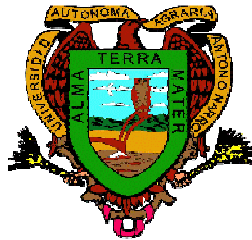


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación de Semilla Prebásica de Papa (*Solanum tuberosum* L.)
a partir de Vitroplantas con Tres Densidades de Población; Bajo
Condiciones de Invernadero.**

Por:

Areli González Cortes.

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Evaluación de Semilla Prebásica de Papa (Solanum tuberosum L.)
a partir de Vitroplantas con Tres Densidades de Población; Bajo
Condiciones de Invernadero.**

Presentada por:

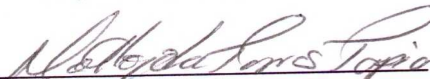
ARELI GONZALEZ CORTES

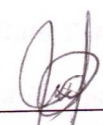
TESIS

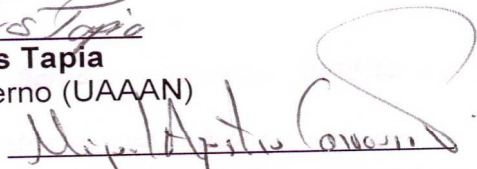
Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito Parcial
Para Obtener el Título de:

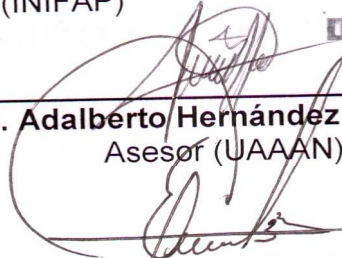
INGENIERO EN AGROBIOLOGIA

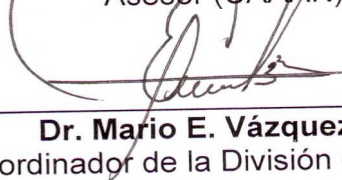
Aprobado por:


M.C. Alejandra Torres Tapia
Presidente del Jurado Interno (UAAAN)

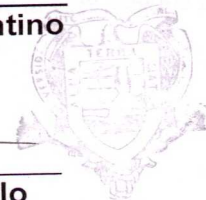

M.C. Edith Villavicencio Gutiérrez
Asesor Principal Externo (INIFAP)


Biol. Miguel A. Carranza Pérez
Asesor (UAAAN)


M.C. Adalberto Hernández Florentino
Asesor (UAAAN)


Dr. Mario E. Vázquez Badillo
Coordinador de la División de Agronomía

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Diciembre del 2008.

Agradecimientos.

A Dios, que me ha regalado cada día de mi vida, para poder crear en ella una obra de bien y por que me ha dado mucho más de lo que en realidad merezco, por que ha hecho realidad los sueños más importantes de mi vida, porque siempre ha estado a mi lado y nunca me ha dejado, por darme una familia maravillosa que me ha dado todo su amor y apoyo incondicional, gracias.

*A la **Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"**, Mi Alma Terra Mater por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de cumplir uno de mis mayores sueños el de formarme como profesionista en una de las mejores áreas de estudio, en la que hoy me encuentro orgullosa y con la confianza de poder devolver lo aprendido, por todos los recuerdo tan bonitos que viví dentro de tus instalaciones y que nunca olvidare por eso y muchas cosas mas gracias.*

*Al **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Saltillo**, por darme la oportunidad de formar parte de esta institución al momento de aceptarme para realizar mis practicas profesionales y al mismo tiempo por permitir realizar mi trabajo de tesis de licenciatura en el **Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales**, en coordinación con la M.C. Edith Villavicencio Gutierrez brindándome toda su confianza y conocimientos que llevare siempre conmigo.*

*A la **M. C. Edith Villavicencio Gutiérrez**, por todo su apoyo incondicional y confianza en mí al realizar mis prácticas profesionales, y por darme la oportunidad de participar en uno de sus proyectos al realizar esta investigación, transmitiéndome sus conocimientos, gracias por la dedicación de su tiempo, pero sobre todo por su valiosa amistad, comprensión y consejos, que sin duda me sirvieron para enfrentar muchos golpes de la vida con respeto y admiración para usted, nunca cambie es usted una gran persona gracias por permitirme conocerla.*

Al Biol. Miguel Agustín Carranza Pérez, No tengo palabras para darle las gracias por todo su apoyo brindado durante mi estancia en la universidad, y por su valiosa participación en este trabajo, y por toda su confianza y amistad brindada cuando mas lo necesitaba. Gracias por todo.

A la M.C. Alejandra Torres: por brindarme su amistad y por confiar en mí, por ser una gran persona, amable y sencilla que siempre genero en mí una gran confianza y por su buena disposición y tiempo en la participación de este trabajo y por las sugerencias brindadas gracias.

Al M.C. Adalberto Hernández Florentino, por permitirme conocerlo como amigo y por todo su apoyo brindado desde que lo conocí, por ser una persona humilde y sencilla, que le gusta luchar por lo que quiere y por que siempre tiene una sonrisa para todo momento, por ese carácter grandioso que lo caracteriza y lo hace ser único, gracias por su amistad.

A todos mis maestros que sembraron en mi grandes conocimientos, gracias maestros por su apoyo, dedicación, paciencia y comprensión.

Dedicatoria.

A mi Madre (Ninfa Cortes Zamora), con todo el amor y cariño que se merece por apoyarme y confiar en mí, brindándome su comprensión, por darme lo mejor durante toda mi vida, por permanecer junto a mí en mis triunfos y fracasos, por que sola me saco adelante y supo ser padre y madre gracias, no me alcanzara la vida para agradecerte todo lo que has hecho por mí.

A mis Abuelos; Marcelino Cortes R. y M. de Jesús Zamora H., que fueron el pilar de mi vida, al ser como mis padres y amarme como hija, por darme todo su amor, esfuerzo, dedicación y por su apoyo moral y económico que me han brindado a lo largo de mi vida por ser los mejores abuelos, que con su ejemplo de nobleza, sencillez, alegría y lucha, me enseñaron a salir adelante en los momentos mas difíciles por que siempre estuvieron conmigo a pesar de la distancia y me dieron la confianza de seguir adelante con mi formación profesional, gracias de todo corazón.

A Mis Tíos; Juan G. Cortes Zamora y Maribel Antimo Reyes, por todo su apoyo moral y económico, pero sobretodo por el amor y cariño que me han demostrado, por aquellos momentos que estuvieron conmigo cuando mas los necesitaba.

A Mis Hermanos, Fernando A. Paloma Sarhai, José Manuel, por ser el pilar de mi vida, por toda su motivación, y alegrías dadas.

A Mi prima Mara Cortes Zamora, por ser como la hermana mayor por darme todo su apoyo incondicional.

A mis sobrinos y primos, Daniela, Blanca, M. José, Manuelito, Lizbeth, Saúl, Alejandra, Nayeli, por que con su nobleza, dulzura y ternura, llenaron de alegría mi corazón dándome fortalezas para luchar por el camino de la vida.

A Miguel Ángel Machuca Campos (Flaquito), por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, por todo el apoyo y amor que me has dado, por tu comprensión y tiempo por ese ejemplo tan maravilloso de salir adelante te quiero nunca cambies ya que eres una persona maravillosa, y gracias por ser ese ángel que dios me mando para acompañarme en el camino difícil de la vida; siempre estas en mi corazón.

A mis amigos Claudia, Libia, Lidia, Lilián, Nallely, Hilda, Leivy, Rosi, Norma, Eloísa, Arturo, Abel, Armando, Noé, Julio C., Agustín, Mercedes, Efrén, Alejandro, Raúl, Azael, Crispín por llenarme de gratos momentos al brindarme su apoyo, confianza y conocimientos, durante toda mi formación profesional y porque seguirán formando parte de mi vida por siempre. A todos aquellos que en parte me regalaron su amistad y apoyo, los llevo en mi mente y corazón.

A Haredi, un angelito; por ser un niño brillante que con su carisma e inteligencia conquisto mi corazón, gracias bebe.

Dedicada a toda y cada una de las personas que me apoyaron... Gracias.

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA	5
ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE CUADROS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	12
I.- INTRODUCCIÓN	15
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos.....	19
Hipótesis.....	19
II REVISION DE LITERATURA	20
Origen del Cultivo.....	21
Clasificación Taxonómica.....	22
Descripción Botánica.....	23
Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo.....	26
Aspectos Agronómicos del Cultivo.....	28
Requerimientos Nutricionales.....	32
Enfermedades Asociadas al Cultivo.....	36
Características de las Nuevas Variedades de Papa del INIFAP.....	37
Variedad Romana.....	37
Variedad Enrica.....	38
Variedad Bayonera.....	40
Técnicas para la Multiplicación de Semilla.....	41
Producción de Vitroplantas en Laboratorio.....	42
Cultivo de Ápices Meristematicos <i>in vitro</i>	42
Método de Termoterapia.....	44
Pruebas Serológicas.....	45
Micropropagación en Papa.....	47
Medio de Cultivo.....	49
Producción Intensiva de Vitroplantas.....	54
Proceso para la Certificación de Semillas de Papa.....	54
Producción de Minitubérculos en Invernadero.....	55
Tamaño de la Semilla.....	57
Tasa de Multiplicación en Campo.....	59

III. MATERIALES Y METODOS.....	61
Localización del Experimento.....	61
Características y Areas del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales.....	61
Procedimiento Experimental.....	63
Establecimiento y Cultivo de Meristemas.....	63
Diseción de Yemas y Establecimiento de Meristemas.....	64
Preparación del Medio de Cultivo.....	65
Pruebas Serológicas.....	66
Subcultivo de las plántulas.....	67
Parámetros Evaluados en Laboratorio.....	67
Condiciones de Incubación.....	68
Producción de Minitubérculos en Invernadero.....	68
Parámetros Evaluados en Invernadero.....	71
Análisis Estadístico.....	72
IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	73
Producción en Laboratorio.....	73
Producción en Invernadero.....	76
Rendimientos de Producción.....	81
Rendimientos de Minitubérculos Comerciales.....	82
V CONCLUSIONES.....	84
VI BIBLIOGRAFÍA.....	86
VII ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1.- Formulas de Fertirrigación en Invernadero para la Producción de Minitubérculos de Papa.....	60
Cuadro 3.2.- Análisis del Sustrato Utilizado en el Establecimiento del Cultivo.....	69
Cuadro 4.3.- Análisis Estadístico de la tasa de Multiplicación de las Variedades Ramona, Enrica y Bayonera; en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del CESAL – CIRNE – INIFAP	75
Cuadro 4.4.- Producción de Minitubérculos – Semilla Prebásica de las Variedades Evaluadas, de Papa en el Invernadero del Campo Experimental Saltillo CIRNE – INIFAP	77
Cuadro 4.5.- Promedio del Peso, Diámetro Polar y Ecuatorial de los Minitubérculos – Semilla Prebasica de las Variedades Enrica, Ramona y Bayonera, Generados en el Invernadero del Campo Experimental Saltillo.....	79
Cuadro 4.6.- Prueba de Medias de las Características Morfométricas de los Minitubérculos-Semilla Prebásica de la Variedad “Ramona” Generados en el Invernadero del Campo Experimental Saltillo.....	79

Cuadro 4.7.- Prueba de Medias de las Características Morfométricas de los Minitubérculos-Semilla Prebásica de la Variedad “Enrica” Generados en el Invernadero del Campo Experimental Saltillo.....	80
Cuadro 4.8.- Prueba de Medias de las Características Morfométricas de los Minitubérculos-Semilla Prebásica de la Variedad “Bayonera” Generados en el Invernadero del Campo Experimental Saltillo.....	80
Cuadro 4.9.- Numero de Tubérculos por Metro Cuadrado de por Variedad, Enfocado al Tratamiento 1.....	82
Cuadro 4.10.- Número y Porcentaje del Rendimiento de Minis Comerciales por Tratamiento y Variedad.....	83
Cuadro 7.11.- Análisis de varianza por variedad para las características morfológicas de los minitubérculos de papa (<i>Solanum Tuberosum</i> L.).....	93
Cuadro 7.12.- Principales Países productores de Papa (Millones de Toneladas).....	94
Cuadro 7.13.- Rendimiento promedio nacional por ciclo (Ton. / Ha).....	95
Cuadro 7.14.- Rendimientos promedios por entidad 1994-2004 (Ton. / Ha)...	96

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1.- Principales Estados Productores de Papa en México.....	22
Figura 3.2.- Invernadero de Producción de Semillas de Papa del CESAL- CIRNE-INIFAP.....	61
Figura 3.3 y 3.4.- Vernier Electrónico que se Utilizo Para la Determinación de los Diámetros Polares y Ecuatoriales de los Minitubérculos.....	71
Figura 4.5.- a) Cultivo de Meristemas; b) Multiplicación de Vitroplantas Seronegativas en el Laboratorio del Campo Experimental Saltillo. CIRNE – INIFAP.....	74
Figura 4.6.- Aclimatación de las Variedades Enrica (a) y Bayonera (b), en el Invernadero del Campo Experimental Saltillo CIRNE – INIFAP.....	76
Figura 4.7.- Minitubérculos – Semilla de papa de las Variedades Ramona, Enrica y Bayonera de las Categorías; a) Minis Categoría 1, b) Minis Categoría 2, c) Minis Categoría 3 y d) Canicas.....	81
Figura 4.8.- A) Aspecto de la Variedad Romana, B) Aspecto de la Variedad Enrica, C) Aspecto de la Variedad Bayonera, en Invernadero del Campo Experimental Saltillo. CIRNE – INIFAP.....	83

RESUMEN

La sustentabilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos; es por esto que día a día se realizan investigaciones enfocadas a la agricultura, este proyecto se enfocó a dos de las tres etapas consideradas en el proceso de producción de semillas de papa establecidas por el SNICS (Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas), referentes a las etapas de producción de material prenuclear en laboratorio y producción de semilla prebásica en invernadero.

El presente trabajo se desarrollo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales y en el Invernadero de Producción de Semilla de Papa del Campo Experimental Saltillo (CESAL) CIRNE – INIFAP, con el objetivo de obtener semilla prebásica de papa con un buen rendimiento y calidad comercial, bajo condiciones de invernadero, con una densidad de plantación de 10 x 10 cm sencilla (T1), 5 x 5 cm sencilla (T2) y 10 x 10 cm doble (T3).

Para la producción de semillas de papa se utilizaron tres nuevas variedades (Ramona, Enrica y Bayonera) que el programa de mejoramiento genético del CESAL seleccionó por sus características agronómicas y de rendimiento en campo, mismas que se registraron en el año 2007 como variedades del INIFAP.

Cada una de las variedades referidas, se incrementaron en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del CESAL, en donde se generó una producción intensiva de vitroplantas, posteriormente este germoplasma fue establecido en el invernadero del CESAL, para la producción de minitubérculos-semilla prebásica de papa, con el objetivo de analizar la producción en rendimiento, calidad fitosanitaria y comercial.

