáticas. (Corominas, E. 1991).

Para lograr altos rendimientos en el cultivo de la papa es necesario: la humedad relativa debe oscilar entre 70 -80 %, lo cual permite un buen crecimiento y desarrollo del cultivo, en el riego la frecuencia y tiempo de duración esta en dependencia de la etapa de crecimiento, el agua es imprescindible en la vida del cultivo, como norma general se establece que la cantidad de agua que se ofrece en cada riego no sobrepase la capacidad de retención que tenga el sustrato. La luz es imprescindible para la fotosíntesis, pero su influencia es diferente según su composición, intensidad o longitud del periodo luminoso (Jiménez et al Caballero,1990).

Debido a que los métodos convencionales no garantizan la disminución

de las enfermedades que afectan al cultivo de la papa, la producción de minitubérculos (Wang y Hu, 1980) y vitroplantas se han convertido en las vías más eficientes para la propagación de este cultivo, manteniendo un alto grado de pureza varietal y calidad fitosanitaria.

Las producciones de papa en condiciones de casas de cultivo, exigen una atención estricta al sustrato, condiciones de riego durante todo el ciclo, así como labores fitosanitarias y culturales de agrotecnias y fertilidad según lo establecido en los Instructivos Técnicos para el cultivo, además de tener en cuenta la época de siembra por las características fisiológicas de dicha especie (Jiménez, 2000).

3.7. SUSTRATOS. ZEOLITA.

Conceptualmente sustrato es material sólido y poroso ya sea natural o sintético que es colocado en un contenedor, puro o mezclado y cuya función es dar a la planta sostén mecánico mediante el papel de soporte y a la vez permite que las raíces tomen aire y agua; el sustrato puede o no intervenir en complejo proceso de la nutrición vegetal, (Jiménez, et, al Tortosa 2000).

Un sustrato es el medio material donde se desarrolla el sistema radical del cultivo, tiene la función en el caso de los sustratos sólidos ejerce el anclaje de las plantas. No existe sustrato ideal, cada uno proporciona una serie de ventajas e inconvenientes y su elección dependerá de los cultivos a plantar, de las variables ambientales y de la instalación. Las técnicas actuales utilizadas en la producción vegetal han experimentado cambios rápidos y notables dentro los últimos 30 años en el mundo, con el fin de mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas y así lograr una mayor producción con más calidad, Entre estos cambios está la sustitución del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo en diferentes sustrato; esto trae consigo un cambio en la concepción del cultivo, (Abad, 1989).

Existe una tendencia actual en áreas de aclimatización dirigidas a la sustitución del suelo por sustratos naturales o artificiales donde los volúmenes de microorganismos contaminantes son bajos (Jiménez, 2000).

Para utilizar un sustrato, primero se hace necesario evaluar sus propiedades físicas y químicas a diferencia de las propiedades químicas, las

propiedades físicas no se le pueden corregir al sustrato , una vez plantado , de ahí que antes de la plantación cada sustrato debe ser caracterizado , (Corominas, *et al.*,1991; Hartmann,1994; William, 1995 y Jiménez, 1997).

La zeolita es el material de origen inorgánico mas utilizado como sustrato en Cuba. Las Zeolitas son aluminosilicatos hidratados generalmente sódicos lo cual es riesgoso para los cultivos. Su estructura es cristalina semejante a un panal que permite la entrada de iones potasio (K) y amonio (NH₄) que actúan como fertilizantes de lenta liberación . Mezcladas con turba pueden alcanzar una CIC de 250-300meq/l . Al sustituir en su estructura los átomos de silicio (Si) por los de aluminio (Al) quedan cargas negativas que son neutralizadas por la presencia de iones positivos de la disolución del sustrato que entran en su composición. (Potes, 2000).

Las zeolitas, son aluminosilicatos hidratados (Kesraoui-Ouki *et al.*, 1994) cuya aplicación sobre suelos incrementa la capacidad de retención de NH₄ y de agua, favoreciendo la actividad biológica y actuando como fertilizante de liberación lenta mediante intercambio iónico y disminuyendo las pérdidas de nutrientes propios del suelo. Los principales estudios relativos a las posibles ventajas de la aplicación de zeolitas en suelos se encuentran encabezados por Huang y Petrovic, quienes en 1994 propusieron la aplicación de zeolitas para la reducción del lixiviado de nitratos en campos de golf situados en suelos arenosos, y por Rodríguez *et al.*, que en ese mismo año aplicaron (De La Torre M, 2000). zeolita mezclada con estiércol a una pradera, comprobando su relevancia para incrementar la efectividad del abono orgánico. Grande *et al.* (1995a) describen una experiencia en la que estudian cómo la zeolita disminuye las pérdidas de nutrientes a través de zona no saturada, comprobando los resultados de la experiencia mediante contraste estadístico (Grande *et al.* 1995b).

Escurra y Pérez (1989) plantean que el nivel de porosidad que poseen las zeolitas es capaz de retener agua utilizable por la planta lo cual reviste gran importancia ya que se puede reducir el número de riesgos con el consiguiente ahorro de agua y energía.

El uso de las zeolitas en los sustratos mejora sus propiedades, así como contribuyen a la absorción del amonio y el potasio, preserva la humedad y

sirve como fuente de microelemento del así brinda la posibilidad de eliminar el fraccionamiento del fertilizante, lo cual disminuye los costos. Por sus características físico- químicas la zeolita constituye un recurso importante de gran aplicación en la agricultura, resulta una alternativa muy atractiva, por su contribución en la reducción de las pérdidas de nitrógeno en más de un 30% la disminución de los niveles de fertilizantes sin afectar los rendimientos y la calidad de los cultivos, así como la reducción de la contaminación ambiental (Vázquez I, 2007).

Las propiedades físicas y químicas de las rocas zeolíticas hacen de las mismas un mejorador potencial del suelo, debido a su gran afinidad por el ion amonio (Triana, 1992). Su aplicación incide en la reducción de las pérdidas del nitrógeno en los suelos, lo cual incrementa el aprovechamiento de este elemento por los cultivos John et al. (1998). Debido a estas características, las mezclas de zeolita con los fertilizantes nitrogenados, en Cuba, es una práctica común, con el fin de obtener un fertilizante de liberación lenta, incrementando el aprovechamiento del nutrimento por los cultivos. Por otra parte las técnicas basadas en el uso de trazadores con isótopos radiactivos o estable es de gran utilidad en el ámbito Agronómico (IAEA, 1990). Debido a la necesidad de maximizar el uso eficiente de los fertilizantes nitrogenados, conjuntamente con la preocupación por minimizar la contaminación ambiental, es de vital importancia la realización de estudios con el empleo de ^{15}N porque permite obtener resultados cuantitativos mas exactos y en un corto plazo. El empleo de la zeolita como material constituyente de los sustratos se ha expandido en la actualidad reportándose incremento en los rendimientos de los cultivos. El empleo de zeolita permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes por las plántulas favoreciendo su desarrollo integral. El invernadero con zeolita permite la producción de minitubérculos de calidad.

Según Cairo (1992), la zeolita se emplea como acondicionadora del suelo y mejora sus propiedades así como los rendimientos de las cosechas. Brinda la posibilidad de evitar el fraccionamiento del fertilizante, lo cual disminuye los costos, mejora la fertilidad de los suelos, preserva la humedad, evita enfermedades en raíces de los cultivos, mejora el laboreo de los suelos.

Machado y col. (1989), plantean que la aplicación de zeolita logra

contrarrestar la disminución del pH provocado por la aplicación de aguas residuales y mejora los contenidos de fósforos y potasio asimilable.

Según Cenda, 2007 (Brasil). Se hidratan Zeocel o Zeolita de metales alcalinos y alcalinos aluminosilicatos cristalino terroso que los poseen el infinito de estructura de cristalino tri-dimensional. Ellos se caracterizan por la habilidad de perder y ganar el reversiblemente de agua y de cambiar algunos de sus elementos constitutivos sin los cambios más grandes en la estructura.

Las zeolitas se descubrieron en 1756 por Freiherr Axel Frederick Cronstedt, un mineralogista sueco, que nombró el arranque mineral de las palabras el zéo griego (para hervir) y líthos (la piedra) significando “piedras que hierven”, una alusión a la característica peculiar de burbujear cuando sumergió en el agua. Desde entonces, aproximadamente 50 especies de zeolita natural estaban reconocidas, y más de 100 se sintetizaron las especies en el laboratorio.

En el fin de los años cincuenta estaba que el mundo se dio cuenta que las zeolitas se constituyeron de muchos tufos volcánico que los forman los depósitos en los lagos salinos viejos del oeste norteamericano o en los depósitos espesos de tufos del mar en Italia y Japón. Desde entonces, más de 2000 ocurrencias diferente de zeolita natural era conocido en más de 40 países. La pureza alta y la proximidad con la superficie de los depósitos sedimentarios provocan el intenso interés comercial aquí tanto como en el exterior. Se desarrollaron muchas aplicaciones industriales basado en el rango de propiedades fisicoquímicas que el zeolita natural proporciona (Vázquez, I. 2007).

Las características físicas de la zeolita son las siguientes: el punto de unión es 1.300°C, tiene un peso específico de 2,1g. centímetro-3, mientras la densidad clara es de 1 kg. L-1, el pH tiene valor de 7,6 y en tanto la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es 1,57 meq/g. Químicamente existe un estimado de los componentes y sus valores expresados en Porcientos, encontrados en la zeolita: SiO₂(63,00), TiO₂(0,45), Al₂O₃(11,57), Fe₂O₃(1,87), FeO(0,81), MgO(0,92), Na₂O(2,39), P₂O₅(0,09), H₂O(3,44) (Cairo, 1992).

Según Tellería 1989 y Jiménez 2000, para efectuar la carga de la zeolita han sido elaborados diferentes formulas cuya composición y concentración iónica varia en dependencia del objetivo que se persigue. Estas formulas se han denominado NEREA (nutrientes en roca con el empleo de agua). La mas empleada es la formula Nerea III por sus resultados y facilidad, cuya composición química es la siguiente:

Fosfato diamónico	7,6 kg/TM de zeolita
Nitrato de amonio	4,8 kg/TM de zeolita
Nitrato de potasio	2,2 kg/TM de zeolita
Cloruro de calcio	1,5 kg/TM de zeolita
Sulfato de magnesio	2,0 kg/TM de zeolita
Ácido bórico	16g/TM de zeolita
Sulfato de manganeso	2 g/TM de zeolita
Sulfato de zinc	5g/TM de zeolita
Sulfato de cobre	4g/TM de zeolita
Molibdato de amonio	1g/TM de zeolita

3.8. COSECHA Y POSCOSECHA DE LA PAPA. PRINCIPALES DAÑOS Y AFECTACIONES.

La cosecha debe seguirse estrictamente para evitar daños mecánicos y afectaciones por pudriciones tanto secas como húmedas ocasionadas por agentes causales de enfermedades al tubérculo. Las enfermedades más comunes de esta especie son las pudriciones secas y húmedas provocadas por *Phytophthora I.* y *Erwinia C* (Jiménez, 2000).

