

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación de Rendimiento en 5 Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.)  
Con Fertilización a Base de Lombricomposta Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

**ISAÍAS AMILCAR GARCÍA MORALES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación de Rendimiento en 5 Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.)  
con Fertilización a Base de Lombricomposta Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

**ISAÍAS AMILCAR GARCÍA MORALES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Enrique Gustavo Charles Cárdenas  
Asesor Principal



Ing. Gerardo Rodríguez Galindo  
Coasesor



M.C. Gibran Alejandro Rojas  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2016

## AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar A **DIOS** todopoderoso por ser quien guía mis pasos día a día, por todas las bendiciones que me ha brindado en el transcurso de mi vida, por estar a mi lado siempre y darme la fuerza necesaria para salir adelante.

A mi **ALMA TERRA MATER** (Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”) por abrirme sus puertas para emprender una trayectoria de conocimientos y superarme en aspectos profesionales y personales.

Al **M.C. Enrique Gustavo Charles Cárdenas** por su apoyo, tiempo, ayuda y amistad para realizar este trabajo de tesis.

Al **Ing. Gerardo Rodríguez Galindo**. Al **M.C. Gibran Alejandro Rojas** por su ayuda, tiempo, Amistad y conocimientos que me brindo en la elaboración de este trabajo de tesis

A todos los profesores que me impartieron clases en el transcurso de mi formación profesional.

### **A mis Amigos.**

Al Ing. Gary Pérez, Royer (Tío Juchi), Jesús (Macario), Alfredo, Osiel (El Dedo), Deudiel (La Viborita), Ever, Bereli, Romy, Yesi, Nancy, Mayda, Seleni, Dany Paola, Pedro Gaby Morales Adalberto (cumsa). **Y a mis Primos (as)** Gama, Yoni, Silvia, Edgar, Lety, Rigo, Lucas, Susy, Mary, Sonia, por sus amistades, entusiasmo, y alegría que pasamos juntos durante mi formación profesional.

A la **Ing. Inés de Jesús Adán** por su apoyo incondicional que forman parte de mi formación profesional.

A la **T.A Martina de la Cruz Casillas** más que una amiga por formar parte de mi formación profesional.

A mis compañeros de la generación CXX de la especialidad de Ingeniero Agrónomo en horticultura.

A mis familiares y vecinos que siempre me apoyaron durante mi formación. **Gracias de todo corazón y que Dios los bendiga.**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico con todo mi amor, respeto, agradecimiento y de manera especial:

**A mis padres.**

**Librado García Velázquez y Ernestina Morales Velázquez**

Por darme la vida y todo el infinito amor para salir adelante. Gracias por creer en mí, por los valores inculcados y haberme guiado y motivado para mi formación personal y profesional, porque sin importar los sacrificios que tuvieran que hacer siempre me incitaron a seguir adelante.

Gracias por darme tanto de todo, hoy que mis estudios profesionales han sido concluidas, les digo que algo me llena de orgullo y siento que el mismo orgullo está dentro de ustedes. **Con Amor, Respeto y Cariño su Hijo Isaías Amílcar.**

**A mis Abuelitos.**

**Balvino García y Valentina Velázquez (+)**

**Y**

**Valerio Morales y Viviana Velázquez**

## **A mis Hermanos**

**Agripina, Blanca, Maydi, Damaris, Deysi, Ing. José Luis, Lic. Dalila, Ervín Daniel, Marcos Librado y Valentina Isela.**

Gracias por sus consejos, ejemplos dignos de superación y entrega, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera mostrándome siempre esa fortaleza y unión de familia, dándome sus apoyo incondicional. **Con Amor, Respeto y Cariño su Hermano Isaías Amílcar.**

## **A mis Tíos**

Ramiro García, Idolina Pérez, Dimas Morales, Albertina Morales.

## **A mis Padrinos**

Néstor Morales y Gloria García

Gracias por haberme apoyado moralmente, por consejos y apoyo incondicional.

A la **Ing. Noelia Trinidad Bartolón Pérez** por su apoyo, ayuda, consejos, motivación que me ha brindado y por todo aquello que perdure en el tiempo, Además de mis **cuñados y sobrinos** (as) por sus alegrías, consejos y convivencia familiar.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS .....	8
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
Objetivo.....	12
Hipótesis.....	12
REVISIÓN DE LITERATURA .....	13
Origen y distribución.....	13
Importancia económica .....	13
Clasificación taxonómica.....	15
Descripción Botánica.....	15
Raíz. ....	15
Tallos .....	16
Hojas.....	16
Tubérculos .....	17
Flor .....	17
Fruto.....	17
Lixiviado de lombriz. ....	17
Requerimiento Edáfico y Climático.....	20
Altitud .....	20
Latitud .....	20
Suelo.....	20
Clima.....	21
Labores culturales .....	21
Preparación de Terreno.....	21
Subsuelo.....	21
Barbecho .....	22
Rastreo.....	22
Nivelación.....	22
Surcado.....	23
Levantamiento de Bordos.....	23
Siembra .....	23

<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>Área de Estudio. ....</b>	<b>24</b>
<b>Descripción de los tratamientos. ....</b>	<b>24</b>
<b>Lixiviado de lombricomposta.....</b>	<b>24</b>
<b>Parámetros Evaluados.....</b>	<b>25</b>
<b>Análisis Estadístico .....</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>34</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de Nutriente del Lixiviado de Lombricomposta.....	19
Cuadro 2. Análisis de Laboratorio de Contenido Hormonal Realizado por GBM, 2005. ....	19
Cuadro 3. Clasificación de Papas.....	26
Cuadro 4. ANOVA ( $P \leq 0.01$ ) para la variable de peso.....	27
Cuadro 5. ANOVA ( $P \leq 0.01$ ) para la variable de Altura.....	29
Cuadro 6. ANOVA ( $P \leq 0.01$ ) para la variable de Numero de Tallos.....	30

## ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Comparación de medias para la variable de peso .....	28
Grafica 2. Comparación de medias para la variable altura de la planta.....	30
Grafica 3. Comparación de medias para la variable Número de Tallos por planta. ....	31
Grafica 4. Clasificación (tamaños) de Papas.....	32

## INTRODUCCIÓN.

El cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L data de los años 2500 a 5000 años A.C. es un cultivo competitivo del trigo y arroz en la dieta alimentaria.