Los parámetros evaluados en Laboratorio fueron; evaluación de la calidad fitosanitaria de cada genotipo (pruebas de ELISA para cinco tipos de virus y la prueba de fitoplasmas), tasa de multiplicación, vigor de las vitroplantas y porcentaje de contaminación. En invernadero se determinó el rendimiento por variedad, calidad comercial, número y peso por tamaño, porcentaje de producción por categoría diamétrica de minitubérculos, diámetro polar y ecuatorial.

Se obtuvieron resultados favorables ya que las variedades Enrica y Bayonera se produjeron cinco categorías de minitubérculos de papa. Los minis de tamaño comercial se agruparon en tres categorías considerando los minis categoría 2, minis categoría 3 y canicas que representaron para las variedades Ramona, Enrica y Bayonera un porcentaje del 90 %, 62 % y 73% de la producción. De estos, la variedad Ramona fue la variedad más productiva, generando minitubérculos en categorías de mayor tamaño que las variedades Enrica y Bayonera. El porcentaje de canicas de esta variedad es del 10%; mientras que el porcentaje minis pequeños de esta categoría es mayor en las variedades Enrica y Bayonera, siendo respectivamente del 38 y 27%.

Las tres variedades registraron una tasa de multiplicación en laboratorio altamente significativa semejante a la reportada en laboratorios comerciales y de investigación. En invernadero estas variedades (Ramona, Enrica y Bayonera) registraron un rendimiento aceptable para el esquema de producción comercial; en cuanto al porcentaje de tamaños, produjeron cinco categorías de minitubérculos con un porcentaje de 90%, 62% y 73% respectivamente, siendo la variedad Ramona la más productiva.

En cuanto a los minitubérculos por planta no existieron diferencias significativas entre las variedades registrando una producción estadísticamente igual que va de 5 hasta 7 minitubérculos/planta. La variedad Ramona fue la más productiva, registrando una producción de 7 minitubérculos/planta; Entre variedades y distancias de plantación no se registraron diferencias en el peso de los minitubérculos, pero sí en su categoría dimétrica existiendo diferencias entre las distancias de plantación de 10 x 10 sencilla (T1), 5 x 5 cm (T2) y 10 x 10 doble (T3). Se encontró que el tamaño de los minitubérculos se incrementa conforme aumenta la distancia de plantación (T1). Una densidad alta (T2 y T3) genera minitubérculos de tamaño no comercial que pueden ser utilizados para continuar con el incremento de semilla prebásica en invernadero, por lo que la selección de una u otra densidad de plantación dependerá de los requerimientos que tengan los productores en sus invernaderos comerciales.

Palabras Clave: Solanum Tuberosum T, Bayonera, Felsina, Enrica, Semilla Prebásica, Densidades de Población, Vitroplantas.

I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los alimentos más importantes tanto en Europa como América y es uno de los cuatro cultivos básicos a nivel mundial. La papa es de gran importancia en la alimentación del hombre, dado que contiene un alto porcentaje de carbohidratos (12-18%) en forma de almidón, además de un 2 % de proteínas (aminoácido lisina), vitamina C y minerales como el Ca y el Fe, lo que marca una gran diferencia con cualquier otro cultivo; por lo que se considera el alimento número uno a nivel mundial y el cuarto a nivel nacional superado solo por el maíz, trigo y arroz. A pesar de esto el consumo a nivel nacional es considerado como bajo, comparado con otros países. En México el consumo per cápita promedio es de 23.3 Kilogramos; mientras que en países desarrollados como Estados Unidos y Holanda el consumo per cápita promedio es de aproximadamente 55 Kilogramos (Alonso, 1996; Kondo, 1997).

La producción media de papa a nivel mundial en el año 2002 fue de 15.7 ton/ha, los altos rendimientos fueron mostrados por los países bajos seguidos por Estados Unidos de Norte América (USA) con 45 y 40.5 ton/ha respectivamente; México se ubico en la posición número 37 con 23.1 ton/ha.

El mejor promedio de rendimiento de papa en el año 2002 en el Continente Americano lo obtuvo USA, seguido de Argentina y Canadá con 45.0, 27.3 y 24.3

ton/ha respectivamente, México ocupó el sexto lugar con 23.1 ton/ha y Bolivia y Paraguay obtuvieron bajos rendimientos con 7.0 y 6.1 ton/ha respectivamente (Espinoza *et al*, 1985).

En México la papa (*Solanum tuberosum* L.) es una de las hortalizas de mayor importancia. Anualmente siembran alrededor de 63,800 hectáreas (SAGARPA, 2002.), con una producción de 1,483.000 ton/año. Los principales estados productores son: Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Estado de México, Sinaloa, Sonora y Zacatecas. En la región de Coahuila y Nuevo León, se cultiva el 7 % de la superficie total nacional con un rendimiento promedio de 30-40 ton/ha.

En Coahuila y Nuevo León siembran anualmente 6500 hectáreas de papa, registrando una producción de 30 ton/ha, rendimiento considerado alto para este cultivo en México. A pesar del alto rendimiento que se registra en la zona papera del noreste, el beneficio económico para los productores se reduce al invertir entre el 25 y 35% del costo en la compra de semilla. Este costo se debe a que la mayoría de los productores carecen de semilla sana de variedades y/o clones tolerantes a enfermedades y/o resistentes a condiciones adversas para la región (Parga, *et al*. 2000; Villavicencio, 2005).

Al inicio de la década de los 90's, el auge de las comidas rápidas y el consumo de papas fritas (hojuela), motivó a los productores de la zona papera del noreste

de México a introducir variedades de ciclo corto y semitardío con características adecuadas para la industria y consumo fresco y/o para ambos propósitos.

Las principales variedades que se cultivan en México son: Alpha con un promedio superior al 65 % del total, seguida por Atlantic que representa alrededor del 28 %, el resto está representado por otras variedades de menor importancia como Gigant, Herta, Premier, Mondial, Norteña, Granola, Diamante y White Rose. De todas estas variedades, la única que es indistintamente utilizada, tanto para la industria como para consumo fresco es Alpha (García, 1996; Cepeda, 2000).

Entre las variedades introducidas a la zona papera de Coahuila y Nuevo León en los últimos cinco años, se encuentran las siguientes: Atlantic, Snowden, Chipeta, Frito Lay, Mondial, Cesar, Vivaldi, Adore, Fiana, Fabula y Premiere, todas ellas han tenido un alto rendimiento en sus primeros ciclos de producción; sin embargo, este se ha reducido conforme se ha degenerado la semilla debido a su susceptibilidad a ciertas enfermedades presentes en la región: Tizón tardío, Tizón temprano, Fusarium, Verticillium, Virus, Fitoplasmas y recientemente el efecto de la punta morada (Hooker, 1981).

Con la importación y cultivo de estas variedades, se han introducido otros organismos patógenos más peligrosos a la zona, algunos de ellos considerados como cuarentenarios, agudizando los problemas fitopatológicos, por lo que el uso de agroquímicos para su control se ha intensificado utilizando productos de mayor

residualidad, incrementando hasta en un 35% el costo del cultivo (Villavicencio, *et al.*; 2001).

Con la finalidad de generar variedades adaptadas a la región, desde 1991 el programa de mejoramiento genético, generó en el Campo Experimental "Saltillo" (CESAL) se seleccionaron tres variedades Ramona, Enrica y Bayonera, porque han mostrado estabilidad en sus características agronómicas y calidad para la industria, además de tolerancia a las principales enfermedades y adaptación a las condiciones agroecológicas de la zona (Parga, 2005).

Gabriel (1994), Garza *et al.* (1999) y Flores (1997), mencionan que las necesidades de semilla en cada región son diferentes; sin embargo, en todas ellas se requiere de semilla prebásica, básica, registrada y certificada.

Considerando la importancia que tiene el esquema de producción de semillas, las variedades referidas se incrementaron bajo el esquema laboratorio-invernadero para producir minitubérculos-semilla prebásica de papa con calidad fitosanitaria. Esto con el propósito de contar con germoplasma para posteriormente realizar en campo las evaluaciones locales y/o regionales que se requieren antes de su liberación como variedades.

Objetivo General

- Bajo el esquema laboratorio - invernadero evaluar la calidad y rendimiento, en la producción de minituberculos-semilla de tres nuevas variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Ramona, Enrica y Bayonera del INIFAP en tres densidades de plantación.

Objetivos Específicos

- Producir en laboratorio vitroplántulas o material prenuclear de las variedades Ramona, Enrica y Bayonera, libres de virus con alta calidad fitosanitaria.
- Producir minitubérculos - semilla prebásica de papa de las tres variedades Ramona, Enrica, y Bayonera, bajo condiciones de invernadero, con tres diferentes densidades de plantación.

Hipótesis

- Las tres variedades de papa evaluadas (Ramona, Enrica y Bayonera) tienen un buen rendimiento en cuanto a producción, calidad fitosanitaria y comercial en minituberculos – semilla prebásica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Después de la tierra, agua, clima y el hombre, el factor de mayor importancia para la producción agropecuaria lo constituyen las semillas de las diferentes especies vegetales ya que, la semilla es el medio por el cual se lleva al agricultor todo el potencial genético de un cultivar con características superiores (Medellín, 1962).

Por ello, para que una semilla realmente tenga impacto en la agricultura es necesario, que además de ser de alta calidad y de una variedad mejorada, sea usada largamente por los agricultores, de esta manera aumentará la producción y productividad, ayudará a una utilización más eficiente de insumos debido a una mayor uniformidad de emergencia y vigor de plantas, y más si se trata de un cultivo como la papa que se multiplica en forma vegetativa a través de tubérculos-semilla. Si bien es cierto esta forma de multiplicación es una ventaja ya que permite mantener las características propias de la variedad por generaciones, no es menos cierto también que es una fuente eficaz para la diseminación de plagas y enfermedades que afectan grandemente al cultivo de papa (CIRNE – INIFAP; 1992).

Las semillas de buena calidad garantizan mejores cosechas y son responsables de aumentos significativos en los rendimientos; su producción y usos son prioritarios en un país o región.

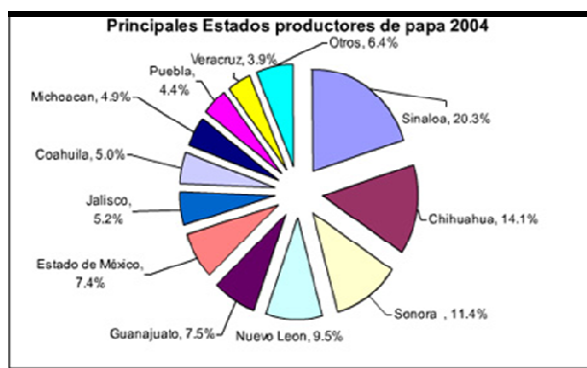
La producción de tubérculo – semilla es una actividad que requiere dedicación por parte de los investigadores, extensionistas y productores, para generar, transferir y emplear tecnologías apropiadas (CONPAPA, 2006).

Origen del Cultivo

La papa (*Solanum tuberosum* L), es originaria de Sudamérica, de la zona andina comprendida entre Ecuador, Perú y Bolivia. Su existencia data desde el año 2500 a.C., en la época de los egipcios. Este cultivo fue domesticado por los incas o civilizaciones preincaicas muchos miles de años antes de la llegada de los españoles en 1537 (SEP, 1983).

En México desde 1925 se registraron estadísticas de producción en este cultivo; pero fue hasta el año de 1946 con la llegada de John S. Neiderhauser, de la fundación Rockefeller, en donde se le dio mayor impulso a la papa porque se encontraron buenas condiciones climáticas para este cultivo; principalmente, en los Valles Altos de la Meseta Central de este país. Siendo la región de León, Guanajuato, Distrito Guerrero en el Estado de Chihuahua y en Navidad, Nuevo

León (Figura 2.1) en donde se empezó a sembrar este cultivo en forma extensiva. (Báez, 1983).



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP.

Figura 2.1.- Principales Estados Productores de Papa en México.

Clasificación Taxonómica

Esta clasificación se tomó de Báez (1983), el cual se basó en la flor de la planta:

Reino: Plantae

Subreino: Embryobionta

División: Spermatophyta

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotiledoneae

Orden: Tubiflorales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Espécie: *tuberosum* L.

Descripción Botánica

Esta planta es una dicotiledónea, herbácea y presenta un hábito de crecimiento anual, erecto, semi erecto y rastrero algo pubescente; potencialmente es una planta perenne, debido a que es capaz de reproducirse por tubérculos (Alonso, 1996).

Tallos

La papa produce un tallo normal de tipo herbáceo, erecto, un poco vellosa, y con ramificaciones no muy desarrolladas (SEP, 1983). Las ramas laterales que salen del tallo principal, se llaman tallos secundarios. Los estolones de la papa son tallos laterales, normalmente subterráneos

(Alonso, 1996), los tallos son aéreos y subterráneos, los aéreos son erguidos ramosos, huecos y algo pubescentes; los tallos subterráneos son estolones y tubérculos, los estolones son aproximadamente del tamaño de un lápiz y crecen lateralmente a una distancia de 2.5 a 10 cm y en su extremidad se forman los tubérculos (Horton, 1987).

Tubérculos

El tubérculo de la papa es un tallo subterráneo ensanchado, en la superficie posee yemas axilares en grupos de 3-5 protegidas por hojas escamosas (ojos)

(Montaldo, 1984). Morfológicamente los tubérculos son tallos modificados y constituyen el principal órgano de almacenamiento de la planta; un tubérculo tiene dos extremos: el basal o extremo opuesto y el unido al estolón, que se nombra extremo apical o distal. En un corte longitudinal el tubérculo muestra los elementos siguientes del exterior hacia el interior: peridermo o piel, corteza, sistema vascular, parénquima de reserva y tejido medular (Huaman, 1986). El tipo y la cantidad de las sustancias que constituyen el tubérculo son variables de acuerdo a la variedad y con las condiciones de crecimiento.

Como valores medios de la composición del tubérculo fresco se pueden dar:

Agua:	65-85 %
Almidón:	16-20 %
Proteínas	1-4 %
Grasas	0.9 %

Raíz

Las plantas que se desarrollan a partir de tubérculos producen raíces adventicias gruesas y pivotantes en los nudos de los tallos subterráneos y en los estolones estas son muy ramificadas, finas y largas dependiendo de su desarrollo. Normalmente, la planta enraíza bastante cerca de la superficie, no profundizando más de 40 cm por lo que es necesario un suelo de muy buenas condiciones para su cultivo. (Guerrero, 1981; Alonso, 1996).

Hojas

Compuestas, alternas, con varios folíolos opuestos y uno grande como terminal, son un poco pubescentes, en las axilas que forman las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas (SEP, 1983).

Inflorescencias

Huamán (1986) indica que el pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa.

De las ramas de la inflorescencia salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación de la cual se desprenden del tallo, las flores o los frutos, la posición de la articulación es uno de los caracteres taxonómicos más útiles de la papa (Huamán, 1986).

Las flores nacen en racimos en la extremidad de los tallos; son individuales perfectas pueden ser de color blanco rosadas o violetas, según la variedad; las flores son hermafroditas, tetracíclicas y pentámeras el cáliz es gamosépalo lobulado, la corola es rósetacea pentalobulada de color blanco al púrpura, con cinco estambres, posee dos anteras que producen polen a través de un tubo terminal (Montaldo, 1984); el gineceo tiene ovario súpero, bicarpelar, bilocular y multiovalado (Báez, 1983).