Las principales plagas y enfermedades que la afectan en nuestro país son: entre las plagas encontramos Ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*), Gusano trozador (*Feltia subterranea*), Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*), Pulgón verde del melocotonero (*Myzus persicae*), Trips de los melones (*Trips palmi*) y las enfermedades encontramos fusariosis o marchitamiento (*Fusarium spp.*), *Rhizoctonia solani* (*Thanatephorus cucumeris*), Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), Tizón temprano (*Alternaria solani*), Pudrición

húmeda bacteriana (*Erwinia carotovora* pv. *Carotovora*), Pudrición seca (*Erwinia carotovora* pv. *Atroseptica*); entre los virus mas comunes que afectan este cultivo en Cuba se encuentran Virus M (Potato leaf roll virus- PLRV), Virus X (Potato virus-X), Virus Y (Potato virus- Y). La papa es objeto de un esmerado control técnico donde juega un papel importante el Manejo Integral de Plagas (Martínez, 2007).

Para aumentar la producción de papa a la vez que se protege al productor, los consumidores y el medio ambiente, se requiere un enfoque integral de protección de los cultivos que comprende diversas estrategias: promover la presencia de depredadores naturales de las plagas, producir variedades mejoradas con mayor resistencia a las plagas y las enfermedades, sembrar papas de semillas certificadas, producir los tubérculos en rotación con otros cultivos, y utilizar composta orgánica para mejorar la calidad del suelo. No existe medio químico eficaz, por ejemplo, contra la marchitez bacteriana. Pero si se siembran semillas sanas en un suelo limpio, con variedades tolerantes y en rotación con otros cultivos que no son vulnerables a esta enfermedad, ésta se produce considerablemente menos. La polilla de la papa también se puede reducir evitando que se agriete el suelo, lo que permite a este coleóptero llegar a los tubérculos (Fernández, J. 2006).

Con vista a evitar daños y afectaciones que luego repercuten como perdidas se aconseja durante la cosecha del cultivo evitar los daños mecánicos, realizar buena agrotécnia y establecer y un correcto laboreo evitandose asi ataques por *Fusarium*, *Rhysoptonia*, Tizones tardío y temprano, etc (Martínez, 2007).

Tanto el Centro Internacional de la Papa (CIP) como la FAO promueven el manejo integrado de plagas (MIP) como mejor estrategia de lucha contra las plagas durante la producción. El MIP tiene como objetivo mantener las poblaciones de plagas en niveles aceptables, y mantener la aplicación de plaguicidas y otras intervenciones en cantidades que se justifiquen económicamente y que sean inocuas para la salud humana y el medio ambiente. Para facilitar la cosecha, el follaje de la planta de la papa se deberá eliminar dos semanas antes de sacar los tubérculos de la tierra. De acuerdo al

volumen de producción, las papas se cosechan con tridente, arado o con cosechadoras comerciales de papa que extraen la planta del suelo y eliminan la tierra de los tubérculos por vibración o aplicación de aire. Durante la cosecha es importante no lastimar o producir algún tipo de lesión en los tubérculos que puedan servir de ingreso a las enfermedades durante el almacenamiento. Para facilitar la cosecha, las trepadoras de la papa se deberán eliminar dos semanas antes de sacar los tubérculos de la tierra (Rattan. L, 2008).

3.9. CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO. CALIDAD DE LOS TUBERCULOS.

Las temperaturas altas en el almacenamiento, aceleran el proceso de envejecimiento fisiológico del tubérculo y por consiguiente reducen el periodo de dormancia, sin embargo, una temperatura fluctuante o un "Golpe de frío" de dos a cuatro semanas a bajas temperaturas (debajo de 10 ° C) es mas efectivo para acortar el periodo de reposo, que un almacenamiento a una temperatura alta constante (Manso, 2004).

Las enfermedades de la papa son difíciles de controlar una vez detectadas en el lugar de almacenaje. Esto sucede principalmente por dos razones: a) existe una gran variedad de productos para controlar enfermedades en la poscosecha y b) el ambiente y las condiciones del sitio de almacenamiento pueden favorecer la diseminación de ciertas enfermedades. Una correcta desinfección del sitio de almacenamiento y del equipo utilizado para hacerlo, reducirá en gran medida los problemas causados (Lehman A, 2009).

El tubérculo en almacenamiento, como un tallo que es, necesita de ciertas disponibilidades de oxígeno para poder respirar. En la misma forma cuando el CO₂ producido en el proceso de respiración se acumula en una bodega sin circulación de aire, llega a ser perjudicial para la semilla en razón a que se presentan pudriciones por efecto de hongos y bacterias (Manso,2004).

Las principales enfermedades de la patata es el mildú, causado por un hongo que provoca la putrefacción de raíces, tallos, hojas y tubérculos. El negrón, causado también por un hongo, no es tan destructivo, pero provoca lesiones que favorecen la entrada de diversas bacterias de la putrefacción. La

infección por virus induce distintas formas de mosaico y arrollamiento de las hojas. "Silver Scurf" es una enfermedad de la papa causada por el hongo *Helminthosporium solani*. El daño causado se limita a manchas y lesiones en la piel del tubérculo. Estas alteraciones reducen la probabilidad de mercadearlo. El momento en que se presenta la mayor infección y diseminación de la enfermedad al resto de tubérculos, sucede durante su primera manipulación y en la 2-3 primeras semanas de almacenamiento (Arehart Ch, 2009).

En la fase de almacenamiento cuando las condiciones no son favorables los tubérculos de papa también se pueden ver afectados por otros patógenos como es el caso de las Pudriciones húmeda bacteriana y seca para evitar estos efectos nocivos se aconseja no almacenar tubérculos húmedos (Martínez, 2007).

Mantener la temperatura uniforme y una humedad relativa alta; remover el excesivo calor y proveer un movimiento de aire constante, son requerimientos básicos de cualquier estructura que almacene papa. Las prácticas de manejo apropiadas deben evitar la pudrición del tubérculo, promover la cicatrización de heridas, retardar el brotamiento, minimizar la pérdida de peso y mantener la apariencia y calidad del tubérculo. El manejo del almacenamiento empieza mucho antes de guardar "la primera papa" (Shetty.K,2003).

El estado en que sale la papa del almacenamiento depende en gran medida de como esta llega al sitio donde se va a guardar. El crecimiento, las condiciones en que se haya cosechado y la madurez del tubérculo, son aspectos muy importantes durante este proceso. Un manipuleo defectuoso es probablemente el factor que mas influye en la reducción de utilidades (Sara.2004).

La calidad del tubérculo de papa para ser usado como semilla es de vital importancia durante la conservación y almacenamiento, es decir, los mismos deben estar completamente sanos para evitar plantaciones débiles y pérdidas en cosechas venideras para esto se recomienda usar semillas sanas, establecer variedades resistentes, evitar encharcamiento en los suelos, mantener cultivos libres de malezas, establecer niveles nutricionales adecuados. También las semillas deben estar libres de vectores transmisores

de virus que pueden provocar baja producción del cultivo (Martínez, 2007). El estado en que sale la papa del almacenamiento depende en gran medida de como esta llega al sitio donde se va a guardar. El crecimiento, las condiciones en que se haya cosechado y la madurez del tubérculo, son aspectos muy importantes durante este proceso. Un manipuleo defectuoso es probablemente el factor que mas influye en la reducción de utilidades (Shetty,2000).

Algunos de los enemigos de la papa.

Enfermedades.

Tizón tardío: la enfermedad más grave de la papa en todo el mundo, es producida por un moho del agua llamado *Phytophthora infestans*, que destruye las hojas, los tallos y los tubérculos.

Marchitez bacteriana: causada por un patógeno bacteriano produce grandes pérdidas en las regiones tropicales, subtropicales y templadas.

Carbunco de la papa: infección bacteriana que hace podrir los tubérculos en la tierra o en almacenamiento.

Virus: difusos en los tubérculos, pueden reducir la cosecha un 50%.

Plagas

Escarabajo del Colorado (*Leptinotarsa decemlineata*): una peligrosa plaga con gran resistencia a los plaguicidas.

Polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*): es la plaga más nociva de las papas sembradas y almacenadas en los climas cálidos y secos.

Mosca minadora de las hojas (*Liriomyza huidobrensis*): insecto sudamericano que abunda en las zonas donde se aplican intensivamente insecticidas.

Nemátodos (*Globodera pallida* y *G. rostochiensis*): nocivas plagas del suelo de las regiones templadas, los Andes y otras zonas montañosas.

Dado que los tubérculos recién cosechados son tejido vivo y, por lo tanto, susceptibles de descomponerse, es indispensable almacenarlos correctamente, tanto para prevenir las pérdidas postcosecha de papas destinadas al consumo fresco o para la industria, como para garantizar un suministro adecuado de tubérculos semilla para la siguiente temporada

agrícola. El objetivo del almacenamiento tanto en el caso de las papas destinadas al consumo fresco como para la industria, es evitar que se pongan verdes (que se acumule clorofila bajo la piel, la cual se asocia a la solanina, que es un alcaloide potencialmente tóxico), y que pierdan peso y calidad. Los tubérculos se deben mantener a una temperatura de entre 6 ° y 8 °C, en un ambiente oscuro y bien ventilado, con una humedad relativamente elevada (del 85 % al 90 %). Los tubérculos semilla, en cambio, se almacenan bajo luz difusa para que mantengan su capacidad de germinación y para alentar la formación de brotes vigorosos. En algunas regiones, como el norte de Europa, donde sólo hay una temporada agrícola y es difícil almacenar los tubérculos de una temporada a la siguiente sin el uso de costosa refrigeración, una solución puede ser sembrar fuera de la temporada (Friedrich T,2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

4. Procedimientos generales.

La investigación se desarrolló en el Instituto de Biotecnología de Las Plantas ubicado en la Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas (UCLV) durante el periodo de noviembre de 2007 a mayo de 2009.

Se utilizó como material vegetal inicial, plantas *in vitro* de la variedad Atlantic las cuales fueron cultivadas en la casa de cultivo (Fig. 1). A partir de estas plantas se obtuvieron minitubérculos semilla que se cultivaron en la casa de cultivo con sustrato zeolita cargada y mediante plantación directa en el campo (Fig. 2). Después de cosechados se sometieron a conservación en condiciones naturales y en frigoríficos para su posterior plantación en campo.



Figura 1. Plantación de vitroplantas en casa de cultivo con sustrato zeolita.

Los tratamientos control estuvieron representados por la plantación de vitroplantas en campo y los tubérculos procedentes de esta vía de propagación. Los mismos provenían de la estación experimental Álvaro Reinoso de Remedios, Santa Clara; cultivados sobre un suelo Ferralítico rojo.

La siembra de las vitroplantas se realizó a una profundidad de 3 cm utilizando como marco de siembra para casas de cultivo 20x20cm y en condiciones de

campo 20x90 cm, en el caso de la siembra de minitubérculos se utiliza el mismo marco de siembra descrito anteriormente y la profundidad de la semilla al momento de la siembra es cubriendo la misma con una capa de suelo de 2-3cm, en cuanto a las labores agrotécnicas que debe recibir el cultivo varia; en la casa de cultivo son menos labores dada las características del lugar y que se controlan mas las variantes ambientales para el caso de siembra en condiciones de campo se procede según indicaciones y recomendaciones del instructivo técnico para el cultivo (Manso,2004).