La papa es una especie perteneciente a la familia de las solanáceas originaria de américa del sur y cultivada en todo el mundo por sus tubérculos comestibles. Además es una planta que generalmente tiene un ciclo vegetativo más corto que los cereales como el trigo, maíz y arroz. Es una planta herbácea, vivaz, dicotiledónea, provista de un sistema aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomatosa del cual se originan los tubérculos.

La papa es el cuarto cultivo sembrado en más de 100 países y es el alimento básico de los países desarrollados (en Europa y U.S.A. consumen 75 kg per cápita anual). A nivel mundial, se producen 290 millones de ton. y se cultivan 13.85 millones de ha. La papa contiene proteína de alta calidad (2%) cuenta con todos los aminoácidos esenciales y vitamina C. En Europa a nivel industrial es utilizada en la producción de vodka, whisky, almidón y otras industrias en México la emplean como comidas rápidas (papas a la francesa, chips y hojuelas).

Es un producto que contiene por cada 100 gramos; 78 gr. De humedad; 18.5 gr. de almidón y es rico en potasio (560mg) y vitamina C (20 mg) es un alimento saludable, apetecible y muy nutritivo. Además contiene un elevado porcentaje de agua (17%), es fuente importante de almidón, un hidrato de carbono complejo (18%) y de sustancias minerales como el potasio. Su contenido en proteínas (2.5%), fibra y vitaminas son escasas, destacan las vitaminas B y C en el momento de la recolección pero durante el almacenamiento y la cocción de este alimento, su contenido se ve significativamente reducido.

La lombricomposta es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación. Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas. Produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el trasplante de los mismos. Lombricomposta.html (2005)

La lombricomposta, también conocida como vermicomposta o humus, es un abono 100% natural de excelente calidad, tiene las mejores cualidades y ninguna contraindicación; por lo que es aplicable a cualquier tipo de cultivos. La lombricomposta, es el resultado de la transformación, por medio de la transformación, por medio de la lombriz roja californiana, de los desechos orgánicos y convertidos en humus, de aplicación agropecuaria, en huertos y jardines. Su aplicación es a cultivos intensivos, cultivos extensivos y recuperación de suelos. <http://www.comerciandonluis.com> (citado por Alonso Ruiz 2004).

Los abonos orgánicos que se obtienen son humus líquido y lombricomposta. Que se pueden aplicar en los cultivos libremente ya que con este tipo de abonos es muy difícil causar intoxicación por exceso.

**Objetivo.**

Evaluar el Lixiviado de Lombricomposta en la Etapa de Crecimiento y Rendimiento de 5 Variedades de Papa, Bajo Condiciones de Invernadero.

**Hipótesis.**

La Aplicación de Lixiviados de Lombricomposta favorecerá el crecimiento y Aumentara el Rendimiento de Papa Bajo Condiciones de Invernadero.

Palabras clave; Solanum Tuberosum L., Rendimiento, Lombricomposta, Fertilizantes Organicos.

Correo Electronico; Isaias Amilcar Garcia Morales, [amilcar\\_uaaan@hotmail.com](mailto:amilcar_uaaan@hotmail.com)

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen y distribución

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de la cordillera de los Andes, en el altiplano andino, y puede ser encontrada hasta los 4300 msnm. Se considera que *Solanum tuberosum ssp andigenum* se originó en el sur de Perú, en los límites de Bolivia a partir del complejo *Solanum brevicaulis*, y la *ssp tuberosum* en las tierras bajas de la parte central de Chile (Spooner et al., 2005). En América hay unas 200 especies de papas silvestres, y en el suroeste de Estados Unidos y Centro América, generalmente se encuentran en altitudes que van de medias a altas; mientras que en Sudamérica se localizan a lo largo de los Andes desde Venezuela hasta el noroeste de Argentina y en las tierras bajas de Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay y el sureste de Brasil (Hawkes, 1994). México, Bolivia y el norte de Argentina se consideran centros de diversificación de las papas silvestres (Hawkes, 1990). La mayoría de especies crecen en los Andes, 28 de ellas se desarrollan en México (Spooner et al., 2004), y se localizan en todos los estados, con excepción de Baja California, Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán (Villa-Vázquez y Rodríguez, 2010).

### Importancia económica

La papa se considera un alimento básico y necesario en la dieta del mexicano, debido a su valor energético y nutritivo. Tiene gran importancia económica y social para numerosas familias del campo, para quienes constituye una fuente de trabajo y gracias a nuestra variedad de condiciones climáticas, disponemos todo el año de tubérculos frescos, tanto para el consumo humano como para la siembra; además, tiene una gran demanda en muchos países, por su sabor, fácil digestión y su contenido proteico y de carbohidratos (SAGARPA, 2010).

A nivel mundial se siembran más de 18 millones de hectáreas, por lo que ocupa el cuarto lugar en importancia para la alimentación humana. En México se establecen unas 65,000 ha de papa para consumo, con un rendimiento promedio de 27 ton/ha. y una producción anual de 1, 751,000 ton; mientras que para siembra se establecen alrededor de 194 ha con un rendimiento de 22 ton/ha. y una producción de 3,173 ton. Los estados productores son Sinaloa con el 20% de la superficie, Chihuahua 14%, Sonora 11%, Nuevo León 10%, Guanajuato el 8%; Jalisco, Michoacán, Coahuila y Puebla 5% c/u y otros estados con el 6% (SAGARPA, 2010).