Fruto

Es una baya carnosa, redonda u ovoide, más o menos gruesa de 15 a 30 mm de diámetro, color verde (inmadura) y verde amarillento (madura) o verde azulado, las semillas del fruto son pequeñas y aplastadas. (Báez, 1983). Cada semilla esta envuelta en una capa llamada testa, que protege el embrión y un tejido nutritivo llamado endospermo.

Requerimientos Agroclimáticos del Cultivo

Temperatura

Este cultivo requiere temperaturas frescas para su desarrollo, pero estas varían según la etapa fenológica en que se encuentre el cultivo. Después de la siembra la temperatura debe subir a 20 °C para que suceda la brotación del tubérculo; mientras que para la formación del follaje se necesita una temperatura más alta, pero que no rebase los 30 °C. Durante el desarrollo de los tubérculos es importante que la temperatura se encuentre entre los 16 y 20 °C, de ahí que en las regiones calurosas, las noches deberán ser frescas para ayudar a la introducción de la tuberización de los tallos (SEP, 1983).

Suelo

La papa se desarrolla bien en suelos francos y arenosos con buen contenido de materia orgánica y drenaje óptimo. En lo referente al pH éste debe estar entre 6.5 y 5.0, es una planta tolerante a la salinidad, con valores de 64,000 a 2,560 ppm

(10 a 4 mmho). Se recomiendan suelos profundos, no menores a unos 30 cm.; con pH de 5.0 a 7.1 no se recomiendan suelos con piedras, grava o demasiados arcillosos. (Alonso, 1996).

Luz

El tubérculo no requiere luz para brotar, sin embargo, cuando la planta emerge necesita bastante luz para su desarrollo; las temperaturas altas durante mucho tiempo reducen la producción (SEP, 1983). Todas las especies y variedades de papa crecen más en días largos y disminuyen su crecimiento cuando los días se acortan, la papa por regla general florece más abundantemente cuando los días son más largos (Montaldo, 1984).

Agua

La planta necesita una provisión de agua continua durante la etapa de crecimiento; la cantidad total de agua para el desarrollo del cultivo es de aproximadamente 500 mm. (SEP, 1983). El cultivo de papa responde bien al riego y su crecimiento es mejor cuando la humedad del suelo se mantiene cerca de la capacidad de campo; la falta de agua se manifiesta por clorosis y marchitamiento de las hojas. La presencia de humedad en el suelo es dañina en el último periodo de desarrollo de los tubérculos especialmente cuando ya están formados, lo que ocasiona nuevos crecimientos vegetativos de la planta con su correspondiente depósito de almidón, lo que a su vez provoca tubérculos con hijos y rajaduras que disminuyen la calidad de estos (Montaldo, 1984).

Altitud

Reportan que la papa cultivada prefiere altitudes que oscilan entre los 1500 a 2000 msnm, pero se le puede cultivar a muy diversas altitudes debido a su gran adaptación y sus numerosas variedades.

Aspectos Agronómicos del Cultivo

Fecha de siembra

En la región de Coahuila y Nuevo León la siembra de este cultivo se realiza a fines del mes de Febrero hasta fines de Julio. Las labores previas a la siembra consisten en:

Preparación del suelo

El cultivo de la papa requiere de adecuadas condiciones de suelo; por lo tanto, una buena preparación permitirá tener un suelo bien mullido y, en consecuencia, obtener un mejor desarrollo de las plantas y altos rendimientos, este cultivo requiere un suelo liviano, franco-arenoso, profundo, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica; por ello se requiere llevar a cabo una buena preparación del suelo y realizar las siguientes prácticas:

Subsoleo

Este es necesario realizarlo después de la cosecha; esto es durante los meses de Noviembre y Diciembre, el cual tiene como función romper la capa compacta que se forma por el paso de la maquinaria. Esto proporciona un mejor drenaje, favorece la penetración de las raíces, mejora la absorción y retención de humedad. Además, permite una mejor aireación del suelo.

Barbecho

Esta práctica es conveniente llevarla a cabo después del subsoleo, durante los meses de Noviembre o Diciembre a una profundidad no menor de 35 cm. De esta forma las plagas del suelo, larvas, huevecillos y algunos patógenos causantes de enfermedades, quedan expuestos durante el invierno al intemperismo y también pueden ser eliminados por algunos enemigos naturales, como las aves o bien, deshidratados por el sol.

Rastreo

Después del barbecho, se lleva acabo el rastreo, el cual se debe hacer durante los meses de Enero a Marzo. Este tiene como función romper los terrones que quedan después del barbecho. Puede hacerse en forma sencilla o cruzada con el objeto de que quede el suelo bien mullido de esta manera se logra tener una buena cama de siembra donde el tubérculo encuentra las condiciones adecuadas para la emergencia y desarrollo de la futura planta.

Empareje o nivelación

La nivelación del terreno es necesaria para lograr un mejor aprovechamiento y manejo del agua y así evitar encharcamientos causados por los riegos o la lluvia, ya que estos favorecen el desarrollo de patógenos que causan enfermedades al cultivo.

Surcado

Esta práctica es la última que se realiza para que el terreno este listo para sembrar y, el distanciamiento que se da entre surcos, generalmente es de 92 a 100 cm entre surco y surco.

Trazo de riego

El trazo de riego es un factor importante en este cultivo ya que tanto las deficiencias como los excesos de agua provocan la disminución en el rendimiento y la calidad de este cultivo. Si el riego es por gravedad, es recomendable emplear una pendiente mínima lo más cercana al cero para lograr una distribución uniforme del agua. Por otra parte después de la siembra en pendientes superiores al 1.5 % que cuentan con riego de aspersión, es necesario realizar contras o diques” entre los surcos cada 2 m para favorecer la filtración del agua, evitar escurrimientos y erosión de los surcos, que en condiciones extremas cuando se aplica el riego de nacencia elimina completamente el surco y queda la semilla expuesta a la intemperie.

Escardas

Generalmente se realizan dos, la primera se lleva a cabo a los 20 días después de que emergen las plantas y la segunda a los 40 días, con el objeto de aflojar el terreno y destruir las malas hierbas que se encuentran entre los surcos y proporcionan un mejor sostén de las plantas.

Deshierbe

Se recomienda efectuar cuando menos dos deshierbes uno después de cada escarda; se harán a mano o con azadón en forma de raspa en las hileras de plantas.

Tratamiento de la semilla

Se recomienda sembrar en húmedo, depositando el tubérculo-semilla en el fondo del surco a una profundidad de 10 a 15 cm. Para la prevención de las enfermedades se sugiere aplicar el suelo Benlate en dosis de 1.5 Kg. / ha + 4 kg/ha de Captan. Si existe el riesgo de Rhizoctonia se sugiere aplicar Monceren 25 WP, en dosis de 5 a 10 kg /ha. Así mismo, si se ha observado la presencia de nematodos en suelo es recomendable la aplicación de Furadan 5G, en dosis de 40 a 50 kg/ha.

Siembra

Posteriormente se realiza la siembra, esta generalmente es manual, en tierra húmeda, a una profundidad de 15 a 20 cm.; utilizando de 1,300 a 1,500 Kg. de semilla /ha (Meléndez, 1980).

Requerimientos Nutricionales

Fertilización

Entre los factores que afectan a la producción de papa, el estado nutricional tiene especial importancia por su efecto directo en el rendimiento y calidad de los tubérculos y por su relación con otros factores que afectan en el desarrollo de la planta como son la resistencia a enfermedades la duración del ciclo vegetativo, la época de tuberización, la proporción de la parte aérea y tubérculos etc.

El estado nutricional de las plantas en el campo depende principalmente de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y estos, a su vez, dependen de las condiciones naturales de fertilidad de suelo, de los fertilizantes(orgánico e inorgánico) agregados al suelo y de las características del suelo que condicionan la disponibilidad de los elementos nutritivos.

La zona productora de papa en el sureste de Coahuila y Nuevo León, se caracteriza por su bajo contenido de materia orgánica, alto contenido de carbonatos de calcio y alto pH, se ha hecho un uso intensivo de los suelos durante muchos años, por lo que es necesario añadir fertilizantes al suelo para poder obtener altos rendimientos.

Hasta la fecha se ha demostrado la esencialidad de 13 elementos minerales para las plantas superiores; estos se clasifican de acuerdo a las cantidades que existen en las plantas en micronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio,

calcio y azufre) y micronutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, boro y cloro).

Las cantidades de cada elemento que son extraídas por el cultivo de papa dependen de la producción de tubérculos, de la variedad, de las condiciones climáticas, de la disponibilidad de agua de la infección por enfermedades y del manejo del cultivo en general.

Los elementos extraídos en mayores cantidades por los tubérculos son el potasio y el nitrógeno (más de 160 Kg/ha), le siguen fósforo, calcio, magnesio y azufre (menos de 50 Kg/ha) y por último los microelementos que son extraídos en cantidades muy pequeñas (generalmente menos de 1 Kg/ha) (Villavicencio; et al 2007).

Nutrición del Cultivo

Nitrógeno (N)

Es un constituyente de la clorofila, de las proteínas y ácidos nucleicos y por lo tanto su influencia más notoria es en el crecimiento de las plantas. Su deficiencia se manifiesta principalmente como una clorosis de las hojas más viejas y un achaparramiento de las plantas. Las deficiencias de nitrógeno pueden aumentar la susceptibilidad de las plantas al ataque de *Verticillium* y tizón temprano (*Alternaria solani*).

Generalmente se considera al nitrógeno como el elemento que tiene la mayor influencia sobre el rendimiento de los cultivos, y en el cultivo de papa los excesos de nitrógeno pueden afectar el rendimiento más que en otros cultivos. Los excesos de nitrógeno pueden retrasar la época de tuberización de las plantas, alargar el ciclo vegetativo del cultivo y promover un crecimiento exuberante del follaje a costa de un menor rendimiento de tubérculos. La calidad de fritura de los tubérculos, determinada principalmente por su densidad específica y su contenido de azúcares reducidos, también puede ser afectada negativamente por los excesos de nitrógeno.

Fósforo (P)

Es un constituyente de la membrana celular y de los ácidos nucleicos. Sin embargo, su importancia es reconocida principalmente por su función como transportador de energía en los procesos fisiológicos de las plantas. El fósforo puede propiciar un rápido desarrollo de las plantas y una tuberización temprana. La deficiencia de fósforo puede disminuir el crecimiento de las plantas y las hojas de algunas variedades pueden enrollarse y adquirir coloraciones púrpura. En la región de Navidad N. L; se ha observado en plantas de la variedad Alpha deficientes en fósforo, una clorosis general, hojas pequeñas y un hábito de crecimiento erecto. La falta de fósforo puede aumentar la susceptibilidad de las plantas de papa al ataque del virus que causa el enrollamiento de la hoja (PLRV). Las deficiencias de fósforo son comunes bajo condiciones normales en el campo debido a la baja movilidad del fósforo en el suelo y la baja eficiencia de absorción de este elemento que tienen las raíces de las plantas de papa.

Potasio (K)

Sus principales funciones son como activador de enzimas y como regulador de la presión osmótica en las células. En las plantas de papa por ser grandes productoras de almidón, el potasio adquiere especial importancia puesto que participa como activador de enzimas que intervienen en la síntesis del almidón. En plantas deficientes en potasio puede ocurrir una acumulación de carbohidratos solubles (azúcares) y disminuir la producción de almidón. De esto, se deduce que la baja calidad de fritura de los tubérculos, asociada con una acumulación de azúcares reducidos y una baja densidad específica, puede ser provocada por deficiencias de potasio. La resistencia al transporte y al almacenaje de los tubérculos también puede disminuir debido al abastecimiento inadecuado de potasio.

Los síntomas visuales de deficiencia de potasio en el follaje consisten en necrosis de los márgenes de las hojas viejas, daño que se puede extender al resto de la hoja. Las plantas deficientes en potasio son más susceptibles al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y a la marchitez por *Verticillium*.

Calcio (Ca)

La mayor importancia del calcio en las plantas está relacionado con su capacidad de coordinación para interconectar diversas moléculas, principalmente en las paredes celulares. El calcio también interviene en el crecimiento de las células. Los síntomas visuales de severas deficiencias de calcio en las plantas son

acaparamientos y necrosis de los puntos de crecimiento. Debido al papel del calcio en la estabilidad de las paredes celulares, éste elemento tiene gran importancia en la resistencia de los tubérculos al transporte y al almacenaje y también sobre la calidad de fritura, ya que aumenta la densidad específica de los tubérculos y evita el colapso de las células durante el proceso de freído. Afortunadamente, los suelos del sureste de Coahuila y Nuevo León son calcáreos y con abundancia de calcio, por lo que no se han observado deficiencias de este elemento en las plantas. Los suelos del valle de Navidad, N. L. contienen mucho más carbonatos de calcio que los suelos de la Sierra de Arteaga, Coahuila, hecho que podría explicar parcialmente la mayor calidad de fritura que generalmente caracteriza a las papas de la región de Navidad N. L.

El ciclo del cultivo es de aproximadamente 120 a 150 días dependiendo de la región y cultivar (Lino, 1997).

Enfermedades Asociadas al Cultivo de Papa

El término enfermedad es el mal funcionamiento de las células y tejidos del hospedante debido al efecto continuo sobre estos últimos de un organismo patógeno o factor ambiental que origina la aparición de los síntomas. Las enfermedades se clasifican en infecciosas o bióticas (causadas por organismos) y enfermedades no infecciosas o abióticas (causadas por factores ambientales).

A continuación se enlistan las enfermedades infecciosas que atacan al cultivo de papa. (Enríquez, 1998):

- a) Enfermedades causadas por hongos: 46
- b) Enfermedades causadas por procariontes (bacterias y fitoplasmas): 12
- c) Enfermedades causadas por plantas superiores parásitas: 1
- d) Enfermedades causadas por virus: 18
- e) Enfermedades causadas por nematodos: 5

Características de las Nuevas Variedades de Papa del INIFAP.

Variedad Romana

La variedad Romana (91-9-3), se obtuvo de la crucea efectuada en 1991 entre los progenitores Ileri y Atlantic. Ileri fue generado por el INIFAP con resistencia durable y estable al tizón tardío y calidad apta para la industria de hojuelas. La variedad Atlantic fue generada por el USDA con excelente calidad para la industria, inmune al PVX y resistencia al nematodo dorado cepa A. La variedad Romana, fue obtenida utilizando el método de hibridación, seguido de la selección clonal sugerido por Rivera y Peña (2001).

Las plantas de esta variedad tienen un hábito de crecimiento semi-erecto del tipo *tuberosum*, de hojas compuestas medianas, flores de lila con color secundario blanco y un tubérculo redondo, estas características representan la descripción varietal en

papa, de acuerdo al SNICS (1999). La variedad Ramona es de ciclo intermedio de 90 a 110 días después de emergencia (dde), menor a la variedad Alpha con 120 dde, presenta de 8 a 10 tubérculos por planta, de forma redonda, color de la piel en amarillo-crema, rugosidad media y presencia superficial de yemas. El color de la pulpa es blanco, con 20 a 22 % de sólidos y de 98 a 100 % de color en la hojuela., Es tolerante al tizón tardío, marchitez de planta y granizo; se tiene huella genética de la variedad.