Figura 2. Plantación de vitroplantas aclimatadas en campo de semilla

Los minitubérculos en la casa de cultivo con sustrato zeolita cargada y tubérculos producidos en campo (Fig. 3) se almacenaron en el frigorífico (Fig. 4) con las siguientes condiciones: humedad relativa del 90%, temperatura de almacenamiento 4⁰C, y tiempo de almacenamiento 8 meses (240 días).



Figura 3. Tubérculos obtenidos de la plantación de vitroplantas en campo.



Figura 4. Frigorífico. Instalación diseñada para el almacenamiento de los tubérculos de papa.

Por otra parte, minitubérculos obtenidos en la casa de cultivo con zeolita fueron conservados en un área con ventilación (Fig. 5), natural durante el mismo periodo y las siguientes características generales: iluminación difusa mediante falso techo de poliespuma (polietaurano) e iluminación difusa con valores entre los (33.2 – 45.6 u.cm².s-1); la temperatura osciló entre los 19.6 °C y 31.9°C (Jiménez, 2000).



Figura. 5: Tubérculos almacenados en ambiente natural con aplicación de zeolita en polvo.

En la casa de cultivo se utilizó como sustrato la zeolita procedente de la planta tasajera de Villa Clara, este material inorgánico poseía una composición química de: SiO_2 66.2, Al_2O_3 11.2, TiO_2 0.5, Fe_2O_3 0.3, MgO 0.6, CaO 4.5, K_2O 1.3, P_2O_5 0.07, H_2O 4.7. Su granulometría se correspondió con un rango <4 mm (Cairo, 1992).

La zeolita cargada utilizada como sustrato en la casa de cultivo (Fig. 6) fue cargada con los elementos nutrientes que corresponden a la fórmula NEREA III (cuya composición se describe en el capítulo anterior) según, Escurra y Pérez, 1989.



Figura 6: Zeolita utilizada como sustrato al 100% en la casa de cultivo para la producción de minitubérculos de papa.

El riego se efectuó mediante la técnica de microaspersión con una frecuencia de uno y medio minutos cada dos horas (la primera semana) y dos minutos cada cuatro horas durante el resto del ciclo vegetativo hasta la suspensión del mismo para la cosecha. La iluminación natural se controló mediante un cobertor de polipropileno con el cual se reduce al 75% la iluminación y también se utilizó una mala o zarán negro que redujo la iluminación solar al 25% durante los primeros 15 días. En el resto del ciclo vegetativo no se colocó el zarán. Lo que permitió al 75% de la radiación solar penetrar la casa de cultivo del 50% durante los primeros quince días al 75% durante el periodo restante. Las aplicaciones de fertilizantes y estimuladores se efectuaron con dos mochilas manuales de una capacidad de 16 litros.

En cada tratamiento se plantaron 20 000 unidades de vitroplantas y tubérculos distribuidos en cuatro repeticiones de 5000 plantas cada una; se evaluaron 500 de ellas por réplica de forma aleatoria a los setenta días del ciclo vegetativo. La evaluación de los minitubérculos en el campo se realizó a los 90 días de plantados en un suelo ferralítico rojo y la agrotécnica del cultivo se efectuó según el instructivo para bancos de semilla de papa (Manso, 1998).

Durante el ciclo vegetativo la iluminación solar en la casa de cultivo osciló entre 92 – 114 photons.

Procesamiento estadístico

Todos los procesamientos se realizaron con el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows.

4.1. Evaluación del rendimiento y afectaciones de los minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo con el uso de la zeolita cargada como sustrato.

4.1.1 Evaluación del rendimiento de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con el uso de la zeolita cargada como sustrato .

Se realizó un experimento para determinar el rendimiento de las plantas *in vitro* en la casa de cultivo de forma comparativa con la plantación en condiciones de campo. Se establecieron dos tratamientos: 1) Tratamiento

Control (Minitubérculos cosechados en campo de semilla) y 2) Minitubérculos cosechados en la casa de cultivo con sustrato zeolita. Las normas técnicas del cultivo se describieron anteriormente. En la casa de cultivo la cosecha se realizó usando un arado de paleta diseñado en el IBP. En el campo, se utilizó una cosechadora mecánica para papa. Se evaluó el número de minitubérculos promedio por planta y el peso promedio de los tubérculos por planta (g). El número de muestras evaluadas fue de 500 plantas por tratamiento. Se determinó además la eficiencia de recolección promedio por hombre-hora para cada tratamiento (En este parámetro, se realizaron conteos del número de tubérculos cosechados por hombre como promedio en una hora de trabajo en la casa de cultivo y en el campo. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis previa comparación de los supuestos de normalidad y heterogeneidad de varianza.

4.1.2. Evaluación de los daños mecánicos y afectaciones por microorganismos de los minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo con uso de zeolita cargada como sustrato.

Para evaluar el número de tubérculos con daños mecánicos y los tubérculos afectados por microorganismos causantes de enfermedades en la cosecha al finalizar el ciclo vegetativo en la casa de cultivo se realizó este ensayo; en el cual se tomaron 1000 plantas por tratamiento del experimento anterior. Se realizó el conteo de los tubérculos afectados por los microorganismos: *Erwinia spp.*, *Fusarium solani*, *Streptomyces scabies*, *Rhizoctonia solani*, *Phoma spp.*, *Penicillium spp.*, *Sclerotium rolfsi*. Se calculó el porcentaje de afectaciones y estos datos se procesaron mediante un análisis de proporciones. Para las medias estadísticas, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann Whitney previa comparación de los supuestos de normalidad y heterogeneidad de varianza. En la identificación de las tubérculos con afectaciones por estas enfermedades se utilizó el descriptor de enfermedades en la papa referido por Giovannini (2004) y Martínez, (2007).

4.2 Influencia del sustrato inorgánico zeolita en la conservación de los tubérculos de papa.

4.2.1 Efecto de la zeolita en la calidad de la conservación en frigorífico de los minitubérculos de papa obtenidos en la casa de cultivo.

Este experimento se realizó con el objetivo de analizar la influencia de la zeolita cargada utilizada como sustrato en la casa de cultivo y el efecto de la aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de los tubérculos en frigorífico. Se evaluaron dos tratamientos: 1) Control, Minitubérculos de papa obtenidos en condiciones de campo y 2) Minitubérculos de papa obtenidos en campo con aplicación de sustrato zeolita natural en polvo. La aplicación de zeolita natural en polvo ($0.2 \text{ g.tubérculo}^{-1}$) se realizó inmediatamente después de asperjar los tubérculos con alcohol al 70% utilizando un Spray plástico de 500 ml (Fig. 7). Los tubérculos fueron distribuidos en pequeños sacos de 100 minitubérculos y 10 réplicas por tratamiento. Las variables evaluadas fueron las siguientes: el porcentaje de tubérculos enfermos (%), porcentajes de almidón (%), porcentaje de materia seca (%), peso de minitubérculos (g) al inicio y al mes de la fase de conservación, así como pérdidas de peso (g) al mes de dicha fase.

A los cuatro y ocho meses de conservación las variables analizadas fueron: porcentaje de daños por enfermedades (%), peso de los minitubérculos (g), porcentaje de almidón y materia seca, expresados ambos en (%). Se realizó una estimación del tiempo de conservación (meses) a medio ambiente a través de un gráfico de la variable pérdida de peso de los tubérculos (g).

Los datos de contenidos de materia seca y almidón fueron analizados estadísticamente mediante una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. La pérdida de peso se procesó mediante la prueba no paramétrica de Mann Whitney y para los valores de porcentaje de afectaciones se utilizó la prueba de proporciones, en todos los casos después de previa comparación de los supuestos de normalidad y heterogeneidad de varianza.



Figura 7. Spray plástico de 500 ml utilizado para la aspersion de alcohol al 70% a los tubérculos antes de aplicar zeolita en polvo.

4.2.2 Influencia de la zeolita en la conservación de los tubérculos de papa a medio ambiente natural.

Con el objetivo de evaluar la factibilidad de emplear zeolita natural en polvo para la conservación de los tubérculos en un ambiente natural durante un periodo determinado se realizó este experimento en el cual se establecieron los mismos tratamientos del experimento anterior: 1) Control, Tubérculos de papa obtenidos en casas de cultivo con zeolita sin aplicación de zeolita en polvo y 2) Tubérculos de papa en casas de cultivo con zeolita con aplicación de zeolita en polvo. 3) Tubérculos de papa obtenidos en condiciones de campo sin aplicación de zeolita y 4) Tubérculos de papa obtenidos en condiciones de campo con aplicación de zeolita, sometidos a tratamiento con zeolita. Se aplicó zeolita en polvo de forma similar a la descrita en el experimento anterior. Se distribuyeron los tubérculos por piso en rejillas metálicas con 100 tubérculos y 10 réplicas por tratamiento (Fig. 8). Cada 30 días se realizó una evaluación de las variables: porcentaje de daños por enfermedades (%), peso de los tubérculos (g), porcentaje de almidón y materia seca (%). A los 8 meses se realizó la evaluación final y se determinó el tiempo de conservación a medio ambiente a través de un gráfico de la variable pérdida de peso de los tubérculos. Los datos de contenidos de materia seca y almidón fueron analizados estadísticamente mediante una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. La pérdida de peso se procesó mediante la prueba no paramétrica de

Mann Whitney y para los valores de porcentaje de afectaciones se utilizó la prueba de proporciones, en todos los casos después de previa comparación de los supuestos de normalidad y heterogeneidad de varianza.



Figura. 8: Embalaje para la conservación de los tubérculos de papa a medio ambiente natural mediante aplicación de zeolita en polvo.

4.3. Evaluación del rendimiento en campo de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita.

Para la realización de este experimento se tomaron los minitubérculos de campo y los obtenidos en casa de cultivo con zeolita después de ocho meses de conservados, fueron plantados en el campo en un diseño al azar de cuatro replicas con 1 000 tubérculos cada una para cada tratamiento en parcelas de 5 surcos con 200 plantas en cada caso. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de supervivencia (%), número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta (g), porcentaje de pérdidas ocasionadas por microorganismos en la plantación hasta la cosecha (%) (para esta variable se evaluó el número total de plantas presentes por replica en cada tratamiento, se realizó el conteo de las plantas enfermas y/o muertas por afectaciones de microorganismos y se determinó el porcentaje de pérdidas).

Los datos relacionados a los grados de afectación presentados por los minitubérculos fueron analizados estadísticamente mediante pruebas no paramétricas de Kruskall Wallis previa comparación de los supuestos de

normalidad y heterogeneidad de varianza. En la determinación del porcentaje de supervivencia se utilizó la fórmula que se describe a continuación, expresado en porcentaje (%).

Fórmula para el cálculo

$$\text{Porcentaje de supervivencia} = \frac{\text{Número de tubérculos germinados}}{100} \times \text{Número de tubérculos sembrado}$$

4.4. Valoración económica.

En el análisis económico se determinaron los gastos directos e indirectos correspondientes a cada uno de los aspectos desarrollados en este trabajo. En los gastos directos se incluyeron los salarios de los trabajadores, gastos de materiales y reactivos para cada una de las etapas. Se realizó un balance total y se calcularon los efectos económicos de los aportes por separado de la nueva tecnología y el efecto económico total, según las normas de la ANIR (2000). La fórmula empleada fue: Efecto Económico de la nueva tecnología (A) = Costo unitario tecnología anterior (B) – Costo unitario nueva tecnología (A) * Volumen de producción de la nueva tecnología (A).