El rendimiento es fluctuante de una región a otra y puede ser de 11 (países africanos) a 37 (Estados Unidos) t-ha-1, y un promedio mundial de 16.6 t-ha-1 (FAOSTAT, 2008). En México se siembran 63,893 ha; 65 % se ubican en condiciones de riego con rendimientos promedio de 29.5 t-ha-1, y 35 % corresponde a condiciones de temporal, cuyos rendimientos promedio son de 16.5 t-ha-1. De la producción total (1, 780,350 t), el 17, 25 y 58 % son destinados para semilla, la industria y consumo en fresco, respectivamente, con 16.2 kg de consumo per cápita. Los principales estados productores son Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Estado de México, Puebla, Nuevo León, Veracruz, Guanajuato y Michoacán (CONPAPA, 2010).

La importancia del cultivo de papa en nuestro país, radica básicamente en dos hechos; por un lado, su alto valor alimenticio, ya que se considera que la papa contiene carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, así como vitamina A, y C y vitamina de complejo b; de igual forma, se considera que bajo las condiciones apropiadas, la papa tiene un contenido mayor de nutrientes que los cereales, de tal forma que le sigue en importancia a la soya, la cual ocupa el primer lugar en cuanto a rendimiento de proteínas vegetales por hectárea.

Por otro lado la importancia se debe a los ingresos que proporciona a sus productores, así como a la cantidad de jornales que genera en las diferentes regiones productoras sobre todo durante el periodo de cosecha.

### **Clasificación taxonómica.**

Existen un gran número de especies de papa, sin embargo la que más se utiliza comercialmente, ha sido la especie *tuberosum*; teniendo la siguiente Clasificación (Cronquist, 1969).

Reino: Plantae

Phylum: Antophyta

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Asteridae

División: Magnoliophyta

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: Tuberosum.

### **Descripción Botánica.**

La papa es una planta anual de tipo herbáceo arbustiva, alcanza una altura entre 40 y 80 cm. Está constituida por las siguientes partes:

#### **Raíz.**

En las plantas provenientes de semilla sexual, la raíz principal es filiforme, a partir de la cual aparecen ramificaciones laterales que forman un sistema fibroso.

La raíz formada a partir de semilla tubérculo es fibrosa, no existe una raíz principal y posee muchas raíces adventicias. Su mayor crecimiento lo desarrolla en los primeros 0.20 m de profundidad, extendiéndose lateralmente de 0.30 hasta 0.60 m.

Las raíces laterales fibrosas pueden llegar hasta 1.20m de profundidad, en suelos francos y profundos.

A partir de los primeros estados de desarrollo, y hasta el momento en que comienza la formación de tubérculos, las raíces presentan un rápido crecimiento. (Smith and Talburt, 1975).

### **Tallos**

Los tallos son de dos tipos: aéreos y subterráneos; los aéreos son angulosos, erguidos, ramosos, velludos, engrosados en los nudos y con ramificaciones no muy desarrolladas. Los tallos subterráneos se componen de estolones aproximadamente del tamaño de un lápiz y crecen lateralmente a una distancia de 2.5 a 10 cm; los tubérculos nacen en la extremidad de los estolones los cuales son cortos gruesos y carnosos. Los estolones nacen de la porción enterrada del tallo aéreo, cuyo extremo se hincha, resultando de ello el tubérculo; desarrollan hojas semejantes a escamas llamadas “cejas”; éstas rodean las yemas llamadas “ojos”, estas yemas son ramas no desarrolladas (Matoms, 1943).

Los tallos son angulares generalmente verdes, aun que pueden ser de color purpúreo; son herbáceos aun cuando en etapas avanzadas de desarrollo la parte inferior puede ser relativamente leñosa.

### **Hojas**

Las hojas son compuestas, con foliolos primarios, secundarios e intercalares. La nerviación de las hojas es reticulada, con una densidad mayor en los nervios y en los bordes del limbo. Las hojas están compuestas por pequeños pelos de diversas tipos los cuales también se encuentran presentes en las demás partes de la planta.

## **Tubérculos**

Tanto los tubérculos como los estolones son tallos laterales modificados. Las raíces y estolones se desarrollan a partir del tallo subterráneo, entre el tubérculo semilla y la superficie del suelo; por lo tanto la unidad de propagación vegetativa debe ser plantada a tal profundidad que le permita una adecuada formación de raíces y estolones.

## **Flor**

La inflorescencia es cimosa; las flores son hermafroditas y tetracíclicas, el cáliz es gamosépalo lobulado, la corola es rotácea pentabulada de color blanco al amarillo pálido, amarillo más fuerte o anaranjado que produce polen a través de un tubo terminal (Montaldo, 1984). El número de flores es variable y depende de la variedad de que se trate.

## **Fruto**

Los frutos maduros son de forma redonda a oval (de 1 a 3 cm o más de diámetro), de color verde amarillento o castaño-rojizo a violeta. Tiene dos lóculos, con 200 a 300 semillas, pero debido a los factores de esterilidad pueden formarse frutos sin semilla (Kuruvadi, 1987).

## **Lixiviado de lombriz.**

El lixiviado de lombricomposta es el producto de un lavado de humus de lombriz, este producto orgánico estimula el crecimiento de las plantas, ya que estos contienen ácidos húmicos y fúlvicos encontrados en las mismas y además son líquidos concentrados, ricos en nitrógeno, hormonas, vitaminas y aminoácidos.

Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo. Son de fácil manejo, ya que puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas; es acumulativo, lo cual se ve reflejado a un mediano plazo, además puede aplicarse en el mismo sistema de riego (Alonso, 2004).

El biodigestado es un compuesto líquido concentrado, natural, inocuo e inodoro, que se obtiene del escurrimiento generado al regar la pila donde se encuentran las lombrices o el proceso de composteo, ya que es necesario mantener dichas pilas a una humedad de 70 a 80%. Además es uno de los pocos fertilizantes ecológicos con gran flora bacteriana (40 a 60 millones de microorganismos por  $\text{cm}^3$ ) capaz de enriquecer y regenerar las tierras, aunque no sustituye totalmente a los nutrientes inorgánicos, su aplicación reduce hasta un 40% la aplicación de fertilizantes inorgánicos (Alonso, 2004).

Mediante análisis de laboratorio de servicios generales. UAAAN (2004) ha determinado que los líquidos de lombricomposta contienen nutrientes elementales y hormonas de crecimiento tal y como se muestra en los siguientes cuadros.