Esta variedad ha tenido buenos resultados en el Noreste (Sierra de Arteaga, en Coahuila y el valle de Navidad, en Galeana, Nuevo león) con una media de 43 t ha⁻¹ en 12 ambientes y en la región del Bajío en Guanajuato (en tres ambientes) con 48 t ha⁻¹ (Parga, 2005). Esta variedad presenta buena estabilidad de adaptación y puede utilizarse en las zonas productoras de papa en Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas. Estos estados del país representan los agroecosistemas de Sierras Temporal, Sierras Riego, Valles Temporal y Valles Riego, en altitudes de 1,000 a 3,500 msnm (Parga, 2005).

Variedad Enrica

La variedad Enrica (91-10-1), se obtuvo de la crucea efectuada en 1991 entre los progenitores Murca y Nook Sack. Murca fue generado por el INIFAP con resistencia durable y estable al tizón tardío y calidad no apta para la industria de hojuelas. La variedad Nook Sack fue generada por el USDA con excelente calidad para la industria, susceptible al tizón tardío y resistencia al virus Y.

La variedad Enrica, fue obtenida utilizando el método de hibridación, seguido de la selección clonal sugerido por Rivera (2001).

Las plantas de esta variedad tienen un hábito de crecimiento arbustivo del tipo *tuberosum*, de madurez intermedia, con presencia intermedia de flores de color púrpura y un tubérculo alargado, estas características representan la descripción varietal en papa de acuerdo al SNICS (1999). La variedad Enrica es de ciclo intermedio de 90 a 110 días después de emergencia (dde), menor a la variedad Atlantic con 90 a 100 dde, presenta de 8 a 10 tubérculos por planta, el tubérculo tiene forma oblonga. El color de la pulpa es crema, con 18 a 20 % de sólidos y de 95 a 100 % de color en la hojuela. Es tolerante al tizón tardío, marchitez de planta y granizo; se tiene la huella genética de la variedad.

La variedad Enrica, ha tenido buenos resultados en el Noreste (sierra de Arteaga, en Coahuila y el valle de Navidad, en Galeana Nuevo León) con una media de 45 t ha⁻¹ en 12 ambientes y en la región del Bajío (León) en Guanajuato con 60 t ha⁻¹ (Parga, 2005). Esta variedad presenta buena estabilidad de adaptación y puede utilizarse en las zonas productoras de papa en Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas. Estos estados del país representan los agroecosistemas de Sierras Temporal, Sierras Riego, Valles Temporal y Valles Riego en altitudes de 1,000 a 3,500 msnm (Villavicencio; *et al* 2007).

Variedad Bayonera

La variedad Bayonera (91-25-4), se obtuvo de la cruce efectuada en 1991 entre los progenitores Ileri y USA-4, mediante el método de hibridación y selección clonal. Sus características son: planta con hábito de crecimiento arbustivo del tipo *tuberosum*, de madurez intermedia, con presencia abundante de flores color blanco y un tubérculo redondo; lo anterior, representa la descripción varietal en el cultivo de papa.

Esta variedad es de ciclo intermedio de 90 a 100 días después de emergencia (dde), menor a la variedad Alpha con 120 dde, y similar a la variedad Atlantic con 90 a 100 dde. Su rendimiento en campo presenta de 8 a 10 tubérculos por planta, es tolerante al tizón tardío, marchites de planta y granizo.

La variedad Bayonera, ha tenido buenos resultados en el Noreste del país (sierra de Arteaga, en Coahuila y el valle de Navidad, en Galeana, Nuevo León) con una medida de 45 t ha⁻¹ en 12 ambientes de la región y en el bajío (León) en Guanajuato con 50 t ha⁻¹, esto representa un aumento del rendimiento de 15 a 25% respecto a la variedad Alpha y de 29 a 32 % respecto a la variedad Atlantis. Además presenta buena estabilidad de adaptación y puede utilizarse en las zonas productoras de papa en Chihuahua, Guanajuato, Jalisco, México, Michoacán, Puebla, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas. Estos estados del país, representan los agroecosistemas de sierras Temporal, Sierras Riego, Valles Temporal y Valles Riego, en altitudes de 1,000 a 3,500 msnm. La variedad "Bayonera", es excelente opción para las zonas productoras de papa, ya que

además de sus características agronómicas favorables, es aceptable para el mercado fresco e industria (Parga, 2005).

Técnicas para la Multiplicación de Semilla

La producción de semillas de papa de alta calidad, solo es posible mediante la implementación de técnicas especializadas de producción inicial como: termoterapia, cultivo de meristemos, multiplicación de plántulas *in-vitro*, producción de plántulas en el sistema autotrófico hidropónico (S.A.H) y, producción de tubérculos prebásicos bajo condiciones ambientales controladas e inspeccionadas con estrictas normas técnicas y de calidad.

Definitivamente la Biotecnología, ha aportado grandemente a la producción de semilla de papa de alta calidad, pues ésta se ha insertado dentro de un gran proceso de producción, que termina con la provisión de semillas categoría certificada en beneficio de los agricultores. Por las características de multiplicación asexual, la papa puede considerarse como una planta “modelo” para la investigación y producción mediante métodos biotecnológicos, por su excelente respuesta a una serie de técnicas *in vitro*, ya que por ser un cultivo de propagación vegetativa, ha sido uno de los pocos cultivos en que realmente se ha llegado a resultados relevantes y prácticos inclusive, el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del CESAL - INIFAP, se desarrolló inicialmente en torno a esta especie así, mediante la aplicación de termoterapia y cultivo de meristemos se han

obtenido plantas *in vitro* libres de patógenos de todas las variedades mejoradas generadas por el INIFAP (Parga, 2007).

Producción de Vitroplantas en Laboratorio

El cultivo de tejidos vegetales, es una técnica que consiste esencialmente en aislar una porción de la planta (explante) y proporcionarle artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su potencial intrínseco o inducido. Para esto se requiere de un medio de cultivo y condiciones apropiadas para promover el crecimiento del explante. Lo anterior debe llevarse a cabo en forma aséptica, es decir el cultivo debe estar libre de contaminantes, bacterias y hongos principalmente (Morozava; *et al* 1978).

Cultivo de Ápices Meristemáticos *in vitro*

El método tradicionalmente usado para obtener plantas libres de virus es la utilización de los ápices meristemáticos cultivados *in vitro*. Esta técnica se basa en la premisa de que los virus son incapaces de invadir o de persistir en los meristemas apicales.

Aunque esta teoría no siempre es verdadera (Meléndez; *et al.* 1980). Según este mismo autor es necesario clarificar la terminología, ya que el término cultivo de meristemas ha sido utilizado indiscriminadamente para describir piezas de tejido de 0.1 a 1.0 cm la unidad más comúnmente usada para obtener plantas libres de virus es el domo apical meristemático de aproximadamente 0.1 a 0.5 mm en longitud y amplitud; indica también que la división entre primordios foliares y

domo no es muy fácil de distinguir; que la concentración de virus disminuye en los últimos 5 mm del ápice y que la probabilidad de obtener plantas libres de virus aumenta cuando se toman piezas más pequeñas de tejido meristemático inicial, aunque la ocurrencia de estos agentes infecciosos en los meristemos no esta bien establecida aún.

Es evidente que existe una gama de métodos para obtener plantas libres de virus, aunque también es importante conocer que son los virus y como podemos detectarlos, ya que en base a ello se puede elaborar estrategias de cómo tratar de eliminarlos.

El método más comúnmente utilizado para la obtención de plantas libres de virus es el cultivo de meristemos apicales del tallo, aunque llegan a utilizarse yemas axilares también para tal fin, las razones que se esgrimen para obtener plantas libres de virus de estas estructuras son muchas, pero las más aceptadas y difundidas son el hecho de que los meristemos tienen altas tasas de multiplicación en contraste con la replicación viral y no tienen conexiones vasculares para transportar estos agentes patógenos. Si al cultivo de meristemos se aplica un tratamiento previo con calor, se asegura de cierta manera que las plantas obtenidas sean libres de determinado virus. La razón principal por la cual las células meristemáticas son indemnes a los virus y posiblemente a los fitoplasmas es que el meristemo carece de tejidos vasculares, que es por donde se propagan los virus y los fitoplasmas que van contaminando a la planta.

- El meristemo apical tiene una mayor velocidad de crecimiento y en consecuencia el virus "no alcanza" al meristemo.
- En una célula meristemática el virus tiene mayor dificultad de acoplamiento con los ribosomas debido a que estas células tienen un código de trabajo muy definido.
- Existe una competencia por uso de algunos metabolitos entre células y virus.

Método de Termoterapia

Para la apreciación parcial de un concepto integral de calidad de la semilla se considera la apariencia externa del tubérculo, estado de conservación, brotamiento y presencia de síntomas visuales de plagas y enfermedades, para esto se recurre al análisis de enfermedades virósicas por métodos serológicos dentro de este concepto se incluyen dos grandes grupos de factores relacionados a la fisiología y sanidad, estos factores tienen íntima relación con las condiciones climáticas del lugar de producción, con el proceso productivo mismo y con el manejo poscosecha de la semilla (Alonso, 1999).

Las enfermedades ocasionadas por virus son las de mayor importancia en el establecimiento de un cultivo de semilla de papa.

Wright (1988), nos indica que los métodos que han utilizado para la obtención de plantas libres de virus; como la termoterapia ha dado mejores resultados. Esta forma de liberar materiales infectados de virus, consiste en la aplicación de altas temperaturas a la planta completa o partes aisladas.

Durante el tratamiento de calor se inhibe la multiplicación de virus manteniendo el metabolismo de la planta a niveles que aun le permiten sobrevivir. El procedimiento común de aplicar la termoterapia en el cultivo de papa consiste en someter a la plántula a calor (30°C) por tres o cuatro semanas, dependiendo de la variedad o clon que se trate (López y Zavala, 1998).

La termoterapia puede utilizarse combinada con el cultivo de meristemas, siendo a veces la única posibilidad de regenerar plantas libres de virus. En los casos en que no es imprescindible permite aumentar el tamaño de los explantos mejorando la tasa de regeneración de plantas (Wareh *et al*; 1989).

Pruebas Serológicas

Las pruebas serológicas para los virus de plantas se realizan con varios propósitos de los cuales los siguientes son los más importantes:

- a. Para checar presencia de virus en plantas, como por ejemplo en estudios de diagnóstico y detección de los mismos en programas de semillas.

- b. Para determinar el grado de relación antigénica entre las partículas de diferentes virus o aislamientos de los mismos.
- c. Para determinar la cantidad de nucleoproteínas de los virus o de proteínas en una preparación.
- d. Para localizar virus en tejidos o células.
- e. Para proporcionar información sobre la estructura de las partículas de los virus.

El término ELISA es un acrónimo formado de Enzyme-Linked-Immunesorbent Assay. Es el método serológico más difundido actualmente, dado su alta sensibilidad, rapidez y permite estimar cuantitativamente al virus (Salazar, 1983).

Esta técnica consiste básicamente en la retención de partículas de virus por anticuerpos absorbidos a placas plásticas de microtitulación y la revelación colorimétrica de la presencia de esas partículas por anticuerpos conjugados a una enzima. Puesto que una pequeña cantidad de enzima puede hidrolizar una cantidad mayor de sustrato, la reacción se ve así amplificada y por ello aumenta la sensibilidad de la técnica. La hidrólisis del sustrato da lugar a un cambio de color de la solución y esto permite determinar los resultados visualmente o cuantificarlos por medio de un colorímetro.

Existen varias modificaciones de ELISA, el utilizado en la detección de Tristeza es el método original (directo) el cual fue denominado de doble anticuerpo o "Sandwich".

Micropropagación en Papa

Espinoza *et al.* (1985) y López-Delgado (1999), mencionan que la producción de papa se ve limitada por la falta de semilla de calidad libre de patógenos. En la agricultura el cultivo de tejidos puede abarcar varios aspectos; propagación clonal, eliminación de virus y almacenamiento de germoplasma. El cultivo de tejidos como técnica consiste esencialmente en aislar una porción de la planta (explante) y proporcionarle artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su potencial intrínseco o inducido. Es necesario además adoptar procedimientos de asepsia para mantener los cultivos libres de contaminación microbiana.

A través del cultivo de tejidos es posible obtener plantas libres de patógenos y particularmente de virus. Aunque es necesario aclarar que esto no significa obtener plantas resistentes a estos patógenos. El cultivo de tejidos permite manipular los mecanismos de diferenciación celular así como los factores físicos y químicos que los regulan, por lo que en papa las técnicas de micropropagación pueden utilizarse en programas de propagación masivo y en fitomejoramiento (Pierik, 1990).

El cultivo de tejidos en papa permite:

- a) Generar un banco de germoplasma con material sobresaliente.
- b) Propagar clonalmente un gran número de plántulas libres de patógenos en corto tiempo.
- c) Realizar la micropropagación todo el año o bien programar la producción para períodos cuando exista mano de obra disponible.
- d) Conservar material en condiciones controladas.
- e) Contar con material para propagación y/o exportación permanentemente.
- f) Emplear poca mano de obra (López, *et al.* 1998; Escalante, 1989).

La propagación *in vitro* es el método más rápido y seguro para mantener la sanidad del material. Los explantes cualquiera que sea su naturaleza requieren de un medio que suministre un balance nutricional adecuado, para que a corto plazo se obtenga un crecimiento óptimo (Toledo *et al.*; 1998). Existen diferentes medios de crecimiento, por lo que su selección depende del objetivo que se persigue (establecimiento, micropropagación, cultivo de meristemas, conservación, tuberización, etc). El medio que más se ha utilizado en el cultivo *in vitro* de papa es el Murashige y Skoog (1962), el cual es adicionado con diferentes dosis de fitohormonas, vitaminas y/o ajustadores osmóticos dependiendo los intereses establecidos (Jiménez, 1992; Toledo *et al.* 1998; López-Delgado, 1999). El crecimiento de las plántulas dependerá del factor anterior así como de las condiciones ambientales del cuarto de incubación y características del clon y/o variedad (Toledo *et al.*, 1998).

Medio de Cultivo

Para un crecimiento vigoroso y saludable de los explantes se necesita de un medio de cultivo base (MCB) para que éstos tomen del medio las cantidades de iones inorgánicos (macronutrientes-sales de nitrógeno, potasio, calcio, fósforo, magnesio y azufre) y pequeñas cantidades de otros iones (micronutrientes- sales de hierro, manganeso, zinc, boro, cobre, molibdeno y cobalto). El medio de cultivo para estos tejidos y órganos vegetales no solamente está constituido por macro y micronutrientes, sino que contiene carbohidratos, usualmente sacarosa, para reemplazar el carbono, el cual la planta normalmente fija de la atmósfera por medio de la fotosíntesis. Mejores resultados se obtienen al incluir en pequeñas cantidades ciertos compuestos orgánicos, como vitaminas, aminoácidos y reguladores del crecimiento.