Se abordaron los siguientes acápite de acuerdo a los resultados de esta investigación y se recopiló la siguiente información de las fichas de costo de la semilla biotecnológica de papa:

- Costo de los tubérculos de campo obtenidos por métodos biotecnológicos.
- Costo de los mini tubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita.
- Costo diario del almacenamiento de los tubérculos en frigorífico.
- Costo del almacenamiento en oscuridad y ambiente con ventilación natural.
- Precio de venta de la semilla biotecnológica de papa.
- Costo de la zeolita con granulometría menor de 4mm.
- Costo de la zeolita en polvo.

-
- Gastos de otros materiales utilizados en la conservación utilizando la nueva tecnología.
 - Costo unitario por área de conservación en frigorífico.
 - Incremento de la capacidad de almacenamiento en frigorífico (Volumen que ocupan los mini tubérculos obtenidos en la casa de cultivo y Volumen que ocupan los tubérculos producidos en bancos de semilla en campo).
 - Ganancia de la calidad en la conservación (menor pérdida de peso de los tubérculos, materia seca y almidón).
 - Ahorro de los recursos humanos.

4.4.1 Conservación de los tubérculos producidos en casa de cultivo con sustrato de zeolita cargada en condiciones de frigorífico.

Con los datos referidos anteriormente se determinaron los efectos económicos para cada uno de los acápite de la investigación según se describe a continuación.

Para realizar el cálculo del costo de la conservación en el frigorífico del IBP se determino el valor monetario de las perdidas de tubérculos en las cámaras de conservación para ambas tecnologías; valor monetario por aumento de la capacidad de almacenamiento y la calidad de la conservación. Se realizaron los cálculos del costo de la conservación de acuerdo a la fichas de costo de los tubérculos de campo y los mini tubérculos obtenidos por la tecnología en casa de cultivo con zeolita de acuerdo con los indicadores referidos anteriormente.

4.4.2 Aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de los tubérculos en el frigorífico.

Se determino el efecto económico que deriva la utilización de la zeolita natural en polvo para la conservación de los tubérculos semilla de papa. En una variante, aplicada sobre mini tubérculos que se obtienen en la casa de cultivo con sustrato zeolita y en otro caso, la aplicación sobre los minitubérculos que proceden de campo. En este acápite se analizaron los gastos correspondientes a la zeolita en polvo en la dosis de uso para la conservación

de acuerdo al volumen de tubérculos, capacidad de conservación en frigorífico, el periodo de conservación y la eficiencia que se logra con este método.

4.4.3. Aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de tubérculos en ambiente semicontrolado con ventilación natural y oscuridad.

El efecto económico se estableció que implica la aplicación de zeolita en polvo para la conservación de los tubérculos semilla de papa con oscuridad y ventilación en ambiente natural. De forma similar a la valoración económica del acápite anterior; se analizaron los gastos correspondientes a la zeolita en polvo en la dosis de uso para la conservación de acuerdo al volumen de tubérculos, capacidad de conservación de las áreas destinadas a esta finalidad, el tiempo de conservación con calidad y el ahorro económico que se obtiene con este método.

4.4.4 Efecto económico total del uso de zeolita en la conservación de los tubérculos semilla biotecnológica de papa.

Por la suma de los efectos económicos individuales de cada aporte tecnológico se calculo el efecto económico total. Para obtener el efecto económico total se agruparon los efectos económicos de los aportes individuales analizados en los acápites anteriores para la conservación de semilla utilizando la zeolita, a partir de la producción de los tubérculos en la casa de cultivo con este sustrato y la posterior aplicación de la misma en polvo a los tubérculos para su conservación y almacenamiento.

El Efecto Económico Total de la nueva tecnología = Efecto económico subtotal tecnología A – Efecto económico subtotal tecnología B = Efecto Económico (A₁) + Efecto Económico (A₂) + Efecto económico (A₃) - Efecto Económico (B₁) + Efecto Económico (B₂) + Efecto económico (B₃)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1. Evaluación del rendimiento y afectaciones de los minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo con el uso de la zeolita cargada como sustrato.

5.1.1 Evaluación del rendimiento de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con el uso de la zeolita cargada como sustrato .

En la tabla 1 se aprecia que con el empleo de zeolita como sustrato en la casa de cultivo (tratamiento 2) disminuyeron las afectaciones por microorganismos en la cosecha de los minitubérculos de forma comparativa con la cosecha en el campo (Tratamiento 1, Control). El comportamiento de las variables evaluadas presentó diferencias significativas, las diferencias entre los tratamientos en cuanto al número de tubérculos, peso promedio por tubérculo así como porcentaje de tubérculos con daños mecánicos, daños por microorganismos y plagas. El rendimiento en la casa de cultivo no presentó diferencias significativas con el campo. El sustrato es una de las condiciones principales para obtener los rendimientos esperados en estas instalaciones y de sus características dependen en gran medida la nutrición de las plantas y las labores de cultivo (Muñiz, 1999). Jiménez, (2000) logró resultados similares al evaluar vitroplantas de papa de la variedad *Desireé* en casas de cultivo con sustrato zeolita y en campos de semilla; en su investigación demostró que los tubérculos de campo fueron más sensibles a los daños mecánicos y afectaciones por enfermedades que los producidos en casa de cultivo.

Los resultados obtenidos en este ensayo evidencian que la zeolita utilizada como sustrato en las casas de cultivo para producir semilla biotecnológica de papa, mejora la calidad de los tubérculos y la resistencia de los mismos ante el ataque de microorganismos causantes de enfermedades en la poscosecha. Asimismo, se pudo observar que la diferencia en el procedimiento de cosecha en cada uno de los tratamientos tuvo una marcada influencia en las afectaciones mecánicas de los tubérculos debido a las propiedades físicas de la zeolita que permiten una mejor manipulación y evitan la necesidad de emplear equipos sofisticados para la colección de los tubérculos. Estas condiciones le brindan a los minitubérculos obtenidos en casas de cultivo una

calidad superior a los obtenidos en campos comerciales en cuanto a la sanidad y potencialidad para la producción de semilla.

El desarrollo de esta casa de cultivo con sustrato zeolita ha resultado ser ideal para la plantación de las vitroplantas y la producción de minitubérculos de papa como solución de los problemas de transportación de las vitroplantas hasta el campo y los requerimientos técnicos para su plantación (Jiménez, 2000)).

Tabla 1. Rendimiento de la plantación de vitroplantas en la casa de cultivo con sustrato zeolita.

Tratamientos	Número de tubérculos por planta (u)	Peso de los tubérculos por planta (g)	Peso promedio por tubérculo (g)
(1) Campo (Control)	6, 16 b	608, 43 b	98, 67 a
(2) Casa de cultivo zeolita cargada	7, 87 a	791, 24 a	51, 57 b
Error Estándar.	0, 53	49, 81	8, 20
C.V %	17, 1	15, 2	20, 2

(a,b) letras no comunes difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según test de Dúncan.

La baja calidad de la semilla es uno de los elementos determinantes no solo del rendimiento y la calidad de cosecha pobres, sino también de la disminución de la vida útil de variedades nativas y mejoradas.

5.1.2 Evaluación de los daños mecánicos y afectaciones por microorganismos de los minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo con uso de zeolita cargada como sustrato.

Según (Tellería,1989 y Jiménez, 2000), las ventajas de cultivos sobre sustrato, es decir, sin suelo son ampliamente conocidos y están dados fundamentalmente por la disminución de las posibilidades de infección de los cultivos por microorganismos causantes de enfermedades así como la afectación de plagas que se hallan con frecuencia en el suelo.

Tabla 2. Afectaciones en la cosecha de los minitubérculos de papa en la casa de cultivo con sustrato zeolita.

Tratamientos	Tubérculos enfermedades y con daños por plagas (%)	con daños mecánicos (%)
(1) Campo (Control)	1, 37 b	4, 35 b
(2) Casa de cultivo de zeolita cargada	0, 44 a	0, 7 a
<i>Error Estándar.</i>	0, 25	0, 78
<i>C.V %</i>	8, 2	25, 1

(a,b) letras no comunes difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según test de Dúncan.

En la tabla 2, se observa baja incidencia de enfermedades en los minitubérculos obtenidos en casas de cultivo con zeolita como sustrato con significación sobre el tratamiento de tubérculos de campo. Se logró mejores resultados en el tratamiento dos, perteneciente a la casa de cultivo con sustrato zeolita cargada alcanzándose menores índice de afectación en los Minitubérculos de papa.

Otros autores como Barrios, 2007; coincide en que las formas mas factibles de evitar estos daños y afectaciones es con la utilización de semillas sanas, lográndose una adecuada agrotécnia y buen laboreo del cultivo así como una cosecha responsable evitándose daños mecánicos a los tubérculos y condiciones ideales de almacenamiento.

Tabla 3. Porcentaje de daños causados por los microorganismos en la cosecha de los tubérculos de papa en la casa de cultivo con sustrato zeolita cargada.

Microorganismos causantes de los daños a los minitubérculos	Tratamientos		<i>Error Est.</i>	<i>Coef. var. (%)</i>
	1) Campo (control)	2) Casa de cultivo zeolita		
<i>Erwinia spp.</i>	0,175 b	0 a	0,12	19,3
<i>Fusarium spp.</i>	0,37 b	0 a	0,17	21,6
<i>Streptomyces scabies</i>	0,95 b	0,3 a	0,27	24,8
<i>Rhizoctonia</i>	0,6 b	0 a	0,14	17,4

<i>solani</i>				
<i>Phoma exigua</i>	0,45 b	0 a	0,20	18,7
<i>Penicillium spp.</i>	0,3 b	0 a	0,11	16,9
<i>Sclerotium rolfsii</i>	0,6 b	0,15 a	0,24	20,3

(a,b) letras no comunes difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según test de Dúncan.

Según Martínez, 2007; los daños ocasionados por estos patógenos a los minitubérculos de papa se extienden desde la plantación, hasta que son utilizados como semilla en próximas cosechas (tabla 3). En el caso de la *Erwinia spp.* Provoca pudriciones tanto húmedas como secas; la primera provoca pudrición en tubérculos tanto en campo como en el almacenamiento. La humedad en el suelo elevada facilita la penetración de esta bacteria así también durante el almacenamiento la elevada humedad e insuficiente circulación del aire facilita su penetración y afectaciones de los tubérculos.

En el caso del ataque por *Fusarium spp.* provoca fusariosis o marchitamiento de la planta y los síntomas pueden aparecer en cualquier fase fenológica del cultivo, siempre que se presenten condiciones favorables (Rovesti y Santos 2007).

Así también Martínez y col, 2007 plantean como otro efecto nocivo importante el producido por *Rhizoctonia* ocasionada por *Thanatephorus cucumeris*, este hongo está ampliamente distribuido en los suelos de Cuba los mayores daños son ocasionados en suelos húmedos y durante periodos de temperaturas no muy elevadas provocando sobre los tubérculos pequeñas costras de color oscuro y de unos milímetros de diámetro estos son esclerocios, que por lo general no se remueven con el lavado la enfermedad puede manifestarse en distintas formas según el órgano afectado y en distintos momentos del cultivo; para esta afectación se recomienda cosechar los tubérculos lo más pronto posible y no sembrar semillas infestadas.