**Cuadro 1. Contenido de Nutriente del Lixiviado de Lombricomposta.**

<b>Elemento</b>	<b>Contenido nutricional</b>
pH	8.1
Conductividad eléctrica	9.0 mmhos/cm
Ácidos húmicos	1.20%
Ácidos fúlvicos	0.90%
Nitrógeno	No se ha evaluado
Fosforo	No se ha evaluado
Potasio	6700 ppm
Calcio	20000 ppm
Magnesio	14000 ppm
Manganeso	0.4 ppm
Fierro	7.8 ppm
Plomo	0.4 ppm
Sodio	30800 ppm
Cobre	0.4 ppm

Fuente: Laboratorio de Servicios Generales. UAAAN (2004)

**Cuadro 2. Análisis de Laboratorio de Contenido Hormonal Realizado por GBM, 2005.**

<b>Producto</b>	<b>ppm</b>		
	<b>Giberelinas</b>	<b>Citocininas</b>	<b>Auxinas</b>
Líquido de composta	.02	5.50	.27
Líquido de lombricomposta	0.002	2.30	0.12

## **Requerimiento Edáfico y Climático**

### **Altitud**

Mainardi (1978), reporta que la papa cultivada prefiere altitudes que oscilan entre 1500 y 2000 msnm, pero que se puede cultivar en muy diversas altitudes debido a la gran diversidad de variedades con que se cuenta.

### **Latitud**

Smith (1975), menciona que la papa en su lugar de origen se desarrolla desde latitudes de 3°N hasta 27°S, pero después de su propagación por el mundo se ha adaptado a zonas templadas como son en países europeos, hasta 60°N.

### **Suelo**

Se encuentra en varios tipos de suelo, aunque prefiere aquellos suelos arenosos, con buen drenaje y una estructura suelta que permita el crecimiento de raíces y tubérculos, aunque también se desarrolla en suelos arcillosos en los cuales requiere abundante materia orgánica. El pH óptimo oscila entre 5.0 y 7.0 y es sensible a suelos compactados, por lo que la profundidad del suelo debe ser mayor a 30 cm, que permita el libre crecimiento de los estolones y tubérculos (Rubio *et al*; 2000).

## **Clima**

La planta es semitolerante al frío, sin embargo, no tolera heladas es decir, temperaturas bajo cero. La temperatura que se considera optima del suelo para una rápida emergencia es de 22 °C (temperaturas altas y/o muy bajas retardan la emergencia). Algunos autores reportan que temperaturas de 16 °C por la noche y 18 °C por el día arrojan los más altos rendimientos y con un contenido más alto de almidón.

## **Labores culturales**

### **Preparación de Terreno.**

La preparación del terreno es una labor que juega un papel crucial en el rendimiento y calidad del producto final que se persigue al establecer un cultivo de papa. Un suelo bien preparado proporciona al nuevo cultivo buenas condiciones de aireación al sistema radicular mismo que estimula un buen desarrollo de la parte aérea de la planta.

### **Subsuelo**

Esta actividad favorece un mejor manejo del suelo, agua, plantas, sales, etc. La profundidad del subsuelo varía entre 60 a 80 cm y debe hacerse para cualquier cultivo cada 2 o 3 años.

## **Barbecho**

Es la practica principal en la preparación de un terreno para siembra por lo cual se considera ineludible para el establecimiento de un cultivo. Cuando el subsueleo no se realiza es posible sustituirlo en muchas ocasiones por un barbecho profundo, siempre que la capa arable del suelo lo permita, pues cuando está muy delgada (30 cm o menos) no debe hacerse muy profundo pues sería contraproducente, ya que se mezclaría la buena tierra con el cascajo, piedras o caliche y en muchas ocasiones es recomendable usar una Rastra. Si con el primer paso de arado el suelo se ve que no quedo suficientemente mullido es necesario dar una segunda pasada de barbecho en Forma cruzada, (Guía Técnica para el Cultivo de Papa, 1997).

## **Rastreo**

El rastreo es igual que el barbecho debe hacerse cruzado si es necesario, en caso de que los terrones no terminen de quedar mullidos con el primer paso de rastra, ya que esta práctica es la que termina de mullir el suelo y lo deja listo para que la niveladora haga bien su trabajo.

## **Nivelación**

Consiste en proporcionar al terreno una superficie plana que nos permita un surcado más uniforme y una distribución del agua de riego. En terrenos con pendientes pronunciadas e irregulares se combina la práctica con la siembra en contorno o se usa la irrigación por aspersión y se procura que la pendiente ideal la lleve el surco y no el terreno, (Guía Técnica para el Cultivo de Papa, 1997).

## **Surcado**

El distanciamiento entre surcos depende mucho de la variedad que se va a sembrar, por ejemplo variedades de porte bajo es recomendable una distancia de 70 a 80 cm entre surcos, y en alturas intermedias y altas 90 cm entre surcos, aunque la distancia común mente usada por la mayoría de los agricultores es de 90 cm entre surco y surco.

## **Levantamiento de Bordos**

Generalmente después de hacerse el surcado se levantan los bordos para el riego o para retener y dar salida al agua de lluvia. Es recomendable el levantamiento de bordos, ya que nos ayuda a evitar perdida de cultivo provocado por la formación de corrientes de agua cuando el terreno tiene pendiente y también nos ayuda a retener el agua cuando son terrenos con cultivo de temporal, (Guía Técnica para el Cultivo de Papa, 1997).