Para papa, el medio de cultivo se encuentra constituido por los siguientes componentes:

1. Sales inorgánicas.
 - a) Macronutrientes
 - b) Micronutriente
2. Vitaminas.
3. Reguladores del crecimiento (fitohormonas).
4. Amino ácidos y suplementos orgánicos.
5. Carbohidratos.

6. Agua.
7. Agente solidificante.
8. Suplementos no definidos.

Sales Inorgánicas

Macronutrientes. El cultivo de tejidos requiere de una fuente continua de ciertas sustancias químicas inorgánicas. Además de carbono, hidrógeno y oxígeno, los elementos son requeridos relativamente en grandes cantidades y son principalmente: N, P, K, Ca, Mg y S.

Micronutrientes. Las células vegetales requieren ciertos micronutrientes, los más esenciales con: Fe, Mn, Zn, Bo, Cu, Co y Mo. Los últimos cinco elementos son esenciales para la síntesis de clorofila y la función de los cloroplastos.

- ✓ El Fe es requerido para la formación de precursores de la clorofila.
- ✓ Mn es necesario para el mantenimiento de la ultra estructura y el proceso fotosintético (la actividad del fotosistema II es proporcional al contenido de Mn).
- ✓ Cu y Zn son requeridos para la oxidación e hidroxilación de compuestos fenólicos.
- ✓ Mo y Fe forman parte de las enzimas nitrato reductasa y nitrogenasa.
- ✓ Co es el metal componente de la vitamina B12.
- ✓ Bo es necesario para el mantenimiento de la actividad meristemática, está involucrado en la síntesis de bases nitrogenadas, uracilo en particular.

Varios micronutrientes están relacionados con la actividad de los reguladores del crecimiento.

Agentes Quelatos

Son compuestos cuyas moléculas son capaces de detener un ión de un metal con varias uniones químicas formando un anillo complejo (un quelato). Ejemplo: EDTA (ácido etilendinitrotetra-acético). Bajas concentraciones de EDTA estimulan el crecimiento, haciendo que el hierro, haciendo que el hierro esté disponible en bajas cantidades.

Vitaminas

Son necesarias para llevar a cabo una serie de reacciones catalíticas en el metabolismo y son requeridas en pequeñas cantidades. Las vitaminas que se utilizan frecuentemente son:

- ✓ Tiamina: (vitamina B1) se añade como tiamina HCl en cantidades que varían de 0.1 a 30 mg/L. Esta es realmente la única vitamina esencial para el crecimiento de células.
- ✓ Ac. Nicotínico (Niacina).
- ✓ Piridoxina (Vitamina B6) se añade como piridoxina-HCl.
- ✓ Mio-inositol, se denomina también meso-inositol ó i-inositol, no es una vitamina propiamente, sino un azúcar-alcohol. Tiene un efecto estimulante sobre la morfogénesis, probablemente participa en la vía biosintética del ácido galacturónico, ayudando a la formación de varios constituyentes celulares como el ácido ascórbico, ayudando a la formación de varios

constituyentes celulares como el ácido ascórbico y la pectina, y además a otros compuestos que intervienen en la división celular. Ácido pantoténico, ayuda al crecimiento de ciertos tejidos.

Reguladores del Crecimiento

- a) Auxinas
- b) Citocininas
- c) Ácido giberélico
- d) Ácido abscísico

Sin duda alguna, los componentes del medio que más influyen en el establecimiento de los cultivos *in vitro*, son los reguladores de crecimiento. Las auxinas, como el ácido indolacético (AIA), el ácido naftalenacético (ANA) y el ácido 2, 4-diclorofenoxiacético (2, 4-D), promueven la división celular. La presencia de uno u otro a la combinación de ambos tipos de reguladores de crecimiento inducen diferentes respuestas en el material cultivado (Salisbury, 1994).

- a) **Auxinas:** Ayudan a la expansión o alargamiento celular.
- b) **Citocininas:** Promueven la división celular y organización de callos.
- c) **Ácido giberélico o giberelinas:** Promueven la elongación, y reprimen la formación de brotes y de cualquier clase de tejido organizado.

Aminoácidos

Ningún aminoácido se ha encontrado esencial para el crecimiento en cultivo de tejidos; sin embargo, existen varios que se han utilizado.

Los aminoácidos le proporcionan una fuente inmediata de nitrógeno y su entrada puede ser mucho más rápida que el nitrógeno inorgánico en el mismo medio. También pueden actuar como agentes quelantes.

Carbohidratos

Son utilizados como fuente de energía y carbono. Sacarosa es el azúcar empleado universalmente. Le siguen glucosa, maltosa, rafinosa, fructosa y galactosa, manosa y lactosa.

Agentes Solidificantes

Se ha empleado el agar como un sistema de “soporte” en la preparación de medios sólidos o semisólidos. Las ventajas que representan el agar son:

- a) Con agua el agar forma geles que se derriten a 100°C y se solidifican a 45°C. Esto significa que este gel es estable a todas las temperaturas de incubación.
- b) El agar no es digerido por las enzimas de las plantas.
- c) El agar no reacciona con los constituyentes del medio.

Producción Intensiva de Vitroplantas

La primera técnica variación de multiplicación fue la utilización de plántulas in vitro, en vez de esquejes enraizados para la producción de minitubérculos. Esta innovación fue posible gracias al desarrollo de metodologías de laboratorio que facilitaron la producción masiva de plántulas a partir de secciones de tallo en medio de cultivo. La juvenilidad de material in- vitro generalmente resulta en una alta capacidad productiva de minitubérculos por unidad de superficie. Los rendimientos se sitúan entre 300 y 800 tuberculillo/m² pudiéndose obtener hasta tres cosechas por año, sin embargo, la producción masiva de plántulas in vitro requiere de instalaciones apropiadas y personal calificado (Alonso, 1999).

Proceso para la Certificación de Semilla de Papa

En un programa de semillas debidamente organizado desde la investigación, hasta que el producto final sea consumido, la semilla tiene que pasar por la producción de diferentes categorías es decir semilla prebásica, semilla básica, semilla registrada, semilla certificada para finalmente llegar al agricultor quien producirá y entregará el producto al consumidor final. Siguiendo esta cadena es misión del ente creador de las variedades producir las categorías altas, es decir prebásica, básicas y registradas, y las empresas productoras de semillas son las encargadas de multiplicar la categoría certificada. La fiscalización del comercio de semilla, la hace el Ministerio de Agricultura en las categorías básica, registrada y certificada y, en el caso de que exista déficit de semillas certificadas la ley como

en todos los países, contempla que los productores autorizados puedan multiplicar la categoría seleccionada o fiscalizada. Un programa de semillas debidamente organizado proporcionará las semillas de las variedades mejoradas es decir aquellas que tienen características superiores de rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, precocidad, etc., y que estén a disposición de los agricultores para sean ampliamente utilizadas por ellos.

Producción de Minitubérculos en Invernadero

La producción de minitubérculos es un trabajo de mucho conocimiento y constancia a continuación describiremos algunos factores que se deben tomar en cuenta para obtener buenos resultados:

Aspectos Agronómicos

El sustrato debe ser estéril, con excelente retención de agua, aeración y permeabilidad, estas características deben poderse obtener en cualquier época del año y aún cuando pasen los años. Si se piensa en tierra de hoja por ejemplo nunca tendremos la garantía del comportamiento y calidad de nuestro sustrato. Se recomienda la utilización peat mos, con perlita (agrolita) y una porción negra de monte, esto ajustado a un pH de 5. El ajuste de pH debe hacerse de preferencia con cal dolomítica que además de carbonato de calcio tiene magnesio. Esta mezcla garantiza un 98% de prendimiento.

Al momento del trasplante se debe tener el sustrato húmedo, una película de agrífono o manta de cielo de 20 cm de altura, una vez concluido el trasplante y humedecerlo cada 20 minutos durante el día y procurar que permanezca seco en la noche. Esta película se debe retirar en 10 días. El trasplante se hace enterrando la planta dejando el brote apical y dos axiales, por lo que no es del todo conveniente tener plantas demasiado grandes porque se pudieran deshidratar más rápidamente.

La fertilización en estos 15 días es de suma importancia, se debe aplicar 150 ppm de nitrato de calcio cada tercer día tres aplicaciones, esto promoverá el crecimiento radicular. A la siguiente semana se recomienda aplicar nitrato de amonio 150 ppm más 50 ppm de sulfato de magnesio, esto logrará un rápido crecimiento del follaje (Velasquez, 1990).

Aporque

Este se hace a los 35 días, cuando la planta mide unos 15 cm de alto; el aporque debe hacerse con tierra negra de monte, una capa de 5 cm es suficiente. Se puede aprovechar para ajustar el pH del suelo y si se desea agregar un poco más de fertilizante o fungicidas al suelo. El aporque se vuelve necesario por la alta densidad de plantación que se tiene, esto causa un agotamiento del suelo y de las condiciones edáficas del mismo.

Tamaño de la Semilla

Normalmente, el abanico de calibres o de la semilla certificada está comprendido entre los 28 mm y los 65 mm en las variedades normales y entre 25 y 60 mm para aquellas variedades en que su longitud es más del doble que se anchura. En campañas excepcionalmente malas se acepta el precintado de tamaños superiores.

Se dice que el calibre de un partido o lote es 35/50 cuando todos los tubérculos de ese lote pasan a través de una malla cuadrada de 50 mm de lado y ninguno de los tubérculos pasa a través de una malla así mismo cuadrada de 35 mm de lado.

En la práctica se suelen hacer tres calibres diferentes: 28/35, 35/50 y 45/65, siendo los dos últimos los más utilizados prefiriendo cada zona y cada agricultor los calibres más gordos o más pequeños. La legislación no permite salvo en casos excepcionales que haya una diferencia de más de 20 mm entre los calibres superior e inferior de un lote.

En general podemos decir que tanto la semilla más gorda como la más pequeña dan el mismo resultado siempre que se alcance la densidad de tallos deseada; sin embargo, la semilla de calibre gordo emerge antes que la semilla de calibre pequeño.

La semilla gorda tiene ventajas sobre la semilla pequeña en determinadas circunstancias:

- ✓ Cuando se dispone de mal almacén para la conservación.
- ✓ Cuando las condiciones de suelo y clima en el momento de la plantación no son favorables.
- ✓ Cuando se produce un ataque de hongos o de plagas a la semilla ya brotada y sembrada.
- ✓ Cuando haya riesgo de helada, granizo o sequía durante la primera parte del cultivo.
- ✓ Cuando se den temperaturas muy altas después de la plantación.
- ✓ Cuando el período de cultivo es corto, ya que produce una emergencia más temprana al acelerar el crecimiento de los brotes.

Para muchos agricultores el tamaño de la semilla es un criterio muy importante por su relación con el costo unitario o por la exigencia de la siembra mecánica. Otros dan mucho valor a la procedencia de la semilla identificando la calidad con la localidad de producción (Alonso, 1999).

Las características más notables de los diferentes tamaños de semilla son:

Semilla Pequeña

Produce más brotes por Kg de semilla produce una emergencia más tardía, presenta más dificultad para alcanzar altas densidades de tallos, si las condiciones del suelo son malas en el momento de la plantación, se produce una emergencia pobre, produce menos tallos por planta, en caso de helada en la primera fase del cultivo, la recuperación es más difícil.

Semilla Gorda

Produce menos brotes por Kg de semilla, produce una emergencia más temprana, tiene más facilidad para alcanzar altas densidades de tallos, si las condiciones del suelo son malas en el momento de la siembra, se produce una mejor emergencia, produce más tallos por planta, en caso de helada al principio del cultivo, la recuperación de éste más fácil (Alonso, 1996).

Tasa de Multiplicación en Campo

Uno de los factores más limitantes para la difusión de nuevas variedades así como para la renovación de semillas de las variedades comerciales es la baja tasa de multiplicación vegetativa de la papa. En América Latina la tasa promedio de multiplicación en campo es de 1:5 en las mejores condiciones. Sin embargo algunos países especializados en producción de semilla esta tasa esta próxima a 1:20. En los países andinos la practica mas frecuente es la selección de los tubérculos grandes para el mercado de consumo y los tubérculos medianos o pequeños para el mercado de semilla; aproximadamente el 50% de la producción se destina al mercado de consumo y solo 50% continua el proceso de multiplicación, esta practica permite que se pierda valioso material y contribuye a reducir drásticamente la tasa de multiplicación. A continuación se presenta la fertirrigación por cama de 1200 plantas de papa en invernadero, misma que ha sido probada por cinco años en Invernamex S. A. de C. V. (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1.- Formulas de fertirrigación en invernadero para la producción de minitubérculos de papa.

COMPONENTE	FORMULA 1			FORMULA 2			FORMULA 3		
	Gramos	%	0.25gr/pl	gramos	%	0.25gr/pl	gramos	%	0.25gr/pl
Nitrato de Calcio	0.1	1.93	5.80	0.2	4.76	28.54	0.2	7.56	68.00
Nitrato de Potasio	0.58	11.22	33.66	0.56	13.32	79.90	0.407	15.38	138.38
Fosfato Diamónico	2.4	46.42	139.26	2.2	52.32	313.91	0.85	32.11	289.01
Sulfato de Magnesio	0.9	17.41	52.22	0.9	21.40	128.42	0.9	34.00	306.01
Ácido Fosfórico	0.86	16.63	49.90	0.015	0.36	2.14	0.05	1.89	17.00
Fertiquel Combi	0.15	2.90	8.70	0.15	3.57	21.40	0.14	5.29	47.60
Quelato Fe	0.18	3.48	10.44	0.18	4.28	25.68	0.1	3.78	34.00
Total		100.00	300		100	600		100	900

COMPONENTE	FORMULA 4			FORMULA 5			FORMULA 6		
	Gramos	%	0.25gr/pl	gramos	%	0.25gr/pl	gramos	%	0.25gr/pl
Nitrato de Calcio	0.23	9.93	119.12	0.245	10.86	162.90	0.2	7.43	133.83
Nitrato de Potasio	0.407	17.57	210.79	0.55	24.38	365.69	0.98	36.43	655.76
Fosfato Diamónico	0.4	17.26	207.16	0.181	8.02	120.35	0.24	8.92	160.59
Sulfato de Magnesio	0.9	38.84	466.12	0.9	39.89	598.40	0.9	33.46	602.23
Ácido Fosfórico	0.05	2.16	25.90	0.05	2.22	33.24	0.04	1.49	26.77
Fertiquel Combi	0.15	6.47	77.69	0.15	6.65	99.73	0.15	5.58	100.37
Quelato Fe	0.18	7.77	93.22	0.18	7.98	119.68	0.18	6.69	120.45
Total		100.00	12000.00		100.00	1500.00		100.00	1800.00

III. MATERIALES Y METODOS

Localización del Experimento

El presente trabajo se llevó acabo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (LCTV) y en el invernadero del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP (Figura 3.2), ubicados en la Delegación de la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) en Saltillo, Coahuila.



Figura 3.2.- Invernadero de producción de semilla de papa del Campo Experimental Saltillo CIRNE – INIFAP.

Características y Áreas del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales.

El Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP esta diseñado y adecuado para la micropropagación de especies con interés alimenticio o ecológico para el norte de México, esta conformado por 4 áreas:

Área de Lavado

Es el área donde se lava y esteriliza todo el material utilizado en los procedimientos de cada una de las áreas, cuenta con el siguiente equipo: autoclave, destilador y deionizador de agua.

Área de Preparación de Medios y Material Vegetativo

En ésta se preparan los distintos medios de cultivo que se utilizan en el laboratorio; cuenta en bodega con reactivos y sustancias para su realización así como, el equipo necesario para llevar acabo los procedimientos; Balanza analítica, Potenciómetro, Agitadores magnéticos, Microondas y Refrigerador.

Área de Siembra y Disección

En esta sala se tienen los máximos cuidados de asepsia, para lo cual se emplea cámaras de flujo laminar de aire, utensilios estériles, cubre bocas, y aire filtrado en la sala. La principal actividad realizada en esta sala es la disección del material vegetal (explantes de papa), el establecimiento in vitro y el subcultivo del material vegetativo.

Área de Incubación.

El área de incubación es un cuarto equipado con estantes donde se coloca el material a incubar. El ambiente es controlado, aquí crecen los diferentes explantes establecidos en tubos, frascos y envases de capacidad variable, el fotoperiodo de 16 horas luz es simulado por lámparas de luz artificial, están a una temperatura de $25 \pm 2^\circ \text{C}$ gracias al sistema de aire acondiciona do. Estos factores se ajustan según las necesidades.

En el Laboratorio de Cultivos de Tejidos Vegetales del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP se realizó la producción intensiva de vitroplantas considerando el protocolo para la multiplicación del germoplasma establecido por Villavicencio (2006), el cual se utilizó para incrementar la producción de vitroplantas de las variedades; Ramona, Enrica y Bayonera previo a la multiplicación se evaluó la calidad fitosanitaria de cada variedad realizando las pruebas de ELISA para cinco tipos de virus (PVX, PVY, PVS, PVA, PLRV) y la prueba de fitoplasmas en un Laboratorio de Fitosanidad certificado. En la etapa de multiplicación el material seronegativo se subcultivó en un medio base cada 6 semanas, estableciendo 25 explantes por envase. En esta etapa se evaluó la tasa de multiplicación considerando como repetición un envase con 25 vitroplantas y evaluando 5 envases por clon.

Procedimiento Experimental

Establecimiento y Cultivo de Meristemas

Las plantas cortadas en campo se llevaron al Laboratorio de Cultivo de Tejidos y se fraccionaron en partes eliminando la raíz y los folíolos. Los tallos aéreos se cortaron en partes más pequeñas para obtener segmentos de tallo con una yema. Estos segmentos se lavaron con jabón, microdin, alcohol y cloro de la siguiente manera.

1. Primeramente se lavaron las yemas con jabón (sin mezclar las yemas típicas con las atípicas) se diluyeron 15 g de jabón en polvo en 300 mL de agua destilada estéril.
2. Se enjuagaron con agua destilada estéril y se utilizó microdin 1.5 mL en 300 mL de agua destilada estéril y se hicieron movimientos para desinfectar lo mejor que se pudiera.
3. Se volvieron a enjuagar con agua destilada estéril para posteriormente sumergirlas en alcohol al 70%, utilizando 210 mL de alcohol y 90 mL de agua destilada estéril.
4. Se enjuagaron nuevamente y se sumergieron en cloro al 50%, utilizando 150 mL de agua destilada estéril y 150 mL de cloro.
5. Posteriormente se realizaron 2 lavados afuera de la campana de flujo laminar y 3 lavados dentro de esta a para eliminar residuos de los desinfectantes y proceder posteriormente a su disección y extracción de meristemas.

Disección de Yemas y Establecimiento de Meristemas

El cultivo de meristemas se hizo tomando yemas al azar de plantas de campo las cuales se desinfectaron haciendo un lavado con agua y jabón, alcohol al 70% y cloro al 50%. Las yemas previamente desinfectadas se extrajeron utilizando un estereoscopio. En la disección se considero el domo meristemático más un par de primordios foliares. Por cada tipo de planta se extrajeron 20 meristemas previamente desinfectados, obteniendo en cada fecha de muestreo un total de 40

meristemas sembrados. Los meristemas extraídos fueron colocados en tubos de ensayo de 15 cm de altura, conteniendo cada tubo 8 mL de medio de cultivo. A las cuatro semanas se cuantificó el porcentaje de contaminación y el porcentaje de plantas obtenidas, de los meristemas de plantas típicas y atípicas establecidos.

Preparación del Medio de Cultivo

El procedimiento para la preparación del medio de cultivo consiste en:

1. Añadir el volumen correcto de cada una de las soluciones de micro y macroelementos o soluciones madres a 250 mL de agua deionizada.
2. Añadir myoinositol, si el medio lo requiere.
3. Incorpora al medio los complejos aditivos que sean parte de la marcha sin son necesarios).
4. Pesar y añadir la sacarosa
5. Aforar
6. Ajustar el pH
7. Vaciar el medio a una probeta y ajustar el volumen total a un litro con agua deionizada. Transferir la solución a un matraz Erlenmeyer.
8. Para un medio sólido, añadir agar, según la concentración requerida.
9. Diluir el medio en una autoclave u olla de presión, en un matraz Erlenmeyer cuyo volumen sea dos veces mayor al volumen del medio por esterilizar.
10. Los recipientes de cultivo deben ser esterilizados antes de agregar el medio.

11. Mientras el medio es esterilizado, cambiar los volúmenes apropiados de todas las soluciones madres (hormonas, vitaminas, aminoácidos, etc.), las cuales deben disolverse en etanol al 70 o 95%, o ser filtradas en un filtro millipore.
12. Una vez que el medio ha sido esterilizado y mientras siga caliente (y se mantenga líquido si contiene agar), añadir las hormonas, vitaminas, etc. colocar nuevamente el tapón del frasco y agitar vigorosamente hasta asegurar una mezcla homogénea.
13. Vaciar el Medio ya completo a los recipientes de cultivo preesterilizados. Es importante no mojar el cuello de estos recipientes con medio de cultivo ya que se puede provocar su contaminación, por tanto es mejor vaciar el medio con ayuda de un embudo esterilizado.
14. Colocar los recipientes de cultivo en un lugar limpio ya sea en forma inclinada o normal para que se enfríe y solidifique el agar.
15. Es mejor no dejar el medio por periodos de tiempo largos antes de usarlo. Es preferible emplearlo dentro de la primera semana después de su preparación.

Pruebas Serológicas

Se realizaron las pruebas serológicas para conocer el estado fitosanitario del germoplasma. Esto se hizo en un laboratorio fitosanitario certificado por el SENACICA. En este laboratorio se realizaron las pruebas serológicas de ELISA (ensayos inmuno absorbentes de enzimas ligadas) al germoplasma referido,

considerando cinco tipos de virus (PVX, PVY, PVS, PVA, PLRV) y una prueba de detección de fitoplasmas. La prueba de ELISA se basa en el uso de enzimas conjugadas a moléculas de anticuerpo (gamma-globulina) para detectar partículas de virus provenientes de extractos de savia de la planta. El material que resultó seronegativo, se subcultivó en un medio base en el LCTV-CESAL y se inició la producción intensiva de vitroplantas.

Subcultivo de las Plántulas

Las vitroplantas obtenidas del cultivo de meristemos se subcultivaron periódicamente a las 4 a 6 semanas de incubación pasándose a un medio de multiplicación, considerando el protocolo de Espinoza *et al.* (1985) y Villavicencio (2006).

Para esto se utilizaron envases de polipropileno estableciendo 25 segmentos de tallo con yema (explantes) por envase con 50 mL de medio. La producción intensiva de vitroplantas se hizo seleccionando segmentos de tallo + yema, establecidos en envases con medio semisólido. La multiplicación intensiva de material prenuclear se realizó durante tres meses produciendo 10,000 vitroplantulas por cada variedad.

Parámetros Evaluados en Laboratorio

Los parámetros evaluados en las tres variedades de papa (Ramona, Enrica y Bayonera) son; tasa de multiplicación, vigor de las vitroplantas y contaminación. Analizando estadísticamente el efecto del subcultivo en la tasa de multiplicación.

Condiciones de Incubación

Se ha considerado que los envases se deben de incubar bajo condiciones controladas de temperatura, luz y humedad. Con esta finalidad el material vegetativo se estableció en un cuarto de incubación equipado con aire acondicionado, estantes donde colocar los frascos de cultivo, mismos que fueron incubados a 25 ± 2 °C, fotoperíodo de 16 hrs luz y una intensidad lumínica de 4 000 lux.

Producción de Minitubérculos en Invernadero

En el invernadero del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP, se estableció la producción de minitubérculos-semilla de papa del germoplasma referido.

Labores Culturales

Previo al establecimiento del cultivo se realizaron diferentes acciones: 1) preparación y esterilización del sustrato con productos comerciales; 2) limpieza y fumigación del interior del invernadero y 3) preparación y fertilización de camas.

Para las camas se utilizó un sustrato orgánico, cribado y desinfectado, proveniente de la tierra de hoja encontrada en las sierras circundantes de la región, registrando la composición que se observa en el Cuadro 3.2. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron aporques utilizando suelo estéril.

El riego y la fertilización se realizaron por cintilla de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Para tener un control fitosanitario del invernadero, se realizarán aplicaciones preventivas de diferentes agroquímicos (fungicidas e insecticidas) para controlar posibles enfermedades y vectores.

Cada cama presentó una superficie 1.8 x 18 m, en esta se acomodó y niveló la tierra de monte previamente esterilizada y colocaron las mangueras para realizar el riego y la fertilización.

Cuadro 3.2.- Análisis del sustrato utilizado en el establecimiento del cultivo.

COMPONENTES	PORCENTAJE	PARÁMETRO
M.O	68%	Extremadamente rico
N	3.10	Rico
P	162 ppm.	Rico
K	1000 ppm.	Rico
Ca	13600 ppm.	Rico
Mg	1700 ppm.	
pH	7	Suelo neutro

Transplante

Para el transplante se preparo el material vegetativo que se encontraba en el laboratorio de la siguiente manera: se retiro del envase en el cual fue multiplicado, se lavo la raíz con agua corriente para quitar el exceso de medio de cultivo

tratando de no lastimar a la planta y a la raíz de la misma, ya limpias se colocaron en canastillas protegidas con papel secante previamente empapado con agua y funguicidas, enseguida se llevaron al invernadero para proceder a la siembra, las plantas fueron colocadas a diferentes distancias y densidades según el cuadro donde se colocaron (la cama se dividió en tres partes).

Se realizaron las labores necesarias como el riego aforques y fertilización hasta alcanzar el tiempo y madurez requerida. En el desvare se taparon los tubérculos para evitar en lo posible su deshidratación, después de algunos días se procedió a cosechar de manera manual.

Desvare y Cosecha

De minitubérculos se realizó a diferentes tiempos, de acuerdo a la madurez fisiológica de cada variedad, realizándose con pequeñas palas para voltear el suelo. La semilla prebásica cosechada se clasificó de acuerdo a su calidad (tamaño y peso) y posteriormente se almacenó en un cuarto frío para sembrarse bajo condiciones de campo en ciclo p-v del 2007.

Parámetros evaluados en invernadero

En esta etapa de producción se evaluaron mediante un diseño experimental completamente al azar con tres variedades y tres densidades de plantación, las cuales fueron: T1, con una densidad de 10x10 cm sencilla, la cual se estableció como testigo, T2, con una densidad de 5x5 cm sencilla y T3, con una densidad de 10x10 cm doble, mismos que quedaron equitativamente distribuidas en tres camas de invernadero de 1.8 x 18 m. Dentro de la misma cama la superficie ocupada con cada densidad de plantación quedó separada con láminas de polipropileno enterradas para evitar el crecimiento de estolones de un lote a otro.

En la cosecha, los minitubérculos fueron separados de acuerdo a su categoría diamétrica registrando su número y peso por tamaño. La clasificación se realizó con ayuda de 4 mallas gallineras de diferentes calibres. En esta etapa se evaluó la producción de cada variedad de acuerdo a la densidad de siembra establecida, esta se realizó determinando el porcentaje de producción para cada categoría diamétrica de minitubérculos, evaluando el diámetro polar y ecuatorial (Figura 3.3 y 3.4)



Figuras 3.3 y 3.4 .- Vernier electrónico, que se utilizó para la determinación de los diámetros polares y ecuatoriales de los minitubérculos.

Análisis Estadístico

Los datos generados en cada área de producción, se analizaron estadísticamente mediante el procedimiento GLM del Sistema de Análisis Estadístico SAS (SAS Institute, 1988), empleando los cuadrados medios del error, respectivas significancias obtenidas del análisis de varianza, así como las medias obtenidas para en caso necesario aplicar la prueba de comparación de medias (Tukey ($\alpha \leq 0.05$)).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Producción en Laboratorio

Pruebas serológicas

Los patógenos más destructivos y con una amplia distribución en la región papera del noreste son el hongo del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) e insectos transmisores de virus. Entre los vectores con mayor incidencia en la zona tenemos los áfidos o pulgones y chicharritas. En los primeros se encuentran *Aphis gossypii* Glover y *Myzus persicae*; mientras que en los segundos tenemos a; *Dalbulus elimatus* Ball. y *Empoasca fabae* como los más representativos. En papa estos vectores son transmisores de los virus PVY y PLRV, existiendo además los virus PVM, PVS, PVX en donde el grado de incidencia de sus infecciones puede causar severas pérdidas al cultivo. Estas pérdidas se reflejan en el vigor de las plantas y en el potencial productivo que tienen al generar tubérculos (Garza, *et al.* 1999).

Del análisis serológico realizado encontramos que las tres variedades (Ramona, Enrica y Bayonera) resultaron seronegativos para los cinco tipos de virus y fitoplasma evaluados, por lo que el material vegetal multiplicado registró calidad

fitosanitaria, manteniendo su pureza genética, lo que permitió continuar con la producción de semillas de papa.

Esta prueba es de mucha importancia para la producción de semillas bajo el esquema laboratorio-invernadero, porque incide en la etapa de multiplicación, producción de plantas *in vitro* y en la producción de minitubérculos en invernadero (Figura 4.5).



Figura 4.5. a) Cultivo de meristemo; b) Multiplicación de vitroplantas seronegativas en laboratorio en el Campo Experimental Saltillo CIRNE - INIFAP.

Tasa de multiplicación

El cultivo de tejidos vegetales permite manipular los mecanismos de diferenciación celular así como los factores físicos y químicos que los regulan, por lo que en papa las técnicas de micropropagación pueden utilizarse en programas

de propagación masivo para generar un banco de germoplasma con material sobresaliente y para propagar clonalmente un gran número de plántulas libres de patógenos en corto tiempo.