También plantean estar alertas frente al ataque de vectores que provocan luego la penetración de virus como el X,Y, X-Y; que afectan los tubérculos de papa durante la fase de campo y pasan luego afectados a la conservación infectando a los sanos en las cámaras durante el periodo de almacenamiento.

Se obtuvieron menor número de Minitubérculos afectados por microorganismos en los provenientes de casa de cultivo con zeolita como sustrato, demostrándose las bondades de este fertilizante inorgánico.

5.2 Influencia del sustrato inorgánico zeolita en la conservación de los tubérculos de papa.

5.2.1 Efecto de la zeolita en la calidad de la conservación en frigorífico de los minitubérculos de papa obtenidos en la casa de cultivo.

Tabla 4. Evaluación de Indicadores de calidad en el primer mes de conservación de tubérculos semilla de papa, producidos en casa de cultivo con sustrato zeolita.

Tratamientos	Contenido de almidón (%)	Materia seca (%)	Pérdida de peso (g)
1) Minitubérculos producidos en campo	14, 60 a	19, 98 b	8, 08 b
2) Minitubérculos obtenidos en la casa de cultivo zeolita cargada	14, 43	25, 92 a	1, 45 a
<i>Error Estándar.</i>	<i>0,22</i>	<i>1,35</i>	<i>0.68</i>
<i>C.V %</i>	<i>7,34</i>	<i>14,8</i>	<i>14,3</i>

(a,b) letras no comunes difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según test de Dúncan.

Como se puede apreciar en la tabla 4, el mayor porcentaje de almidón corresponde a los tubérculos de campo aunque no difiere estadísticamente de los tubérculos obtenidos en la casa de cultivo. El porcentaje de materia seca superior de los tubérculos obtenidos en la casa de cultivo con zeolita y las menores pérdidas de peso de estos, al mes de almacenados; presentan diferencias significativas sobre los tubérculos obtenidos de la plantación en campo.

Los mejores indicadores de calidad durante el primer de conservación se observaron en los minitubérculos de papa producidos en casa de cultivo con zeolita como sustrato, demostrando la calidad de la semilla para su posterior utilización.

Tabla 5. Influencia de las enfermedades y peso de minitubérculos a los cuatro meses de conservación.

Tratamientos	Porcentaje de almidón (%)	Materia seca (%)	Pérdida de peso de los tubérculos (g)	Tubérculos enfermos (%)
1 - Campo	11, 84 b	17, 35 b	18,2 b	2.9 b
2 -Casa de cultivo zeolita cargada	13, 24 a	18, 03 a	3,25 a	0 a
<i>Error Estándar.</i>	0,23	0,82	2,43	0,22
C.V %	7,40	17,24	29,6	7,34

(a,b) letras no comunes difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según test de Dúncan.

Tabla 6. Evaluación de Indicadores de calidad a los ocho meses de almacenamiento de tubérculos semilla de papa producidos en casa de cultivo con sustrato zeolita cargada.

Tratamientos	Contenido de almidón (%)	Materia seca (%)	Pérdida de peso (g)	Pérdidas de tubérculos (%)
1) Minitubérculos producidos en campo	10, 32 b	15, 47 b	32,6 b	4.7 b
2) Minitubérculos obtenidos en la casa de cultivo	12, 89 a	19, 71 a	8,41 a	1.4 a
<i>Error Estándar.</i>	0,19	1,68	4,05	0,16
C.V %	11,83	19,2	19.72	18.64

(a,b) letras no comunes difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según test de Dúncan.

En las tablas 5 y 6 se observan el comportamiento de cada uno de los tratamientos evaluados en el trabajo durante las etapas evaluadas en la conservación de los minitubérculos de papa. Un excelente drenaje, facilidad de laboreo y manipulación, son condiciones del sustrato inorgánico zeolita, descritas por estos autores; como indispensables para lograr bajas afectaciones por microorganismos y daños mecánicos de los minitubérculos en la cosecha y poscosecha. Existió incremento de las variables porcentaje de tubérculos enfermos a los cuatro y ocho meses de la conservación en los minitubérculos obtenidos en casas de cultivo con zeolita, indistintamente ocurre con las variables peso de tubérculos después de la conservación a los

cuatro y ocho meses de la misma en los tubérculos de campo, cuyos altos valores demuestran su susceptibilidad a otras afectaciones como las enfermedades producidas por los diferentes microorganismos patógenos (tabla 5) donde se alcanzó mayor calidad en la conservación. Este comportamiento responde al efecto que provoca la zeolita en la calidad y desarrollo de las plantas cuando se utiliza como sustrato. Según (Agramonte, 2000) el empleo de la zeolita permite un mayor aprovechamiento de los nutrientes por la plántula favoreciendo su desarrollo integral.

Escurra y Pérez (1989) plantean; que el uso de la zeolita mejora las propiedades físicas del medio, permite una mejor absorción de los nutrientes y el agua por las plantas y como consecuencia los procesos fisiológicos repercuten en un mayor y más rápido crecimiento.

De esta manera se demostró la calidad superior que manifiestan los minitubérculos obtenidos en la casa de cultivo sobre los de campo permitió un comportamiento uniforme de este indicador durante la conservación.

Las diferencias en los indicadores de conservación de los minitubérculos de papa observadas en el primer mes, se acentuaron a los cuatro y ocho meses de conservación. En este caso se encontraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas (Tabla 5 y 6). El porcentaje de almidón, a diferencia del inicio de la conservación también mostró diferencias favorables a los tubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita.

El porcentaje de almidón en los minitubérculos y tubérculos de campo disminuyeron significativamente en los primeros cuatro meses y posteriormente estabilizó sus valores sin diferencias estadísticas hasta los 8 meses de conservación (figura 1).

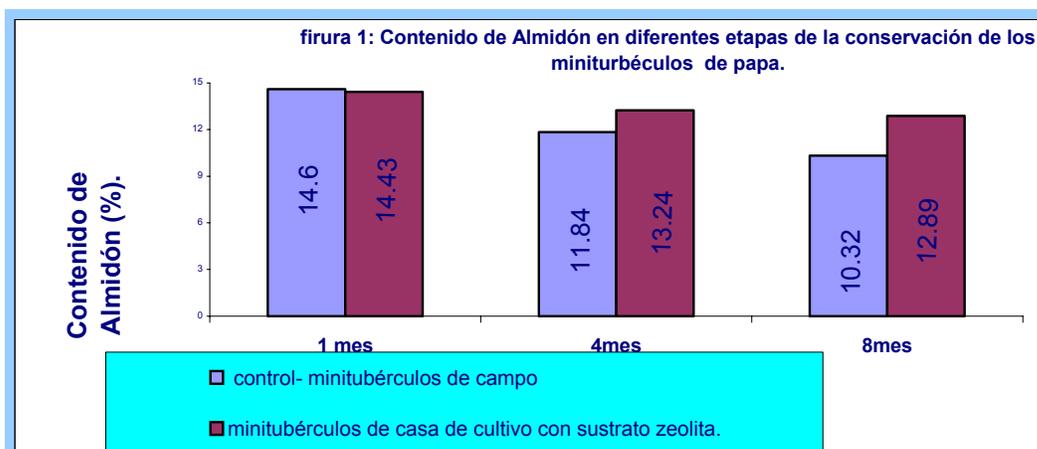


Figura 1: Contenido de almidón de los minitubérculos semilla biotecnológica de papa al inicio, cuatro y ocho meses de conservación.

La Materia seca por su parte, tuvo un comportamiento uniforme resultando superior en los resultados el tratamiento correspondiente a los minitubérculos de casa de cultivo respecto a los minitubérculos obtenidos en campo durante todos los momentos de evaluaciones correspondientes (figura 2).

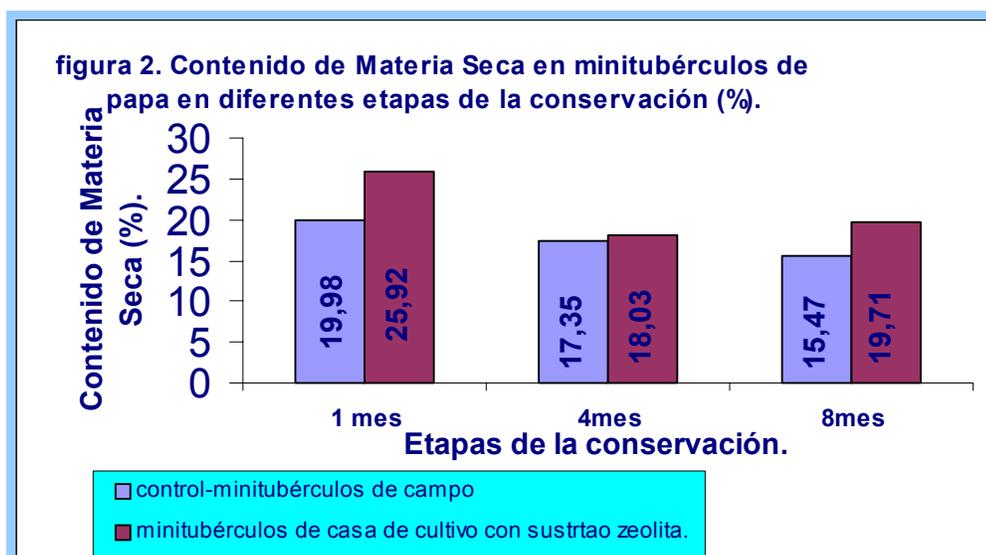


Figura 2: Evaluación de la materia seca de los minitubérculos semilla biotecnológica de papa al inicio, cuatro y ocho meses de conservación.

En la figura 2, se aprecia que en el caso de los minitubérculos no existen diferencias significativas en los cuatro meses de conservación, en comparación con los tubérculos de campo. A los ocho meses de conservación los minitubérculos presentaron mayor porcentaje de materia seca que los tubérculos de campo lo que indica una mayor conversión durante su proceso de producción en la casa de cultivo. A diferencia de los tubérculos de campo que alcanzan menores valores de materia seca. Estos resultados de la materia seca y almidón en los tubérculos influyen en las características de la conservación de cada uno de estas variantes de semilla. Mayea año 1996 señala que la conservación depende en gran medida de la calidad de los tubérculos a su vez esta se logra de acuerdo a la atención y manipulación durante el proceso de producción.

Según Jiménez 2000, el uso de la zeolita como sustrato produce endurecimiento de la piel de los tubérculos, lo cual impide la deshidratación y la penetración de microorganismos contaminantes en condiciones de alta humedad relativa.

La poca variación de los contenidos de materia seca, almidón y peso de los tubérculos procedentes de la casa de cultivo con zeolita durante el período de conservación evidencian que la zeolita mejora la calidad de los tubérculos obtenidos con este sustrato inorgánico. En estudios realizados por Mayea (1996), plantea que durante el almacenamiento de los tubérculos de papa, su peso está directamente relacionado con altos contenidos de materia seca, en proporción adecuada con los azúcares y el almidón. Estas características condicionan la calidad de los tubérculos y la susceptibilidad de los mismos al ataque de microorganismos en condiciones de alta humedad relativa en el almacenamiento en los frigoríficos.