## **Siembra**

La siembra puede hacerse a mano o con máquina sembradora fertilizado, según lo permita el terreno o que se disponga de la maquina sembradora, es recomendable hacerla en tierra venida, es decir se riega antes del surcado y se siembra. La profundidad de la siembra recomendada es de 15 a 20 cm, los tubérculos se colocan en el fondo del surco a una distancia de 15 a 30 cm. El criterio general que reportan varios autores, es que debe haber una población de tallos vigorosos de 20 a 30 / m<sup>2</sup>. Después de depositar la papa brotada en el fondo del surco se cubre lo más pronto posible con una capa de tierra con el objeto de que no le dé el sol por un periodo largo, pues hay peligro de que se quemen los brotes o la cutícula de los tubérculos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **Área de Estudio.**

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero del área de investigación #5 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada al sur de Saltillo, Coahuila, México, cuya coordenada geográfica es a 25° 21' 18.92" latitud Norte y 101° 01' 49.20" longitud oeste a una altitud de 1743 m.s.n.m, el experimento se realizó en el ciclo otoño-invierno del 2014.

De acuerdo con la clasificación climática de Koppen modificado por García (1973). El clima es de tipo BS1KX1, que corresponde a un clima seco, semiseco, templado, con lluvias escasas todo el año, con un por ciento de precipitación invernal mayor de 18% con respecto al total anual y verano cálido. La temperatura media anual es de 17.1° C, con una precipitación anual de 450 mm y la evaporación media anual es de 1956 mm. La cual es siempre mayor que la precipitación media anual (Valdés, 1985)

### **Descripción de los tratamientos.**

Se utilizaron 5 variedades de papa los cuales son Ágatas, Fianas, Giga, Fabulas y Galeanas que fueron obtenidas en Galeana N.L de las cuales se usaron 2 tratamientos lombricomposta y el testigo (sin aplicación).

### **Lixiviado de lombricomposta**

Es un producto concentrado que se obtiene al regar la pila de la lombricomposta, y muestra las siguientes propiedades:

Estimulan el crecimiento de las plantas.

Posee una gran concentración en sustancias húmicas y con una gran carga microbiana, que protegen el sistema radicular de bacterias y nematodos.

### **Parámetros Evaluados**

Durante el ciclo del cultivo se tomaron las siguientes variables agronómicas y de rendimiento:

**a) Altura de planta.** Se midieron las plantas desde la base del tallo hasta el ápice, para esta variable se midieron las plantas con un flexómetro, tomando, la parte basal hasta el ápice de la planta, se repitió este proceso en diferentes etapas del cultivo.

**b) Número de tallos.** Para esta variable se estuvieron contando los tallos que emergieron del suelo por cada planta obtenida de las variedades, el conteo se llevó a cabo en la etapa de crecimiento cuando se tenía bien desarrollado los tallos.

**c) Peso.** Para esta variable se recolectaron las papas colocándolas en una bolsa de papel, al mismo tiempo pesarlas en una balanza granataria marca mettler, los pesos se realizaron por planta.

**d) Clasificación (tamaños).** Para su clasificación se consideró su diámetro y su forma, para ello se fueron tomando por medidas según como se observaban y posteriormente medirlas con un vernier Como se muestra en el cuadro 3.

### Cuadro 3. Clasificación de Papas.

Grande	> 6.5 cm
Mediana	5.5 - 6.5 cm
5.5 cm	< 5.5 cm
4.5 cm	< 4.5 cm
3.5 cm	< 3.5 cm

cm= centímetros.

### Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza para cada variable bajo el diseño de bloques completos al azar, en base al siguiente modelo estadístico. El análisis se realizó con el paquete estadístico STATISTICA 7.

$$Y_{ij} = m + b_i + t_j + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Producción comercial del j-ésimo tratamiento en la i-ésima repetición

$m$  = Efecto de la media general del experimento

$b_i$  = Efecto del i-ésimo bloque o repetición

$t_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento

$e_{ij}$  = Error experimental.

Para observar las diferencias significativas entre tratamientos y variedades se realizó las pruebas de medias de tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza aplicado a variables de rendimiento presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre las variedades (Cuadro 4), indicando la amplia variabilidad presente entre las variedades analizadas. Por lo tanto se hace necesario realizar una comparación de medias mediante la prueba de Tukey a fin de estimar que variedad es la mejor, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 4.

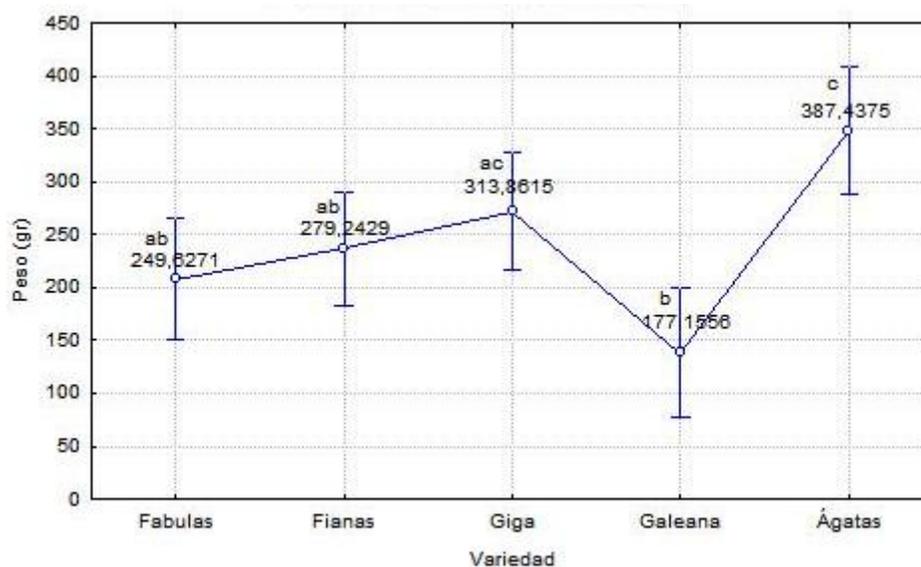
**Cuadro 4. ANOVA ( $P \leq 0.01$ ) para la variable de peso.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	cm	F	p
Variedad	1148795	4	287199	8.4019	<b>0.000002**</b>
Tratamiento	226944	1	226944	6.6391	0.010487
Error	9605362	281	34183		