Se micropropagaron tres variedades encontrándose diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en la tasa de multiplicación, siendo las variedades Enrica y Bayonera los que registraron una tasa de multiplicación estadísticamente igual de 5 brotes/explante, esto representa una relación exponencial de 1:5:5:5. Esta tasa de multiplicación es semejante a la reportada en laboratorios comerciales y de investigación (López-Delgado 1999) para otros genotipos y variedades comerciales de papa, por lo que la tasa de multiplicación reportada para estas variedades es aceptable para el esquema de producción comercial (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3.- Análisis estadístico de la tasa de multiplicación de las variedades Ramona, Enrica y Bayonera; en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales del CESAL-CIRNE- INIFAP

GENOTIPO	VITROPLANTAS/EXPLANTE
Ramona	3.68 b
Enrica	5.25 a
Bayonera	5.48 a
R-Cuadrada	0.80
Coeff Var	1.31
Root MSE	26.52
Media	4.96
DMS	0.38
CME	1.73

Medias con la misma letra, dentro de cada columna, son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$)
 Coeff Var.- Coeficiente de variación; DMS.- Diferencia Mínima Significativa; CME.-Cuadrado medio del error.

Producción en Invernadero

Aclimatación

El proceso de aclimatación de las plántulas se realizó a 21 días de establecimiento en invernadero registrando un 95% de supervivencia, (Figura 4.6).



Figura 4.6.- Aclimatación de las variedades Enrica (a) y Bayonera (b) en el invernadero del Campo Experimental Saltillo-CIRNE-INIFAP.

Porcentaje de tamaños

En las variedades Enrica y Bayonera se produjeron cinco categorías de minitubérculos de papa. Los minis de tamaño comercial se agruparon en tres categorías considerando los minis categoría 2, minis categoría 3 y canicas que representaron para las variedades Ramona, Enrica y Bayonera un porcentaje del 90 %, 62 % y 73% de la producción. De estos, la variedad Ramona fue la variedad más productiva, generando minitubérculos en categorías de mayor tamaño que las variedades Enrica y Bayonera. El porcentaje de canicas de esta variedad es del 10%; mientras que el porcentaje minis pequeños de esta categoría es mayor en las variedades Enrica y Bayonera, siendo respectivamente del 38 y 27% (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4.- Producción de minitubérculos-semilla prebásica de las variedades evaluadas, de papa en el invernadero del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP.

Variedad	CATEGORÍA DIAMETRICA (%)						Número Minitubérculos por planta
	1	Minis 2	Minis 3	Canicas 4	Perlita 5	Cero 6	
Ramona	8.90	28.80	15.88	17.20	23.30	10.41	6.71 a
Enrica	*	2.22	8.91	11.74	39.31	37.81	6.38 a
Bayonera	*	1.17	12.60	20.88	38.04	27.32	5.94 a
Rendimiento (%)	8.90	10.73	12.46	16.61	33.55	25.18	6.34
Peso/unidad (g)	96.00	45.00	23.00	20.00	5.00	0.81	

1.- 6.1 cm en adelante; 2.- Mini comercial 2.8x6 cm; 3.- Minis 2.7x5 cm; 4.- Canicas 2.6x3.5 cm; 5.- Perlita 1.5x2.5 cm; 6.- Cero 9x14 mm de diámetro.

*.- No se registró producción de minitubérculos en esta categoría

Medias con la misma letra, dentro de cada columna, son iguales estadísticamente (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

Minitubérculos por planta

Entre las variedades no existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el rendimiento de minitubérculos/planta, registrando entre ellas una producción estadísticamente igual que va de 5 hasta 7 minitubérculos/planta. De estas la variedad Ramona fue la más productiva registrando una producción de 7 mini tubérculos/planta. El rendimiento de las tres variedades es estadísticamente igual entre ellos y es semejante al reportado para variedades comerciales como Gigant y Cesar que se producen en invernaderos de la zona papera del noreste por lo que estas nuevas variedades son igualmente productivos (Cuadro 4.4).

Características morfométricas

En las tres distancias de plantación no existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre variedades, en cuanto a las características morfométricas (peso, diámetro polar y diámetro ecuatorial) registradas en las diferentes categorías mini tubérculos-semilla generados (Cuadro 4.5).

Peso de minitubérculos/categoría

Entre variedades y distancias de plantación no se registraron diferencias en el peso de los minituberculos generados por categoría, siendo el peso promedio para los minis categoría 1= 96 g, Minis categoría 2= 45 g, Minis categoría 3= 23 g, Canicas categoría 4= 20 g, Perlita categoría 5= 5 g y Cero categoría 6(0.81 g) (Figura 4.7, Cuadros 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8).

Diámetro polar y ecuatorial de minitubérculos/categoría

Entre variedad y distancias de plantación no se registraron diferencias significativas en el diámetro polar y ecuatorial de los minituberculos generados por categoría siendo el siguiente; Minis categoría 1= 7 x 5 cm, Minis categoría 2 1= 6 x 3 cm, Minis categoría 3= 5 x 3 cm, Canicas = 3 x 2 cm, Perlita = 2 x 1.5 cm y Cero 12 x 9 mm (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7 y 4.8).

Cuadro 4.5.- Promedio del peso, diámetro polar y ecuatorial de los minitubérculos-semilla prebásica de las variedades; Ramona, Enrica y Bayonera generados en el invernadero del Campo Experimental Saltillo (CESAL-CIRNE-INIFAP).

VARIEDAD	Peso (g)						Diámetro polar (mm)						Diámetro ecuatorial (mm)					
	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Cero	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Cero	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Cero
RAMONA	96.43	43.27	24.13	8.43	3.27	0.66	66.30	51.58	43.18	28.52	17.89	9.64	54.88	42.25	37.29	24.91	17.11	9.68
ENRICA		49.64	21.82	11.41	4.37	0.68		67.70	47.94	37.44	25.40	12.91		31.10	25.66	21.10	15.94	8.94
BAYONERA		43.10	23.70	10.45	4.55	0.81		62.41	48.68	36.63	26.42	12.78		29.88	26.28	20.47	16.62	8.56
Media	96.46	45.3	23.21	10.0	4.00	0.71	66.33	60.56	46.6	34.19	23.23	11.77	54.88	34.41	29.75	22.16	16.55	9.06
DMS	9.8						3.7						2.5					

Cuadro 4.6.- Prueba de medias de las características morfométricas de los minitubérculos-semilla prebásica de la variedad "Ramona" generados en el invernadero del Campo Experimental Saltillo. (CESAL-CIRNE-INIFAP).

"RAMONA" (Clon 91-9-3)																		
TRAT	Peso (g)						Diámetro polar (mm)						Diámetro ecuatorial (mm)					
	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Cero	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Cero	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Cero
1	103.10 a	39.40 c	16.50 e	7.62 ef	3.82 f	0.625 f	68.58 a	50.70 c	38.68 e	24.54 f	19.35 g	9.65 h	55.70 a	41.08 bc	33.53 d	22.49 f	18.13 g	9.73 i
2	91.30 b	46.50 c	28.20 d	10.300 ef	2.40 f	0.796 f	64.80 b	52.68 c	46.79 d	36.46 e	15.76 g	10.09 h	53.90 a	43.35 b	38.95 c	29.72 e	15.42 h	10.12 i
3	94.90 ab	43.90 c	27.70 d	7.38 ef	3.6 f	0.55 f	65.52 ab	51.36 c	44.07 d	24.56 f	18.55 g	9.18 h	55.03 a	42.31 b	39.38 c	22.51 f	17.78 hg	9.19 i
media	96.43	43.27	24.13	8.43	3.27	0.66	66.30	51.58	43.18	28.52	17.89	9.64	54.88	42.25	37.29	24.91	17.11	9.68
DMS	9.8						3.7						2.5					

Cuadro 4.7.- Prueba de medias de las características morfométricas de los minitubérculos-semilla prebásica de la variedad "Enrica" generados en el invernadero del Campo Experimental Saltillo. (CESAL-CIRNE-INIFAP).

"ENRICA" (Clon 91-10-1)															
TRAT	Peso (g)					Diámetro polar (mm)					Diámetro ecuatorial (mm)				
	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita
1	48.23 b	18.94 c	10.78 d	4.15 d	0.799 e	69.14 a	46.10 b	37.76 c	24.96 d	13.66 e	30.34 b	24.42 d	20.52 e	15.54 f	9.45 g
2	46.92 b	22.68 c	12.35 d	4.93 e	0.715 e	66.04 a	49.41 b	38.71 c	27.34 d	13.18 e	30.34 b	25.95 dc	21.16 e	16.80 f	9.00 g
3	53.78 a	23.85 c	11.10 d	4.03 e	0.53 e	67.91 a	48.30 b	35.84 c	23.90 d	11.89 e	32.61 a	26.61 c	21.61 e	15.48 f	8.38 g
media	49.64	21.82	11.41	4.37	0.68	67.70	47.94	37.44	25.40	12.91	31.10	25.66	21.10	15.94	8.94
DMS	5.1					4.8					1.8				

Cuadro 4.8.- Prueba de medias de las características morfométricas de los minitubérculos-semilla prebásica de la variedad "Bayonera" generados en el invernadero del Campo Experimental Saltillo. (CESAL-CIRNE-INIFAP).

"BAYONERA" (Clon 91-25-4)															
TRAT	Peso (g)					Diámetro polar (mm)					Diámetro ecuatorial (mm)				
	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita	Minis 1	Minis 2	Minis 3	Canicas	Perlita
1	45.24 a	23.31 c	9.68 d	5.35 e	0.90 f	61.74 a	49.91 b	36.12 c	29.34 d	13.82 f	30.56 a	25.85 c	20.47 d	18.16 ed	10.27 g
2	43.63 ab	22.97 c	10.68 d	3.74 fe	0.69 f	65.00 a	47.87 b	36.93 c	23.10 e	11.60 f	29.27 ab	25.77 c	20.40 d	14.40 f	9.63 g
3	40.43 b	24.83 c	11.00 d	5.52 e	0.85 f	60.48 a	48.25 b	36.84 c	26.81 ed	12.92 f	29.82 ba	27.22 bc	20.54 d	17.29 e	
media	43.10	23.70	10.45	4.55	0.81	62.41	48.68	36.63	26.42	12.78	29.88	26.28	20.47	16.62	9.95
DMS	3.8					4.5					2.8				

Medias con la misma letra, dentro de cada columna, son iguales estadísticamente (Tukey $\infty \leq 0.05$).

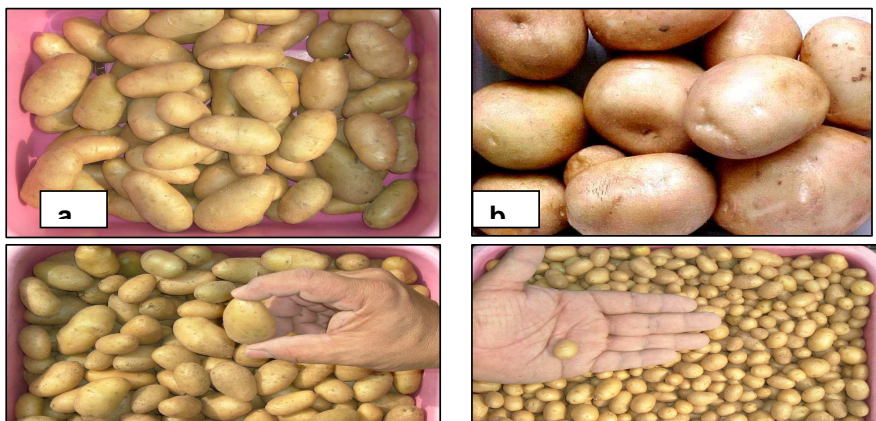


Figura 4.7.- Minitubérculos-semilla de papa de las variedades Ramona, Enrica y Bayonera de las categorías; a) Minis categoría 1.= 7 x 5 cm, b).-Minis categoría 2= 6 x 3 cm, c).- Minis categoría 3= 3 x 2 cm y d).-canicas 12 X 9 mm. Producidos en invernadero del Campo Experimental Saltillo-CIRNE-INIFAP.

Rendimiento de Producción

De acuerdo a la revisión de literatura y a los resultados obtenidos en cada tratamiento se puede observar que el T1 (10 x 10 cm) es la mejor distancia de plantación para el productor, ya que esta distancia favorece la producción de minituberculos con calidad comercial que pueden utilizarse para la producción de semilla básica en campo. Sin embargo con los tratamientos T2 (5 x 5 cm) y T3 (10 x 10 cm doble) puede funcionar mejor en la producción en invernadero ya que una densidad alta genera minitubérculos de tamaño no comercial que pueden ser utilizados para continuar con el incremento de semilla prebásica en invernadero (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9.- Numero de tubérculos por metro cuadrado de por variedad, enfocado al tratamiento 1 (T1).

Variedad	Tubérculos/m²
	T1
Ramona	671
Enrica	638
Bayonera	594

Rendimiento de Minitubérculos Comerciales:

La variedad Ramona (Figura 4.7), registró un rendimiento del 70 % de minis comerciales que abarcan tres categorías, desde las canicas hasta los Minis categoría 1 (Cuadro 4.10), sin embargo la variedad Bayonera (Figura 4.8), obtuvo un rendimiento del 34% de minis comerciales mientras que la variedad Enrica (Figura 6), obtuvo un rendimiento menor del 22% lo que muestra que el porcentaje comercial generado de las tres variedades puede utilizarse en la producción de semilla básica en campo, mientras que el resto de la semilla puede seguirse incrementando en invernadero.

En estas categorías el peso de los minitubérculos va de 10 hasta 43 g en campo, esta variedad es de ciclo intermedio de 90 a 100 días después de emergencia (dde), menor a la variedad Alpha con 120 dde, y similar a la variedad Atlantic con 90 a 100 dde, generando una producción de 8 a 10 tubérculos por planta (Cuadro 4.10).

Cuadro 4.10.- Número y porcentaje del rendimiento de minis comerciales por tratamiento y variedad.

Variedad	Numero de Minis comerciales/m² T1	Numero de Minis comerciales/m² T2	Número de Minis comerciales/m² T3	Minis comerciales (%)
Ramona	474	949	949	70%
Enrica	145	291	291	22%
Bayonera	205	411	411	34%



Figura 4.8.- a) Aspecto de la variedad Ramona. b) Aspecto de la variedad Enrica. c) Aspecto de la variedad Bayonera en invernadero. Campo Experimental Saltillo-CIRNE-INIFAP.

V CONCLUSIONES

1. De las seis categorías de semilla prebásica generadas, cuatro presentan un tamaño comercial con un diámetro superior a 3.0 cm, representando el 78 % de la producción en invernadero.
2. La producción de minitubérculos – semilla prebásica de papa en laboratorio es factible ya que garantiza la calidad en la producción, las características propias de la variedad y se pueden producir seis categorías de minitubérculos.
3. Las variedades Enrica y Neider presentaron la mayor productividad de minitubérculos comerciales.
4. Por su tamaño y peso, las categorías de minitubérculos; terceras, minis y canicas producidas en invernadero pueden ser utilizadas en el programa de producción de semilla básica, registrada y certificada en campo.
5. El lote de minitubérculos en estas categorías puede ser movilizado si cumple con la inspección y diagnóstico de plagas reglamentado y cuenta con el Certificado Fitosanitario de Movilización.