Muñiz 1999, mejoró la calidad de los tubérculos cultivados en campo al aplicar dosis elevadas de zeolita en un suelo pardo con carbonato. Los tubérculos alcanzaron mayor presentaron menores afectaciones por microorganismos y mayor rendimiento.

Mayea1996, refiere además que la conservación de tubérculos de papa influyen diferentes factores como el envase en sacos y la manipulación de los mismos desde el momento de la cosecha, estiba, traslado y condiciones de almacenamiento. Estas condiciones pueden ocasionar múltiples daños a los tubérculos tanto en centros de acopio como en los frigoríficos.

Se demostró el efecto de la zeolita aumentando la calidad de los minitubérculos que poseen una mejor conservación, también alcanzan los mejores resultados en estas variables de calidad, en el caso de los minitubérculos de papa obtenidos en casa de cultivo con zeolita como sustrato.

5.2.2 Influencia de la zeolita en la conservación de los tubérculos de papa a medio ambiente semicontrolado con ventilación natural y oscuridad.

Tabla 7. Indicadores de la calidad en la conservación a los cuatro meses de almacenamiento con aplicación de zeolita natural en polvo a los tubérculos en ambiente natural sin refrigeración.

Tratamientos	Contenido de almidón (%)	Materia seca (%)	Perdida de peso tubérculos (%)	Pérdidas de tubérculos (%)
1) Minitubérculos casa de cultivo zeolita + aplicación zeolita en polvo	12.18 a	15.79 a	11.52 a	1.7 a
2) Minitubérculos casa de cultivo zeolita <u>sin</u> aplicación de zeolita en polvo	12.09 a	15.43 a	12.09 a	1.8 a
3) Minitubérculos campo + aplicación de zeolita en polvo	11.21 a	14.86 a	14.53 a	3.7 b
4) Minitubérculos campo <u>sin</u> aplicación de zeolita en polvo	9.02 b	11.27 b	21.37 b	14.9 c
<i>Error estandar</i>	<i>0.004</i>	<i>0.06</i>	<i>1.06</i>	<i>1.47</i>
<i>Coefficiente variación (%)</i>	<i>12.5</i>	<i>16.9</i>	<i>21.4</i>	<i>11.9</i>

(a,b,c) letras no comunes difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según test de Dúncan.

Los valores de porcentaje de almidón, materia seca, pérdida de peso y porcentaje de pérdidas de tubérculos en el almacenamiento bajo condiciones de ambiente natural sin refrigeración muestran valores similares sin diferencias entre ellos para los tubérculos procedentes de la casa de cultivo con zeolita y los tubérculos de campo que recibieron tratamiento con aplicación de zeolita en polvo.

Estos resultados demuestran la influencia positiva de la zeolita en la calidad de los tubérculos producidos en este sustrato y su efecto para favorecer la invariabilidad de estos indicadores en la conservación.

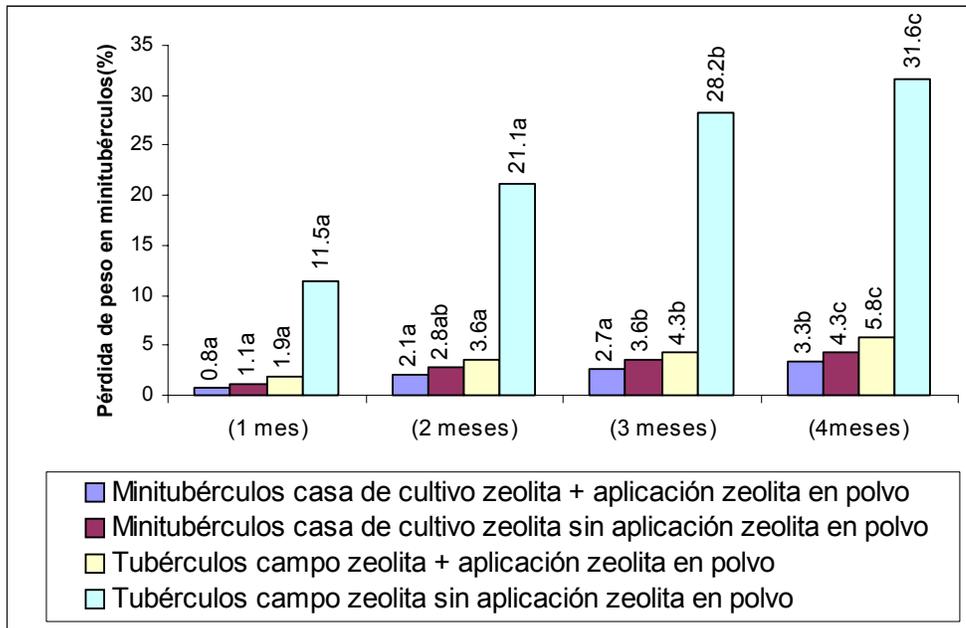


Figura 3. Efecto de la zeolita pérdida de peso en ambiente natural sin refrigeración.

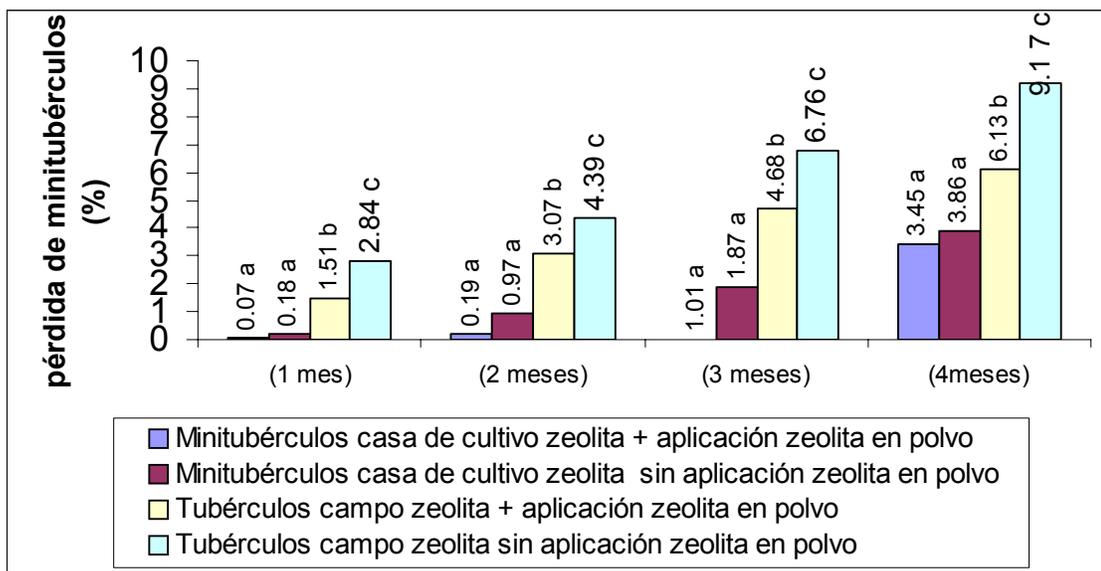


Figura 4. Efecto de la zeolita natural en polvo en el porcentaje de pérdidas de tubérculos almacenados en ambiente natural sin refrigeración.

En las figuras 3 y 4 se aprecia que los tubérculos de campo con aplicación de zeolita y los tubérculos procedentes de la casa de cultivo con o sin aplicación de zeolita en polvo, no presentan diferencias entre ellos en los dos primeros meses, en cuanto a la pérdida de peso y el porcentaje de pérdidas de

tubérculos. A partir del segundo mes, se obtienen valores diferentes de estas variables con significación estadística favorable al tratamiento de minitubérculos casa de cultivo + aplicación de zeolita en polvo; aunque este tratamiento no difiere de los minitubérculos que no recibieron aplicación de zeolita en polvo. Este resultado evidencia que la zeolita tiene un efecto positivo marcado en la capacidad de conservación de los tubérculos tanto los producidos en campo, a los cuales mejora sus propiedades como los producidos en la casa de cultivo. Existen diferencias en el tiempo de conservación a medio ambiente natural sin refrigeración favorable a los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con en este sustrato.

Se demostró mayor resistencia de los minitubérculos obtenidos con sustrato zeolita a las condiciones adversas de conservación, altas temperaturas y elevada humedad relativa ambiental.

5.3. Evaluación del rendimiento en campo de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita cargada.

(Kowalski B, Jimenez F, Jomarrón I, Agramonte D (2006)) destaca que los minitubérculos de papa obtenidos en casa de cultivo con zeolita como sustrato ofrecen mayores posibilidades en cuanto a la manipulación y agrotécnica de cultivo; alcanzan mayor supervivencia en campo y como consecuencia logran mayores rendimientos.

Tabla 8. Rendimiento y afectaciones de los minitubérculos de papa en el campo después de la conservación.

Tratamientos	Supervivencia (%)	Número de tubérculos por planta (u)	Peso de tubérculos por planta. (g)	Afectaciones por microorganismos (%)
1) Campo	92,2 b	7,05 b	715,45 b	8,6 b
2) Casa de cultivo zeolita	95,1 a	8,86 a	726,92 a	3,7 a
<i>Error Estándar.</i>	<i>0,21</i>	<i>0,10</i>	<i>4,98</i>	<i>0,25</i>
C.V.	21.46	17.38	19.84	24.15

(a,b) letras no comunes difieren estadísticamente para $p < 0,05$ según test de Dúncan.

El rendimiento de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo después de su conservación en frigorífico fue superior al de los minitubérculos obtenidos de la plantación de vitroplantas en el campo. Presentaron menor porcentaje de afectación (tabla 8). permitieron evaluar las distintas variables analizadas demostrando la superioridad en los resultados obtenidos de los minitubérculos producidos en casas de cultivo con zeolita como sustrato en cuanto: al porcentaje de superioridad, número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta y porcentaje de tubérculos afectados a los noventa días de la poscosecha; respecto a los obtenidos en campos comerciales lo cual se justifica en la utilización de la zeolita como sustrato ejerciendo una influencia positiva en la obtención de tubérculos sanos, así se observa en las figuras 5 y 6 respectivamente haciéndose visible la marcada diferencia que existe entre los mini tubérculos obtenidos en casas de cultivo con zeolita y los obtenidos en campos comerciales a partir de vitroplantas.

El análisis demostró que los Minitubérculos producidos en casa de cultivo con zeolita son superiores en cuanto a rendimiento menor % de infestación por microorganismos.

Pérez 1998; plantea que la zeolita que es capaz de captar los elementos necesarios para la planta y cederlos lentamente así como incrementar la capacidad de intercambio catiónico del sustrato formado, revirtiéndose luego en favorecer el desarrollo y calidad del producto cosechado.

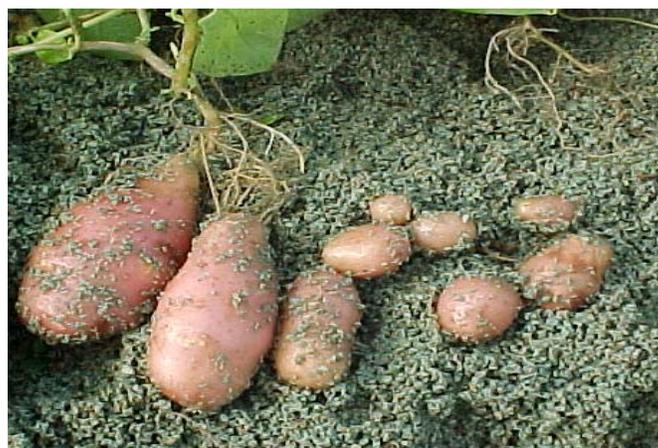


Figura 5: Minitubérculos obtenidos en la casa de cultivo.



Figura 6: Tubérculos producidos en campo a partir de vitroplantas.

Jiménez, (2000) plantea que; los minitubérculos presentan resultados superiores en los indicadores de supervivencia y peso de los tubérculos por planta con diferencias significativas sobre las vitroplantas respectivamente. Las variables evaluadas presentan diferencias estadísticas significativas de los minitubérculos sobre las vitroplantas tanto para la supervivencia, número y peso de minitubérculos por planta. Los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita cargada constituyen una alternativa de producción de semilla biotecnológica de papa con calidad. Los minitubérculos presentan como principales ventajas al compararlos con las vitroplantas que son llevadas a condiciones de campo, mayor uniformidad en su tamaño y repercusión en el posterior rendimiento por planta y altos porcentajes de supervivencia.

En la figura 7 se describe el esquema de producción de semilla biotecnológica de papa con la alternativa de plantación de las vitroplantas en la casa de cultivo con sustrato zeolita cargada. En la tecnología anterior como señala Agramonte (2000) se trasladaban las vitroplantas y minitubérculos a campo, lo que ocasionaba significativas pérdidas en el rendimiento. A través de esta investigación se comprobó el efecto de la zeolita cargada en el incremento de la calidad de los minitubérculos de papa que son producidos en la casa de cultivo así como la eficiencia en la conservación para lograr elevados rendimientos posteriormente en el campo, por tanto con esta nueva tecnología se da solución a la problemática planteada en la introducción de la tesis. En el

gráfico se destaca la plantación en casa de cultivo con sustrato zeolita cargada (A) y la conservación en frigorífico (B).

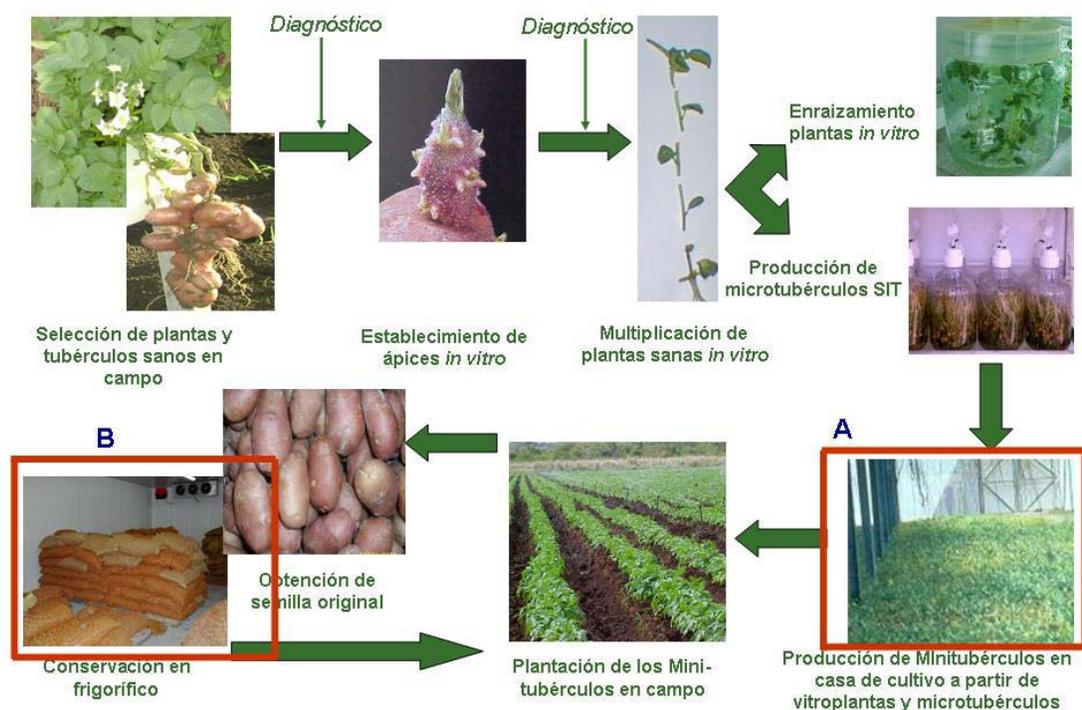


Figura 7. Esquema para la producción de semilla de papa con el empleo de plantas *in vitro*.

5.4. Valoración económica.

En la tabla 9 aparecen reflejados los valores de los indicadores de la tecnología de producción de semilla biotecnológica de papa según Agramonte (2000).

Tabla 9. Indicadores económicos de la tecnología de producción de semilla biotecnológica de papa.

Indicadores económicos	Costo unitario (\$)
Tubérculos semilla en campo obtenido a partir de vitroplantas.	0.03139
Mini tubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita a partir de vitroplantas.	0.02728
Precio de venta de la semilla biotecnológica de papa	0.14
Zeolita con granulometría menor de 4mm. (\$/Ton)	40.00
Almacenamiento en frigorífico IBP (\$/área total- 1020 m ³)	64.80
Costo de conservación de los tubérculos papa para consumo en frigorífico por área en m ³ (\$)	0.0635294

Los valores del costo unitario de tubérculos producidos por métodos biotecnológicos presentan diferencias significativas con un costo inferior favorable a la producción en casa de cultivo con sustrato zeolita. Jiménez (2000) señala que los tubérculos semilla a partir de vitroplantas plantadas en campo presentan costos superiores a los minitubérculos producidos en casa de cultivo; debido principalmente a menores requerimientos de fuerza de trabajo, menor área de producción y se eliminan o reducen los costos de transportación.

5.4.1 Conservación de los tubérculos producidos en casa de cultivo con sustrato de zeolita 100% en condiciones de frigorífico:

El costo unitario de la conservación de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita es menor significativamente al costo de la conservación de los tubérculos que se producen en campo. Las diferencias de los indicadores para cada una de las alternativas de semilla biotecnológica determinan el costo unitario calculado para la conservación, de forma particular tienen especial influencia las menores pérdidas de tubérculos y mayor capacidad de almacenamiento de los tubérculos así como la calidad de los mismos para la conservación (tabla 10).

Tabla 10. Balance de gastos de la conservación de los tubérculos producidos por métodos biotecnológicos en casa de cultivo con sustrato zeolita.

Indicadores	Tubérculos producidos en campo	Tubérculos producidos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100%.
Salarios	406.90	52.08
Depreciación	312.25	62.45
Amortización	948.60	948.60
Energía eléctrica	3 284.20	3 284.20
Combustible	268.75	45.32
Recursos materiales	114.62	83.29
% de Pérdidas	26.1	1.4
Volumen de almacenamiento	2 140 000 tubérculos / 1020 m ³	6 470 000 tubérculos / 1020 m ³
Calidad de la conservación (%)	71.6	90.3
Costo unitario conservación	0.004598	0.001642

(\$/tubérculo)		
Efecto económico	9839.72	10623.74

5.4.2 Aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de los tubérculos en el frigorífico.

Tabla 11. Efecto económico de la zeolita en la conservación de los tubérculos semilla de papa en el frigorífico del IBP.

Indicadores económicos	Tubérculos producidos en campo	Tubérculos producidos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100%.
Costo de la zeolita en polvo \$ (\$ 350.00/Ton)	-	452.90
Volumen de conservación (u)	2 140 000 tubérculos	6 470 000 tubérculos
Gastos de zeolita en polvo (Kg)	428	1294
Precio de venta de la semilla	0.14	0.14
Costo unitario conservación (\$/tubérculo)	0.004598	0.001642
Eficiencia (%)	-	24.7%,
Efecto económico	-	\$ 12 800. 00

En el cálculo del efecto económico de la aplicación de zeolita en polvo a los tubérculos para su conservación se analizaron algunos indicadores referidos anteriormente (tabla 11) como el volumen de almacenamiento en el frigorífico del IBP, el periodo de conservación (8 meses) y la eficiencia que se logra con este método. El efecto económico de la utilización de la zeolita en polvo en la conservación de la semilla biotecnológica de papa es superior al de los tubérculos de campo, en este caso se logra la acción protectora inicial de la zeolita como sustrato durante la producción en la casa de cultivo y posteriormente en la conservación, lo que garantiza menores pérdidas de tubérculos y mayor calidad en la conservación, caracterizada por mantener parámetros fisiológicos como el porcentaje de almidón, materia seca y el peso de los tubérculos.

5.4.3. Aplicación de zeolita natural en polvo para la conservación de tubérculos en ambiente semicontrolado con ventilación natural y oscuridad.

En este análisis económico, independientemente de las diferencias en el volumen de conservación en tubérculos producidos en la casa de cultivo. Estos efectos económicos para cada tecnología son el resultado del análisis económico comparativo de la conservación a medio ambiente natural y la conservación en condiciones del frigorífico del IBP para un mismo volumen de almacenamiento de semilla (Tabla 12).

Tabla 12. Efecto económico de la aplicación de zeolita en polvo para la conservación de tubérculos en ambiente natural sin refrigeración.

Indicadores económicos	Tubérculos producidos en campo	MiniTubérculos producidos en la casa de cultivo
Volumen de almacenamiento	2 140 000	6 470 000
Periodo de conservación	2 meses	2 meses
Ahorro energía eléctrica	821.05	821.05
Valor monetario de las pérdidas de tubérculos (\$) (2% de diferencia)	11 085.20	5 093.20
Gastos de zeolita Kg (dosis: 0.2g. tubérculo ⁻¹)	428	1294
Costos de zeolita en polvo (\$350.00/Ton)	149.80	452.90
Salarios	2500.00	1875.00
Recursos materiales	278.35	169.42
Ahorro total de conservación (\$)	14 013.35	7 590.52
Efecto económico (\$)	4173.63	10 246.45

El efecto económico de la aplicación de zeolita en polvo para la conservación de los tubérculos semilla de papa con oscuridad y ventilación en ambiente natural es superior en los tubérculos producidos en la casa de cultivo que en los tubérculos obtenidos de la plantación en campo. Estos resultados están en correspondencia con los referidos anteriormente para esta nueva tecnología (Tabla 12).

5.4.4 Efecto económico total del uso de zeolita en la conservación de los tubérculos semilla biotecnológica de papa.

Tabla 13. Cálculo del efecto económico total de la conservación de tubérculos semilla biotecnológica de papa.

<i>Indicadores</i>	Tecnología tubérculos producidos en campo	Mini-tubérculos obtenidos en casa de cultivo
Efecto económico 1	9839.72	10623.74
Efecto económico 2	-	12 800. 00
Efecto económico 3	4173.63	10 246.45
Efecto económico subtotal	14 013.35	33 670.19
Efecto económico total	19 656.84	

El efecto económico total de la conservación de minitubérculos de papa producidos en la casa de cultivo, con aplicación de zeolita en polvo para la conservación en frigorífico y conservación durante dos meses en ambiente natural a oscuridad y con ventilación alcanza un valor significativo (Tabla 13). La conservación de los tubérculos de papa en frigoríficos en un proceso costoso; estos aportes garantizan un ahorro significativo por este concepto y para estos volúmenes de semilla. De forma general la aplicación de estos resultados a la conservación de la papa de consumo en todo el país alcanza valores muy superiores desde el punto de vista económico y cualitativo.

CONCLUSIONES

1. Se demostró el efecto positivo de la zeolita cargada como sustrato en el incremento de la calidad de los minitubérculos cosechados en la casa de cultivo, disminuyeron las afectaciones por microorganismos y se alcanzó mayor rendimiento de los minitubérculos de papa producidos con este sustrato inorgánico.
2. La zeolita disminuyó las pérdidas y mejoró la calidad de los minitubérculos durante la conservación en frigorífico y ambiente natural semicontrolado.
3. La zeolita natural en polvo mejoró la calidad de la conservación de los minitubérculos de papa en frigorífico y en ambiente natural semicontrolado.
4. Los minitubérculos de papa producidos en casas de cultivo con sustrato zeolita lograron mayor supervivencia y rendimiento en campo que los minitubérculos obtenidos a partir de la plantación de vitroplantas en campo.
5. Se logró un ahorro económico significativo con la introducción de la alternativa de producción de minitubérculos de papa en casa de cultivo con sustrato zeolita cargada.

RECOMENDACIONES

1. Repetir la evaluación de los resultados de poscosecha y conservación de minitubérculos en próximas campañas del programa de producción de semilla biotecnológica de papa.
2. Estudiar el rendimiento en campo de los minitubérculos obtenidos en la casa de cultivos con sustrato zeolita cargada después de la conservación con aplicación de zeolita en polvo.
3. Aplicar los resultados de la producción de minitubérculos de papa en casa de cultivo con sustrato zeolita cargada con el objetivo de obtener los minitubérculos de alta calidad comercial para sustituir las importaciones de este tubérculo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Altieri M,A. 1995 El estado del arte de la agricultura y su contribucion al desarrollo rural en America Latina. CLADES, Universidad de California.
2. Arehart. Ch, 2009. Potato Storage and Processing (<http://www.sunspiced.com/pstorage.html>)
3. Alvarado L.F. 1984. Fisiología de la semilla. En curso de producción y Almacenamiento de se semilla de papa. Ipiales.
4. Almekinders C. 2001(23-27 de Septiembre),. FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE SEMILLAS DE LOS AGRICULTORES Y EL RETO DE LA COLABORACIÓN. Documento presentado a PREDUZA Conferencia Internacional sobre futuras estrategias para implementar el mejoramiento participativo en los Cultivos de las zonas alta en la región Andina, Quito, Ecuador1
5. Barrios, G, S.2007. Manual Práctico de papa (*Solanum tuberosum* L.) .
6. Cacace y Huarte, 1996. Software for the Control of Potato Storage Environment(<http://www.agrenv.mcgill.ca/agreng/staff/landry/Research/Software.htm>)
7. Cenda, V. 2007. Zeolite Agriculture. La Haya. Brasil
8. Corominas, E. 1991. Experiencia comparativa de distintos sustratos para cultivos hortícolas bajo invernadero. Revista Agrícola Vergel. España. Nº. 141. P 492-501.
9. Cairo, P. 1992. Uso de la zeolita natural como fertilizante y mejorador de suelos de mal drenaje, dedicado a la caña de azúcar. VII Seminario Científico, INCA. I Taller Internacional sobre fertilización de los trópicos. Libro de resúmenes Cuba.
10. Dr. Funes A.F. 2007. Agroecología, Agricultura Orgánica y Sostenibilidad. ACTAF.
11. DE LA TORRE, M.L. 2000. Aplicación experimental de zeolita cubana y lodos procedentes de depuradora al cultivo del fresón. Reducción de costes y beneficio medioambiental. Tesis Doctoral. Ined.

-
12. DE LA TORRE SÁNCHEZ, María Luisa; GRANDE GIL, José Antonio y SAINZ SILVÁN, Alfredo. 2000. APLICACIÓN DE ZEOLITA EN ROCAS DETRÍTICAS PARA LA REDUCCIÓN DEL TRÁNSITO DE NUTRIENTES HACIA ZONA SATURADA. Grupo de Recursos y Calidad del Agua. Universidad de Huelva, E-21819 Palos de la Frontera. Huelva, SPAIN. DE LA TORRE, M.L.: E-Mail mltorre@uhu.es.
 13. ENCICLOPEDIA ENCARAT 2006. PATATA.
 14. Ecurra, L.; Pérez, C. 1989. La zeolita el mineral del siglo. Folleto. 25 p.
 15. Estrada, R., P. Trovar y J. Dodds, 2000. Induction of in vitro tuber in broad range of potato genotypes. pp 102-108. INIAP.
 16. Rattan, L. 2008. FAO, y PNUMA directrices para el control de plagas.
 17. Friedrich T FAO, 2008 -www.potato2008.org
 18. Fernández L. J. 2002. Universidad de Belgrano. Análisis de la Cadena de Valor del Sistema de Producción-Comercialización de Papa para consumo fresco
 19. Fernández L.J. Septiembre 2006. Sostenibilidad Gestión Ambiental.
 20. GRANDE, J.A. 1995. Contaminación de aguas subterráneas en el sector costero occidental de Huelva. Serv. Pub. Univ. Huelva.
 21. GRANDE, J.A.; CARMONA, P.; GONZALEZ, A.; DE LA TORRE, M.L. 1995a. Aplicación de sustratos edafológicos minerales como medida de protección ambiental en cultivos intensivos sobre zonas de recarga de acuíferos. In: Gonzalo, J.M., Antigüedad, I. (Eds.). Avances en la Investigación en Zona No Saturada. Serv. Pub. Gobierno Vasco. Vitoria. 381-395.
 22. GRANDE, J.A.; CARMONA, P.; GONZALEZ, A.; DE LA TORRE, M.L. 1995b. *Aplicación de zeolita en rocas detríticas para la reducción del tránsito de nutrientes hacia zona saturada*. Experiencia con zeolitas en cultivos de fresón. Análisis factorial de los datos de una parcela experimental en Lepe (Huelva). In: Gonzalo, J.M., Antigüedad, I. (Eds.). Avances en la Investigación en Zona No Saturada. Serv. Pub. Gobierno Vasco. Vitoria. 373-3808.

-
24. Hector M. Coraspe León. 1997. LA CALIDAD DEL TUBÉRCULO DE PAPA. Investigador. FONAIAP - Estación Experimental Trujillo, Pampanito, estado Trujillo.
25. Huang, Z.T, Petrovic, A.M. 1994. Clinoptilolite zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated and based golf greens. J. Environ. Qual. 23 (6), 1190-1194.
26. I. A. E. A. 1990. Use of nuclear technics in studies of soil – plant Relationships. Tcs N° 2 Austria. – 223 p I.
27. Jiménez, F. y col. 1998. Instructivo técnico para la aclimatización de vitroplantas. IBP. Consejo científico anual.
28. Jiménez, F.A. T. 2000. Tecnología para la fase de aclimatización de vitroplantas.
29. Jiménez F. A. T, Agramonte D. P., Juan N. Pérez Ponce, Daymi Ramírez Aguilar, Martha Pérez Peralta, Odalys Gutiérrez Martínez, Orel Pérez Rodríguez, Miladys León Quintana, Bárbara Martínez Ramírez. 2003. Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV.
30. John, C. ; G. del Vallin; V. Marrero; O. Muñiz; R. Beltrán; J. Sotolongo; R. Gil; N. Delgado y D. Chong 1998. Generalización del empleo de la zeolita , como aditivo de la urea en cultivos de importancia económica. Producción de cultivos en condiciones tropicales. I S D N 959- 7111- 04- 7, Pag 193-195.
31. Kowalski, B, Jimenez, F. Jomarrón I, Agramonte D. 2006. Producción de tubérculos de papa por métodos biotecnológicos.
32. Lehman A, 2009. Postharvest Quality Management of Potato Following Systems Approach (<http://www.agrenv.mcgill.ca/agreng/staff/landry/Research/Respiration/management.htm>)
33. Machado, J y col. 1989. Evaluación del efecto del riego con agua de residuales del CAI Hermanos Ameijeiras sobre algunas características químicas de un pardo sin carbonato. Taller Provincial de estudio y aplicación de Zeolita. Resúmenes. Facultad Ciencias Agropecuarias.

UCLA.

34. Martínez, E.G. Barrios, G.S. Rovesti.L. Santos, R. P. Col. 2007. Manejo Integrado de Plagas. Manual practico. Papa (solanum tuberosum.L.). Centro Nacional de Sanidad Vegetal de Cuba. Pp. 251-268.
35. Mayea S. Dr. 1996.Informe al PCC..
36. Manso, F. 2004. La producción de papa en Cuba. Pag. 25.
37. Muñiz. O. ; G. Dueñas; A. Nuviola; M. Biart; R. Beltran; C. John; T. Sánchez y F. C. Álvarez 1999. Use of isotope techniques in order to evaluate .
38. Potes, 2000. Geocuba, Investigación y consultoría. Calle 4 #304 esq. a 4. Playa, Ciudad Habana, Cuba .E-mail:claramj@geocuba.cu
39. Pérez, P.J., Agramonte, D., Jiménez, F.A., y colaboradores.1998. Informe final del proyecto. Desarrollo y perfeccionamiento de la propagación masiva en las fases III y IV, enraizamiento y adaptación en caña de azúcar, papa, plátanos y bananos, y adaptación de semillas artificiales de caña de azúcar.
40. RODRÍGUEZ, I.; CRESPO, G.; RODRÍGUEZ, M.; AGUILAR, M. 1994. Efecto de diferentes proporciones de excreta-zeolita en el rendimiento.
41. Rovesti, L. Santos R. P. 2007. Manejo Integrado de plagas. Manual práctico. Papa.
42. Shetty K, 2000. Potato storage management for disease control (Univ of Idaho) (<http://www.uidaho.edu/ag/plantdisease/pstore.htm>)
- 43.Sara.2004.Potato storage management (<http://www.jaybird-mfg.com/potato.html>)
- 44.Shetty.K,2003.Potato storage disinfection and sanitation (<http://www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/Disinfec.htm>) Rattan L División de Producción y Protección Vegetal de la FAO en colaboración con el Centro Internacional de la Papa. www.potato 2008.
- 45.Tellería, T. Y R. Jiménez 1989. Cultivos hidropónicos. Elementos tecnológicos. Pp. 78.

-
46. Triana, C. J. ; E. Triana 1992. La zeolita más de cien formas de utilización y aplicación. Ciudad de la Habana: Editorial Ciencia y Técnica. - 95 p.
47. Vázquez .I. Z. 2007. La zeolita el mineral del siglo XX.
- 48 Vázquez. I. Z. 2007. La zeolita , ¿El mineral olvidado?.
<http://idaliavazquez.blogia.com/>
49. Wang, P.J. and C.Y. Hu, 1982. in vitro mass tuberization and virus-free seed potato production in Taiwan. American Potato Journal 59: 33-37
50. Zeledón, R. 1999. Desarrollo sostenible y desarrollo agrario. Agronomía costarricense/ 23 (2): 215-227.
51. KESRAOUI-OUKI, S., CHEESEMAN, C.R., PERRY, R. 1994. Natural zeolite utilisation in pollution control: a review of applications to metals' effluents. J. Chem. Tech. Biotechnol. 59, 121-126.