En la variable de peso de frutos la variedad Ágatas presento el mayor peso de frutos por planta 387.5 gr (grafico 1), superando ampliamente a las demás variedades usadas en el experimento, siendo la variedad galeana la peor con 177.1 gr. Con estos datos podemos decir que al elegir la variedad idónea de papa más un buen plan de fertilización a base de lixiviados de lombricomposta podemos obtener buenos rendimiento, además de darle un mayor valor nutrimental al tubérculo. Por su parte García en 2008 observo el efecto de lixiviado obtenidos en lombricomposta preparadas con excretas de ganado bovino y residuos vegetales, usados como fertilizante foliar sobre el crecimiento,

rendimiento y calidad de maíz. Los resultados indicaron que los lixiviados mejoraron el área de las hojas, la materia seca de las plantas y el rendimiento de frutos comparados con un tratamiento testigo. Con los usos de los lixiviados de lombricomposta suelen ser beneficios cuando son usados en el agua de riego o como fertilizante foliar en diferentes cultivos como: la papa, fresa, maíz, tomate, chile entre otros más (INIFAP 2011).

**Grafica 1. Comparación de medias para la variable de peso**



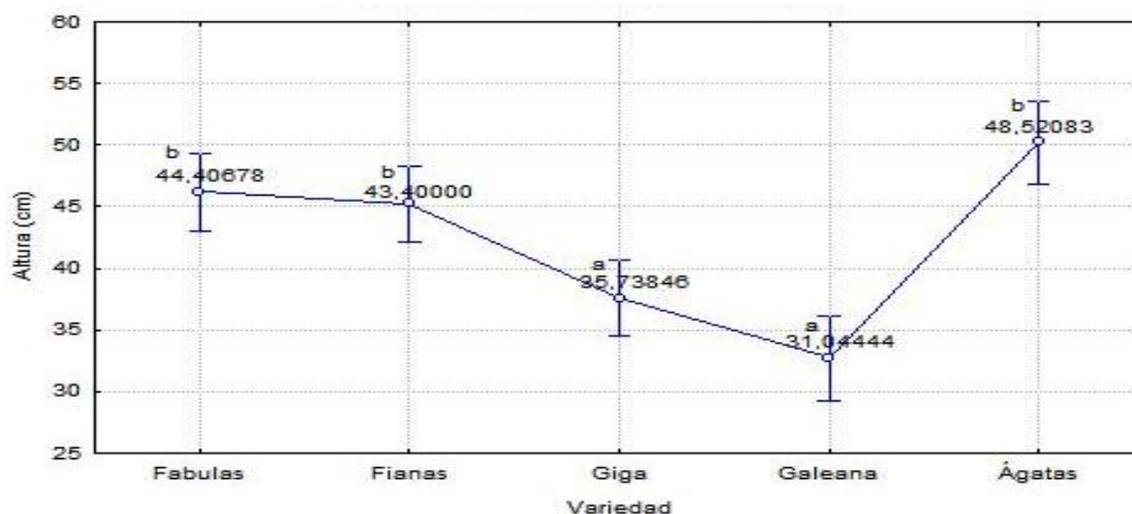
Al realizar el análisis de varianza se encontró diferencias significativas entre variedades (cuadro 5), de acuerdo con la prueba Tukey donde se reporta el mejor comportamiento entre las variedades.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	GL	cm	F	P
variedad	10086.4	4	2521.6	23.781	0.000000*
Tratamiento	417.3	1	417.3	3.935	0.048263
Error	29796.2	281	106.0		

**Cuadro 5. ANOVA ( $P \leq 0.01$ ) para la variable de Altura.**

Los resultados obtenidos de la variable Altura de planta en distintas variedades de papa muestran una diferencia significativa entre en tratamiento y el testigo, siendo la variedad Ágatas superior con 49 cm (grafico 2), respecto a las demás variedades y siendo la variedad galeana más pequeña con 31.5 cm. Este fertilizante orgánico mostro un efecto potencializador, con respecto a la altura de planta, en comparación a las otras variedades. Por su parte Atiyeh et al., 2000 observo que la vermicomposta ha incrementado el crecimiento y desarrollo de las plántulas y la productividad de una alta gama de cultivos. El incremento en el crecimiento y productividad de la planta de ha atribuido a las características físicas y químicas que presenta la vermicomposta, usado como fertilizante foliar sobre el crecimiento, rendimiento en el cultivo de cebolla. Pereira y Zezzi-Arruda (2003), menciona que la vermicomposta favorece la germinación de las semillas y desarrollo de las plantas.

**Grafica 2. Comparación de medias para la variable altura de la planta.**



El análisis de varianza reporta diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre las variedades (Cuadro 6), para la variable Numero de Tallos. La prueba de medias (Tukey) reporta que sobresalió ante las demás variedades (Grafico 3).

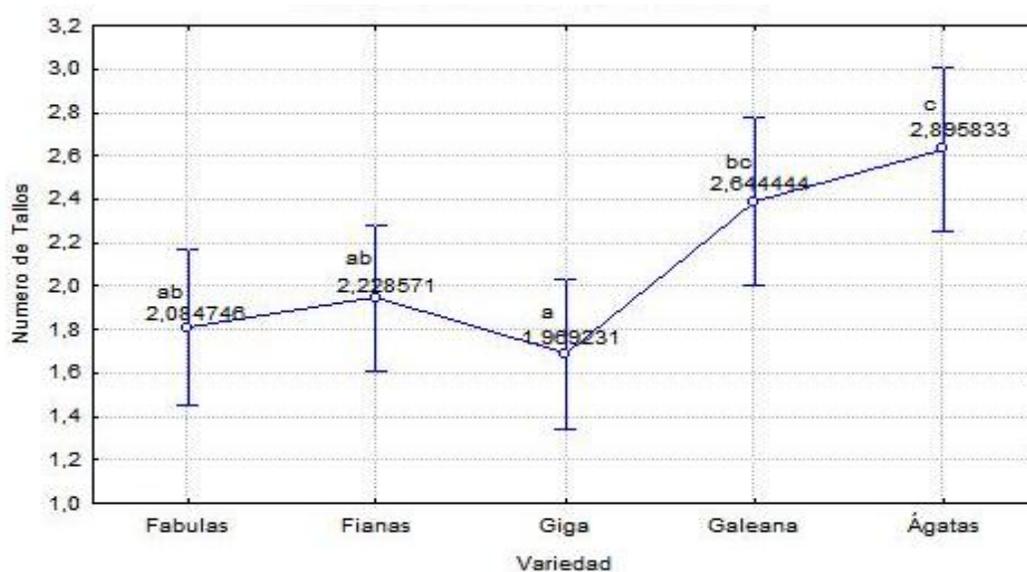
**Cuadro 6. ANOVA ( $P \leq 0.01$ ) para la variable de Numero de Tallos.**

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	GL	cm	F	P
variedad	34.0375	4	8.5094	6.3660	0.000065**
Tratamiento	10.0376	1	10.0376	7.5093	0.006531
Error	375.6103	281	1.3367		

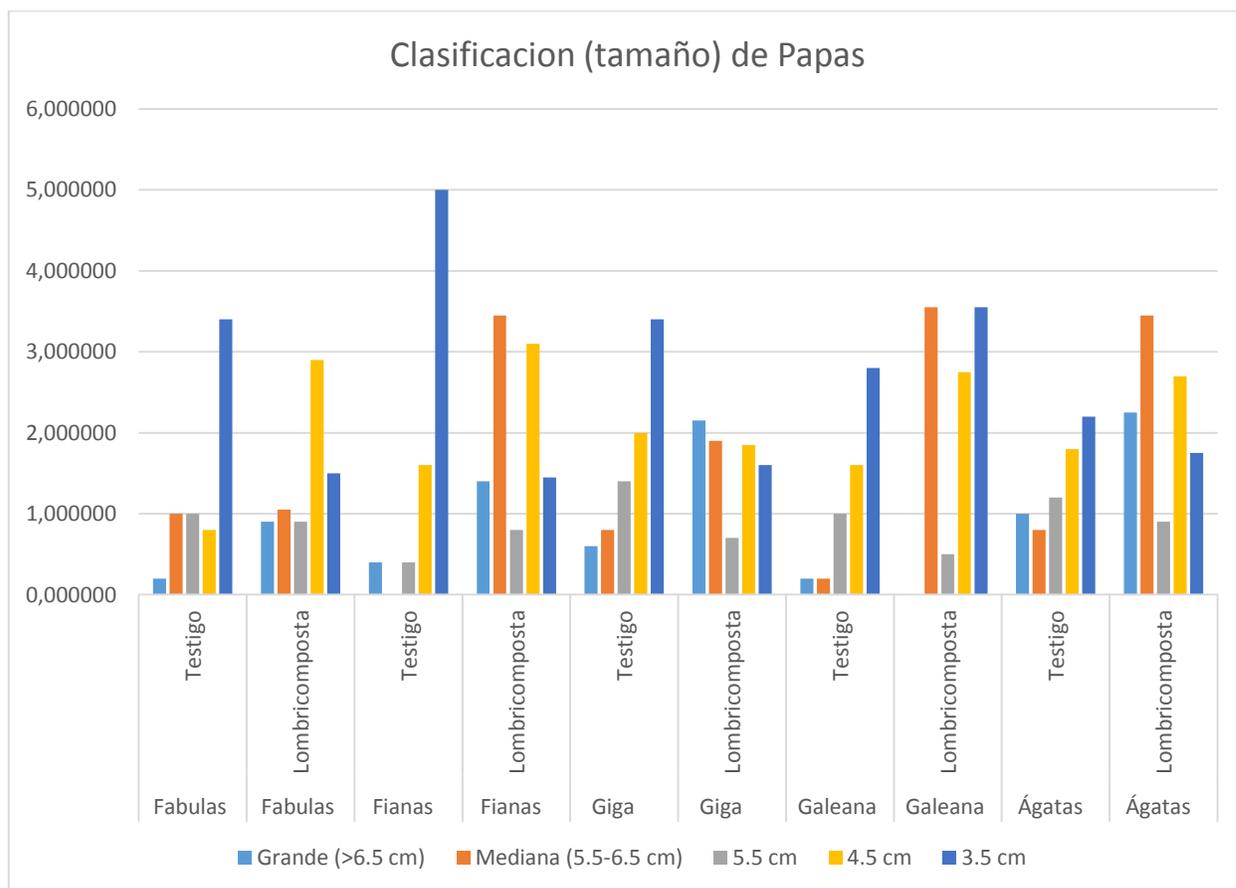
De acuerdo a los resultados obtenidos de esta variable se considera que la variedad Ágatas, obtuvo el mayor número de tallos por planta con 2.90 (grafico 3), esto es considerado bueno ya que existe mayor movimiento de nutrientes en la planta y por consecuencia mayor peso en los frutos cosechados, supero a las otras variedades, siendo la variedad Giga la más baja con 1.96.

Estos resultados se comparan con el trabajo realizado por Pagalo (2007) al aplicar humus de lombriz en tres híbridos de col (*Brassica oleracea*), en las variables evaluadas que fueron: ancho y longitud de hoja en la cosecha, diámetro del repollo, altura del repollo, longitud y volumen de la raíz en la cosecha comparada con fertilizantes inorgánicos NPK. Gómez et al., (2008), demostraron que al aplicar fertilizantes orgánicos composta y lombricomposta en el cultivo de rábano donde se midieron las variables: número de hojas, área foliar, longitud del tallo, longitud de la raíz, diámetro de la raíz, producción de biomasa en raíz y en tallo, obtuvieron buenos resultados en comparación con el testigo que fue completamente suelo.

**Grafica 3. Comparación de medias para la variable Número de Tallos por planta.**



**Grafica 4. Clasificación (tamaños) de Papas.**



En cuanto a esta variable Clasificación (tamaños) de papa se concluye que la mejor variedad en cuanto a tamaño más grande del fruto con la aplicación del lixiviado de lombriz fueron podemos elegir la variedad Ágatas seguidamente Giga,

ya que son las que presentaron mayor cantidad de papas grandes o de primera calidad.

## CONCLUSIÓN

De las cinco variedades evaluados en este experimento con la aplicación de lombricomposta bajo condiciones de invernadero se realizó con éxito ya que se tuvieron aumentos significativos, en la variedad Ágatas superando ampliamente a las demás variedades en cuanto a altura, número de tallos y peso por planta. Con estos datos decimos que al elegir esta variedad bajo condiciones de invernadero más un buen plan de fertilización a base de lixiviados de lombricomposta podemos obtener buenos rendimiento, además de darle un mayor valor nutrimental al tubérculo ya que este fertilizante orgánico no es dañino para la salud ni para el medio ambiente.

Los lixiviados de lombricomposta suelen ser beneficios cuando son usados en el agua de riego o como fertilizante foliar en diferentes cultivos como: la papa, fresa, maíz, tomate, chile entre otros más representa una alternativa para los pequeños y grandes productores.

El propósito fundamental de evaluar estos nuevos materiales bajo condiciones de invernadero es generar tecnología que ayude a resolver problemas en el cultivo de variedades tradicionales y superar los rendimientos de tal manera que los costos de producción se reduzcan, o que al menos no se eleven en comparación de otros cultivos.

De esta manera se acepta que el objetivo planteado para este trabajo de investigación queda satisfactoriamente comprobados y así mismo se cumple la hipótesis planteada evidenciando que el fertilizante orgánico lixiviado de lombricomposta tiene efectos positivos sobre el desarrollo de este cultivo.

## LITERATURA CITADA.

Alonso R., N. 2004. Efecto de la aplicación de composta, lombricomposta y biodigestados líquidos en el crecimiento, rendimiento y calidad de follaje en el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*, L.). Tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.

Atiyeh, R. M., Subler. Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., and Shuter, W. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*. 44: 579-590.

CONPAPA. 2010. Comité Nacional Sistema Producto Papa (Confederación Nacional de Productores de Papa). *In*: <http://conpapa.org.mx>.

Cronquist, A. 1969. Introducción a la Botánica. CECSA. México; p. 159.

FAOSTAT. 2008. Food and Agricultural Organization of United Nations, Rome, Italy. *In*: <http://faostat.fao.org>.

García-Gómez R.C., L. Dendooven, F.A. Gutiérrez-Miceli. Vermicomposting Leachate (Worm Tea) as Liquid Fertilizer for Maize (*Zea mays* L.) Forage Production. *Asian Journal of Plan Sciences* 2008, 7 (4): 360-367.

García-Gómez R.C., L. Dendooven, F.A. Gutiérrez-Miceli. Vermicomposting Leachate (Worm Tea) as Liquid Fertilizer for Maize (*Zea mays* L.) Forage Production. *Asian Journal of Plan Sciences* 2008, 7 (4): 360-367.

GBM, 1997. Sustancias húmicas y fúlvicas. Grupo Bioquímico Mexicano.

Gómez A.R; Lázaro J.G; León N.J.-2008- Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Raphanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico Húmedo de Tabasco. Uciencia 24 (1):11.

Guía Técnica para el cultivo de Papa.1997. UAAAN Departamento de Fitomejoramiento, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; pp. 9-14.

HAWKES, J. G. 1990. The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. Belhaven Press. London, UK. 259 p.

HAWKES, J. G. 1994. Origins of Cultivated Potatoes and Species Relationships, pp. 3-42. *In*: Potato Genetics. BRADSHAW J. E.; MACKAY; G. R (Eds.). CAB International, Wallingford.

(INIFAP 2011) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Kuruvadí, S. y H. M. Cortines, E. 1987. Papel del componente de Rendimiento, Correlaciones y sus implicaciones en el mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) Agraria Revista Científica 3(1):1-5.

Laboratorio de Servicios Generales. UAAAN (2004).

Mainardí F. F. 1978. Hortalizas de raíz, bulbo y tallo. De Veachí. Barcelona, España.

Matons, A. 1943. Diccionario de Agricultura, 2º, Tomo, Ed, Herrera, S.A. México 1026 p.

Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Montaldo, A., 1984. Cultivo de raíces y tubérculos. Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Pagalo T.H.M.-2007.- Efectos del humus de lombriz y bocashi en tres híbrido de col (*brassica oleracea*). Tesis de licenciatura. Universidad Estatal de Bolívar.

Pereira, M. G. and Zezzi-Arruda: Characterization and Potentialities for Cadmium Adsorption. J. Braz. Chem. Soc., 14 (1): 39-47.

Rubio C. O. A; *et al*; 2000. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM), p. 4.

SAGARPA. 2010. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Estadísticas Agrícolas del Ciclo Primavera-Verano.

Smith, O. and Talburt, W. 1975. Potato processing. In. Westport, Connecticut, The Avipublish Company. EEUU.

Smith, O. 1975. Potatoes, Productions, Storing, 2da Edition; the Aví. Publishing's Company, Westport, Connecticut.

SPOONER, D. M.; MCLEAN, K.; RAMSAY, G.; WAUGH, R.; BRYAN, G. J. 2005. A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 126: 14694-14696.

SPOONER, D. M.; VAN DEN BERG, R. G.; RODRIGUEZ, A.; BAMBERG, J.; HIJMANS, R. H.; LARA-CABRERA, S. I. 2004. Wild potatoes (*Solanum* section Potato) of North and Central America. *Syst. Bot. Monographs* 68:1-209.

Valdés R. 1985. Estudio Fenológico de la UAAAN en el Área Correspondiente a Buenavista, Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN.

VILLA-VÁZQUEZ, J. L.; RODRÍGUEZ, A. 2010. Hallazgo de papas silvestres [*Solanum cardiophyllum* Lindl., *S. Ehrenbergii* (Bitter) Rydb. y *S. stoloniferum* Schtdl.] cultivadas en Jalisco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(1): 85-88.

### **Citas en internet**

[www.faostat.com](http://www.faostat.com)

[www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

[www.Sagarpa.gob.mx](http://www.Sagarpa.gob.mx)

<http://www.comerciandonluis.com>