6. Actualmente la región papera del noreste enfrenta problemas fitosanitarios serios lo que ha provocado pérdidas hasta del 80% a los productores. Esta situación ha ocasionado que para el ciclo P-V 2007 la superficie sembrada se redujera un 30 % con respecto a las 5,000 hectáreas establecidas en año pasado. Para frenar el impacto fitosanitario se requiere mejorar la calidad fitosanitaria de la semilla e incrementar la producción de semilla prebásica de variedades comerciales actualmente en uso, así como incorporar nuevos genotipos como las variedades referidas como una forma de promover la inocuidad del cultivo de papa en la esta zona.

7. Esta zona requiere de variedades mexicanas adaptadas las condiciones agroecológicas de la zona, que presenten tolerancia a las principales enfermedades, estabilidad en sus características agronómicas y calidad para la industria. Producto del mejoramiento genético en el Campo Experimental Saltillo (CESAL) se seleccionaron las variedades Enrica, Ramona y Bayonera, por ser genotipos que tienen características agronómicas aceptables para la zona. De estas variedades se produjeron minitubérculos-semillas sanos, clasificados de acuerdo a las categorías del SNICS como semilla en categoría prebásica.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Alonso A. F. 1996. El Cultivo de la Patata; Ediciones Mundi Prensa. Madrid España 272 p.

Alonso G., J. L. 1999. Boletín de la Papa - Vol. 1, No. 5 ISSN 0124-5740. <http://www.redepapa.org/boletincinco.html> (14 julio 2008).

Báez P. M. 1983. "La papa (*Solanum tuberosum* L.)". Monografía UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.

Cepeda S. M. 2000. La papa el Fruto de la Tierra. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". División de Agronomía; Departamento de Parasitología.

CIRCE-INIFAP. 1992. Propuesta del programa de producción de semilla de papa para productores de alta tecnología en México. Documento de Trabajo. 30 p. (Inédito).

CONPAPA, Importancia de la cadena productiva de papa 2006. <http://www.conpapa.org.mx/produccion.htm>. sagarpa 2006.

Enriquez A. E. 1998. "Cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) y sus Principales Plagas y Enfermedades". Monografía . UAAAN., Buenavista, Saltillo; Mexico.

Escalante Z. B. 1989. Cultivo *in vitro* de papa, Principios y metodología. Vol. I: Erradicación de patógenos y micropropagación clonal. 1° Edición. CONCYTEC. 107 p.

~~Espinoza N. Estrada, P. Tovar, J Bryan and J. Dodds H. 1985. Cultivo de Tejidos, Micropropagación, Conservación y Exportación de Germoplasma de papa. Documento de Tecnología Especializada 1. Centro Internacional de la Papa (CIP). 17p.~~

Eliminado: ¶

Flores L. 1997. Métodos de Producción de semilla de papa en México. Tema didáctico No. 4 INIFAP-Produce. 33 p.

Gabriel O. J. L. 1994. Resistencia de híbridos interespecíficos de papa al tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary y su caracterización citológica. Tesis Maestro en Ciencias, Especialidad Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. Mex. 93p.

García Q., J. R. 1996. Etiología y Transmisión del obscurecimiento interno del Tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.) para la industria. Tesis de Maestría Colegio de Postgraduados. Montecillo, edo de México. GSP

Garza & López, J. G. 1999. Principales enfermedades de la papa en el noreste de México. Folleto Técnico No. 2. División Agrícola. SAGAR-INIFAP. 36 p.

- Guerrero G., A. 1981. Cultivos herbáceos extensivos. Editorial Mundiprensa. 2ª Edición. p. 25-30. Madrid, España.
- Hooker W.J.1981. Compendio de enfermedades de la papa. Publicaciones centro internacional de la papa, Lima, Perú. 163p.
- Horton D. E. 1987. Las papas en los países en desarrollo. Revista Latinoamericana de la papa. Alap – CIP. Lima, Perú. p. 9 – 17.
- Huamán Z. 1986. Botánica Sistemática y Morfología de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP) No. 6. Lima, Perú. p. 1-22.
- Jiménez C. M. 1992. Mantenimiento de Germoplasma de *Solanum Tuberosum* “*in vitro*” Empleando Acido Acetil Salicílico. Tesis Licenciatura; Facultad de Ciencias UNAM. 80 p.
- Kondo J. 1997. Es necesario promover el Cultivo de papa. 7° Congreso Nacional de Productores de papa. Hortalizas, Frutas y Flores. 31 Agosto.
- Lino S.C. 1997. “Sistema de Producción de papa en el Sureste de Coahuila y Suroeste de Nuevo León”. Tesis, UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.

- López & Delgado, H., 1999. Micropropagación en Papa en; Taller de Micropropagación de Cultivos Hortícolas. VIII Congreso de Horticultura p.12 -15.
- López D. T., Zavala Q. 1998. I Curso de Multiplicación Acelerada de papa *in vitro* en Invernadero. PRECODEPA. 21p.
- Medellín C. S. 1962. Evaluación de la semilla de la papa procedente de plantas con = grado de ataque de *Paratrypana cockerelli* Sulc. efectuada en la región de Navidad N. L. 27p.
- Meléndez G. N. 1980. Técnicas de Multiplicación Rápida. Curso de producción de semilla. INPAPA-MACAIBTA-COTESU-CIP. 35 p.
- Montaldo A. 1984. Cultivo y mejoramiento de papa. San José Costa Rica: Inst. Int. de Coop. para la Agricultura.
- Morozova S. E. and G. Melik-Sarkisov S. 1978. Propagation of virus-free potato plants by means of tubers obtained *in vitro*. Soviet Plant Physiology. 25:295-299.
- Murashige T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays of tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. (USA) 15:473-497.

Parga T. *et al*, 2005. Agricultura Téc. Méx. Vol. 31(1): 55-64.

Parga T. V. M, 2005. Folleto Técnico No. 5. Campo Experimental Saltillo. Coahuila CIRNE-INIFAP. 164p.

Parga T. V., E. Ridriguez C., I. Sanchez V. y E. E. Villavicencio G. 2000. El mejoramiento genético como principio de sostenibilidad en la producción de papa. Ponencia No. 22 del Tema: Desarrollo Sustentable en: 2° Foro Estatal de Ciencia y Tecnología COECYT. Torreón Coah., Septiembre.

Parga T. V. M. 2007. Mejoramiento genético de la papa. Organo Oficial de Información de la Fundación Produce-Coahuila A. C. Año 1 No. 2 Agosto Pp. 1-2.

Pierik R. L. M., 1990. Cultivo *in vitro* de las Plantas Superiores. Ed. Mundi-Prensa. Pp.169-179.

Rivera & Peña, 2001. Libro técnico No. 3 CE-Toluca-CIRCE-INIFAP.

Secretaría de Agricultura Ganadería desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2002. Manual de Producción de Semilla de papa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México. p. 1-95.

- Salazar L. F. 1983. Detección con ELISA de virus de papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima Perú, Serie II: Métodos de Detección de Virus y Viroides. Guía: II(3). 12p.
- Salisbury B. F. and C. Ross W. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Grupo Iberoamericana.
- SEP. 1983. "Papas" Manuales para la Educación Agropecuaria. 1^{ra} Edición, Editorial Trillas, S.A. de C.V. México, D.F
- SNICS. 1999. Guía descripción varietal
- Toledo J., N. Espinoza A., Golmirazaie. 1998. Cultivo de tejidos: Manejo de plántulas *in vitro* en la producción de semilla de papa. Centro Internacional de la papa (CIP). Manual de capacitación. Lima Perú. 98p.
- Velásquez M. 1990. Grupo Interdisciplinario de Investigación en papa. Marco de Referencia del cultivo de papa en el área de influencia de la UAAAN. p. 1-10.
- Villavicencio G. E. E., E. Rodríguez C. y V. M. Parga T. 2001. Microtuberización de genotipos de papa. Reunión Interamericana de Ciencias Hortícolas. IX Congreso Nal. de la Soc. Mex. de Ciencias Hortícolas. 47^a Reunión de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. 8

Congreso de la Asociación Mex. de Horticultura Ornamental. ISSN-0188-9761. Octubre. Vol. 8 No. 3 Pp 384.

Villavicencio G. E. E. 2005. Producción de semilla prebásica de "Ramona" nueva variedad de papa del INIFAP: 2da. Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Guadalajara Jal. México.

Villavicencio G. E. E., Arellano G., M. A., Parga T., V. M. 2007. Micropropagación y producción de semilla prebásica del clon 91-9-3 de papa invernadero. XII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas (SOMECH) Zacatecas Zac., Agosto Pp

Wareh H., Trolinder, N. L. and Goodin J.R. 1989. Callus initiation, shoot regeneration and micropropagation of three potato cultivars. Texas. Tech University. USA. p. 680-682.

Wright N.S. 1988. Assembly quality control and use of a potato cultivar collection rendered virus-free by heat therapy and tissue culture. Vancouver, Canada. p. 181-197.

Zavala Q. T. 1998. Presión de Infección de la P.M.P. Congreso Nacional de la papa. Toluca, Edo. de México. p. 1-2.

VII ANEXOS

CUADRO 7.14.- Análisis de varianza por variedad para las características morfológicas de los minitubérculos de papa (*Solanum Tuberosum* L.)

VARIEDAD	PESO					LARGO					ANCHO				
	VALOR DE F	R-Square	Coeff. Var	Root MSE	MEDIA	VALOR DE F	R-Square	Coeff. Var.	Root MSE	PESO	VALOR DE F	R-Square	Coeff. Var.	Root MSE	MEDIA
Ramona	81.74	0.86	46.90	13.77	29.37	187.43	0.93	14.74	5.33	36.18	253.22	0.95	11.61	3.60	31.02
Enrica	26.89	0.88	42.48	7.46	17.57	35.34	0.90	18.12	6.93	38.26	38.82	0.91	13.17	2.71	20.59
Bayonera	39.25	0.91	32.49	5.37	16.55	34.75	0.90	17.24	6.44	37.34	11.96	0.78	19.83	4.24	21.38

R²=R-Square; Coeficiente de variacion= Coeff.Var; Cuadrado Medio del error.-Root MSE.

CUADRO 7.12.- Principales Países productores de Papa (Millones de Toneladas)

Pais	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Participación del total
China	66.33	64.60	75.27	66.81	70.04	73.78	23.0%
Rusia	33.98	34.97	32.87	36.75	35.91	36.40	11.3%
India	24.71	22.49	23.92	23.16	25.00	25.00	7.8%
EUA	23.30	19.86	20.86	20.82	20.69	19.11	6.0%
Ucrania	19.84	17.34	16.62	18.50	20.75	19.30	6.0%
Otros	160.50	153.01	151.29	144.77	157.26	147.51	45.9%
México	1.63	1.63	1.48	1.73	1.73	1.74	0.5%
TOTAL	328.65	312.26	320.83	310.81	329.65	321.10	100.0%
Tasas de crecimiento		-4.7%	-1.1%	-4.3%	8.6%	-6.2%	-2.3%

Fuente: <http://apps.fao.org/faostat>

Cuadro 7.13.- Rendimiento promedio nacional por ciclo (Ton. / Ha).

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Riego											
Otoño-Invierno	21.7	21.6	22.6	22.7	22.5	24.4	23.2	21.1	22.3	33.6	25.0
Primavera-Verano	26.2	28.3	23.0	27.6	27.1	25.9	31.1	31.6	27.0	27.9	29.7
Año Agrícola	23.9	24.9	22.8	25.2	24.8	25.1	27.1	26.4	24.6	30.8	27.4
Temporal											
Otoño-Invierno	9.2	9.8	9.1	10.1	8.6	11.1	12.0	8.1	8.4	11.6	11.5
Primavera-Verano	12.2	14.1	24.8	25.4	25.8	24.6	19.2	23.7	12.9	19.0	21.4
Año Agrícola	10.7	12.0	17.0	17.7	17.2	17.9	15.6	15.9	10.7	15.3	16.4
Riego + Temporal											
Otoño-Invierno	15.4	15.7	15.8	16.4	15.6	17.8	17.6	14.6	15.3	22.6	18.3
Primavera-Verano	19.2	21.2	23.9	26.5	26.5	25.2	25.1	27.7	20.0	23.5	25.5
Año Agrícola	17.3	18.5	19.9	21.4	21.0	21.5	21.4	21.1	17.6	23.0	21.9

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Información y Estadística, Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA

Cuadro 7.14.- Rendimientos promedios por entidad 1994-2004 (Ton. / Ha)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
DURANGO	7.4	6.4	7.2	5.9	4.8	11.9	15.8	12.8	8.5	9.0	10.4
CHIAPAS	10.2	8.6	8.5	9.9	11.5	10.5	11.5	12.5	10.8	12.2	12.3
VERACRUZ	12.5	10.3	11.3	11.3	10.0	9.3	15.2	14.3	17.4	16.5	13.1
HIDALGO	18.0	18.3	19.0	20.5	14.1	16.6	18.8	17.0	15.7	24.2	17.6
DISTRITO FEDERAL	14.3	13.9	14.4	15.6	16.6	14.1	14.0	14.0	14.0	17.9	17.7
TLAXCALA	15.5	17.7	19.9	20.4	13.2	16.0	12.7	18.9	14.5	20.4	20.0
CHIHUAHUA	10.4	14.0	15.4	15.4	15.0	18.7	15.5	15.1	15.0	20.1	21.9
SINALOA	22.7	22.4	23.5	25.5	26.6	24.2	25.8	14.1	15.4	32.9	22.7
PUEBLA	10.1	12.1	11.2	12.9	10.7	13.5	14.9	19.2	14.0	17.4	23.2
MICHOACAN	14.2	22.7	27.6	30.9	30.6	30.9	30.4	27.6	21.3	24.5	24.9
MEXICO	16.2	19.5	19.7	18.3	18.1	21.0	22.3	25.9	25.6	26.0	26.0
GUANAJUATO	29.6	23.5	26.6	23.9	23.7	26.5	23.4	26.3	25.8	25.4	26.4
AGUASCALIENTES	25.1	26.3	15.9	26.1	24.8	20.8	21.8	28.1	26.0	29.1	27.1
NUEVO LEON	34.5	32.0	32.2	27.6	34.7	32.2	30.8	31.6	32.3	35.3	27.6
SONORA	24.6	25.7	26.4	25.1	24.1	26.1	25.8	24.8	22.9	25.9	27.6
ZACATECAS	31.1	28.4	32.8	35.4	35.6	37.0	37.3	41.5	35.3	39.0	31.4
BAJA CALIFORNIA	23.8	23.5	25.0	30.0	27.8	21.4	28.7	26.4	26.7	30.0	31.7
JALISCO	39.4	39.3	34.6	29.7	29.7	29.8	33.2	35.7	31.5	28.6	34.6
MORELOS	20.0	12.0	12.0	30.0	21.5	22.7	36.3	20.0	30.0	16.7	35.0
BAJA CALIFORNIA SUR	13.1	12.0	17.4	19.4	28.1	31.6	21.4	19.5	28.7	38.3	35.3
COAHUILA	41.0	37.8	30.9	38.4	33.2	29.9	34.1	36.3	37.2	31.3	36.9
Promedio Nacional	20.6	20.3	20.5	22.5	21.6	22.1	23.3	23.0	22.3	24.9	24.9

Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Información y Estadística, Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA