

PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA (*Solanum  
tuberosum* L.) UTILIZANDO MINITUBERCULOS,  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

**MIGUEL ANGEL GARCIA DE LEON**

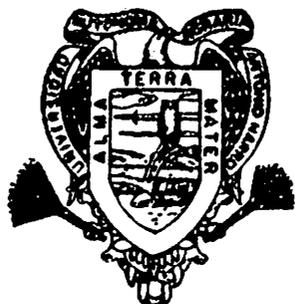
# T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



B I B L I O T E C A



**Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro**

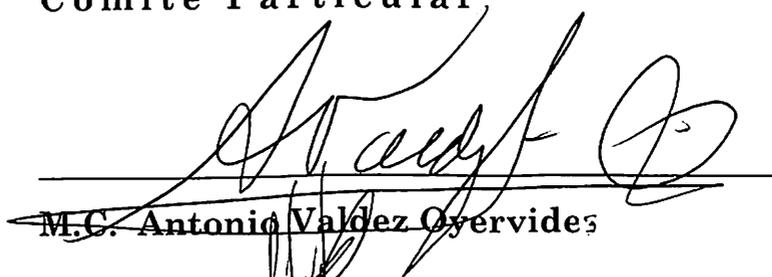
**PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenavista, Saltillo, Coah.  
JUNIO DE 1997**

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS**

**Comité Particular**

**Asesor principal:**

  
M.C. Antonio Valdez Oyervides

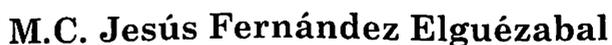
**Asesor:**

  
Dr. Juan Manuel Fernando Narváez Melo

**Asesor:**

  
M.C. Regino Morones Reza

**Asesor:**

  
M.C. Jesús Fernández Elguézabal

  
Dr. Jesús Fuentes Rodríguez  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 1997

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Guatemala, C.A. por la confianza, apoyo económico y demás facilidades otorgadas para la realización de mis estudios de postgrado.

A la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA), mi gratitud profunda y sincera por el apoyo económico brindado al otorgarme una beca de estudios, sin la cual no hubiera sido posible la realización de mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, y en especial, al personal docente y administrativo del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) por brindarme la oportunidad y conocimientos necesarios para ser un profesional útil para mi país.

Al M.C. Antonio Valdez Oyervidez por su acertada asesoría en la planeación del tema de investigación, así como por sus valiosas aportaciones a este proyecto.

Al Dr. Juan Manuel Fernando Narváez Melo, por la confianza, amistad, orientación y buena disposición para asesorar este trabajo de investigación.

Al M.C. Regino Morones Reza, por su asesoría en la realización de los análisis estadísticos, así como en la revisión y corrección del escrito.

Al M.C. Jesús Fernández Elguézabal, por su asesoría y las sugerencias hechas en la revisión de este trabajo de investigación.

A todos los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) que contribuyeron arduamente en mi formación profesional, y que además me brindaron una amistad inolvidable. Son ellos: la M.S. Leticia A. Bustamante García; Dr. Jesús Ortegón Pérez; M.C. Federico Facio Parra; M.C. Mario Ernesto Vásquez B. ; M.C. José Angel Daniel G.; QFB Alejandra Torres Tapia y TLQ Sandra Luz García Valdez, e Ing. Ana Bertha Meza Cota.

A Jovita Escobar G. y Dolores Alonso, por sus atenciones en el área secretarial del CCDTS.

A mis compañeros de generación: Moisés Bejar, Juan Manuel Piña, Juan José García y Adalberto Fuentes; así como a todos mis compañeros de maestría, que me permitieron convivir con ellos una etapa de mi vida, durante mi estancia en la UAAAN.

A todos mis compañeros y amigos de otras maestrías que contribuyeron de una forma u otra en la realización de mis estudios.

## DEDICATORIA

**A Dios:**

*Nuestro Padre Celestial, gran arquitecto del Universo*

**A mis padres:**

*Ricardo Guillermo García (QEPD)*

*Margarita de León, con cariño, respeto y admiración.*

**A mi esposa:**

*María Elena Ordóñez de García, con mucho amor y como un tributo a su paciencia, comprensión, ayuda y motivación en todo momento.*

**A mis hijos:**

*Mónica Eunice y Luis Guillermo, a quienes quiero tanto, y que he sacrificado con el tiempo de encierro y silencio. Fue su cariño importante motivación para alcanzar esta meta.*

**A mis hermanos y hermanas,**

*con mucho cariño*

**A mi suegra:**

*Consuelo Marroquín, con respeto y cariño.*

**A mis cuñados, cuñadas y sobrinos,**

*con el afecto de siempre.*

**A la familia:**

*Fumagalli Ruiz, con cariño especial*

**A todos mis maestros,**

*por su sabias enseñanzas.*

**A mis amigos y amigas.**

## COMPENDIO

**Producción de Semilla de Papa (*Solanum tuberosum* L.) utilizando Minitubérculos, bajo Condiciones de Invernadero**

**POR:**

**MIGUEL ANGEL GARCIA DE LEON**

**MAESTRIA**

**TECNOLOGIA DE SEMILLAS**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO DE 1997.**

**M.C. Antonio Valdez Oyervidez - Asesor -**

**Palabras clave:** Variedades de papa, tamaños de semilla, minitubérculos, cosecha, clasificación, densidad de tallos.

El presente estudio se realizó para evaluar el rendimiento de tres diferentes tamaños de semilla de papa empleando minitubérculos de cuatro variedades Alpha, Atlántic, Premier y Mondial. Al momento de la cosecha se procedió a clasificar en cuatro categorías a las cuales les llamamos: de

primera (diámetro > de 30 mm); de segunda ( de 20-30 mm); de tercera (de 10-20 mm) y de cuarta (diámetro < 10 mm).

Se analizaron los resultados evaluando el rendimiento en g/m<sup>2</sup>, y el número de minitubérculos/m<sup>2</sup>. en cada una de las categorías de clasificación, así también se analizaron los componentes de rendimiento número de tallos/m<sup>2</sup> (sobre la superficie del suelo) y el número de tubérculos por tallo.

Los resultados obtenidos indican que el rendimiento en g/m<sup>2</sup> de la variedad Mondial fue superior a las otras tres variedades; y el tamaño de semilla mas pequeña (1.15 g) superó a los otros dos tamaños evaluados, pero estas diferencias no fueron significativas estadísticamente.

Para el número de minitubérculos por metro cuadrado, se encontraron diferencias altamente significativas (0.01) entre las medias de variedades, siendo la variedad Mondial la mejor. Hubo diferencias significativas (0.05) entre tamaños de semilla evaluados, siendo el tamaño de semilla pequeña superior a los otros dos tamaños.

El mayor efecto multiplicador se presentó con los tamaños de semilla pequeña (1:6), mediana (1:5.8) y grande (1:4.9), respectivamente. No se encontraron diferencias significativas para la interacción entre variedades por tamaño de minitubérculos.

D

## ABSTRACT

**Potatoe Vegetative Seed Production (*Solanum Tuberosum* L.) Under Greenhouse Environment Using Minitubers**

**BY**

**MIGUEL ANGEL GARCIA DE LEON**

**MASTER OF SCIENCE**

**SEED TECHNOLOGY**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE, 1997**

**M.C. Antonio Valdez Oyervidez - Advisor -**

**Key words:** Potatoe varieties, vegetative seed size, minitubers, harvest, classification, stem density.

This assay was developed in order to evaluate the yield of three different sizes of vegetative potatoe seed using minitubers of four varieties; Alpha, Atlantic, Premier and Mondial. At harvest time, seed sizes were classified in four categories named as follows: first class (diameter >30 mm), second class (20-30 mm), third class (10-20 mm) and fourth class (diameter <10 mm).

Results were analyzed to evaluate the yield in  $\text{g/m}^2$ , and the number of minitubers/ $\text{m}^2$ , for each category. The yield components number of stems/ $\text{m}^2$  (over soil surface) and the number of tubers per stem were also analyzed.

The obtained results indicate that the yield in  $\text{g/m}^2$  of the variety Mondial was superior to those of the other three varieties, and the smallest seed size (1.15 g) was superior to the other two sizes evaluated, but these differences were not statistically significant.

For number of minitubers per meter, highly significant differences were found (0.01) in mean of varieties, being the variety Mondial the best of them all. There were significant differences (0.05) between vegetative seed sizes evaluated, being the smallest vegetative seed size superior to the other two.

The major multiplying effect was shown by vegetative seed size; small (1:6), medium (1:5.8) and big (1:4.9) respectively. There were no significant differences for the interaction variety-vegetative seed size of minitubers.

In accordance with the observed results it is recommended to continue this research using minitubers with sizes above 20 mm in diameter in order to evaluate its behavior under field conditions.

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	<i>xvi</i>
INDICE DE FIGURAS.....	<i>xix</i>
INTRODUCCION.....	1
Objetivo General .....	5
Objetivos Específicos .....	5
Hipótesis .....	6
REVISION DE LITERATURA.....	7
Botánica Sistemática y Morfología de la Papa.....	7
Hábito de Crecimiento.....	8
Raíces.....	8
Tallos.....	9
Estolones.....	10
Tubérculos.....	10
Brotos.....	12
Hojas.....	13
Inflorescencia, Flor.....	14
Semilla Sexual.....	15
Desarrollo Fisiológico de Tubérculos-semilla de Papa.....	15

<b>Dominancia Apical.....</b>	<b>16</b>
<b>Manejo de Almacenamiento.....</b>	<b>17</b>
<b>Desbrotamiento.....</b>	<b>17</b>
<b>Brotamiento Múltiple.....</b>	<b>17</b>
<b>Condiciones de Almacenamiento .....</b>	<b>18</b>
<b>Técnicas de Obtención de Semilla de Papa.....</b>	<b>19</b>
<b>Producción de Tubérculos-Semilla</b>	
<b>en Laboratorio.....</b>	<b>20</b>
<b>Cultivo de Tejidos.....</b>	<b>20</b>
<b>Técnicas de Termoterapia .....</b>	<b>21</b>
<b>Cultivo de Meristemos.....</b>	<b>22</b>
<b>Producción de Tubérculos-Semilla</b>	
<b>en Invernadero.....</b>	<b>23</b>
<b>Multiplicación Acelerada.....</b>	<b>23</b>
<b>Esquejes de Brote .....</b>	<b>24</b>
<b>Esquejes de Tallo Juvenil .....</b>	<b>24</b>
<b>Esquejes de Tallo Lateral.....</b>	<b>26</b>
<b>Esqueje de Tallo Adulto.....</b>	<b>26</b>
<b>Producción de Tubérculos-Semilla</b>	
<b>en Campo.....</b>	<b>27</b>
<b>Selección Positiva.....</b>	<b>27</b>
<b>Selección Negativa.....</b>	<b>27</b>
<b>Selección Clonal.....</b>	<b>28</b>
<b>Unidad de Tubérculo.....</b>	<b>29</b>
<b>Índice de Tubérculo.....</b>	<b>30</b>

<b>Semilla Botánica, un Método Alterno para     la Producción de Papa.....</b>	<b>30</b>
<b>Siembra de Minitubérculos en Invernadero.....</b>	<b>31</b>
<b>Condiciones de Invernadero.....</b>	<b>31</b>
<b>Preparación del Suelo .....</b>	<b>32</b>
<b>Siembra.....</b>	<b>32</b>
<b>Fertilización.....</b>	<b>33</b>
<b>Labores Culturales.....</b>	<b>33</b>
<b>Riego .....</b>	<b>33</b>
<b>Control de Heladas a Luz Solar.....</b>	<b>34</b>
<b>Aporques.....</b>	<b>34</b>
<b>Chequeos.....</b>	<b>34</b>
<b>Cosecha.....</b>	<b>35</b>
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>36</b>
<b>Localidad donde se Realizó la Investigación .....</b>	<b>36</b>
<b>Material Genético.....</b>	<b>36</b>
<b>Características de las Variedades .....</b>	<b>37</b>
<b>Diseño Experimental y Establecimiento     del Experimento.....</b>	<b>38</b>
<b>Tratamientos.....</b>	<b>38</b>
<b>Características Evaluadas.....</b>	<b>39</b>
<b>Rendimiento en g/m<sup>2</sup> .....</b>	<b>39</b>
<b>Número de Minitubérculos         por Metro Cuadrado.....</b>	<b>40</b>

<b>Número de Tallos por Metro</b>	
Cuadrado (tallos s/la superficie del suelo).....	40
Número de Minitubérculos por Tallo.....	40
<b>Análisis Estadístico.....</b>	41
Comparación de Medias.....	42
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	43
<b>Peso de Minitubérculos en g/m<sup>2</sup>.....</b>	43
<b>Peso de Minitubérculos en g/m<sup>2</sup> de la</b>	
<b>Categoría 1a. (&gt;de 30 mm de diámetro).....</b>	49
<b>Peso de Minitubérculos en g/m<sup>2</sup> de la</b>	
<b>Categoría 2a. (20-30 mm de diámetro).....</b>	51
<b>Peso de Minitubérculos en g/m<sup>2</sup> de la</b>	
<b>Categoría 3a. (10-20 mm de diámetro).....</b>	54
<b>Peso de Minitubérculos en g/m<sup>2</sup> de la</b>	
<b>Categoría 4a. (&lt;10mm de diámetro).....</b>	58
<b>Número de Minitubérculos por m<sup>2</sup>.....</b>	63
<b>Número de Minitubérculos/m<sup>2</sup> de Tamaño</b>	
<b>Primera (&gt; 30 mm de diámetro).....</b>	71
<b>Número de Minitubérculos/m<sup>2</sup> de Categoría</b>	
<b>de 2a. (de 20- 30 mm de diámetro).....</b>	74
<b>Número de Minitubérculos/m<sup>2</sup> de Categoría</b>	
<b>de 3a. (de 10-20 mm de diámetro).....</b>	77
<b>Número de Minitubérculos/m<sup>2</sup> de Categoría</b>	
<b>de 4a. (&lt; 10 mm de diámetro).....</b>	82
<b>Número de Tallos/ m<sup>2</sup> (número de tallos</b>	

<b>sobre la superficie).....</b>	<b>88</b>
<b>Número de Tubérculos por Tallo.....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>94</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>97</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>99</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>104</b>

## INDICE DE CUADROS

Página

4.1. Cuadrados medios y significancia estadística para peso total y en cuatro categorías de cosecha.....	44
4.2. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para las medias de rendimiento de cuatro variedades de papa.....	45
4.3. Medias de rendimiento en $g/m^2$ y en porcentaje de las categorías de cuatro variedades de papa.....	46
4.4. Medias de rendimiento en $g/m^2$ y en porcentaje de las categorías de tres tamaños de semilla.....	46
4.5. Rendimiento en $g/m^2$ de minitubérculos de diámetro de 30 mm provenientes de tres tamaños de semilla.....	49
4.6. Rendimiento en $g/m^2$ de minitubérculos de diámetro de 20 y 30 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.....	52
4.7. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para las medias de rendimiento en $g/m^2$ de minitubérculos de tamaño tercera (10-20 mm).....	55
4.8. Rendimiento en $g/m^2$ de minitubérculos de diámetro de 10 y 20 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.....	56
4.9.a. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para $g/m^2$ de variedades.....	59
4.9.b. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para $g/m^2$ de tubérculos-semilla de 4a. de la interacción variedades por tamaños.....	59
4.10. Rendimiento en $g/m^2$ de minitubérculos de diámetro <10 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.....	61

4.11. Cuadrados medios y significancia estadística para número de minitubérculos/m <sup>2</sup> y en cuatro categorías de cosecha.....	64
4.12. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para las medias de cuatro variedades y tres tamaños de tubérculos-semilla.....	66
4.13. Medias de número de minitubérculos/m <sup>2</sup> de cuatro variedades de papa.....	66
4.14. Medias de número de minitubérculos/m <sup>2</sup> de tres tamaños de semilla.....	69
4.15. Número de minitubérculos/m <sup>2</sup> de diámetro de >de 30 mm provenientes de tres tamaños de semilla.....	72
4.16. Número de minitubérculos/m <sup>2</sup> de diámetro entre 20 y 30 mm provenientes de tres tamaños de semilla.....	75
4.17. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia en No. de tubérculos/m <sup>2</sup> de tamaño tercera (10-20 mm). .....	80
4.18. Número de minitubérculos/m <sup>2</sup> de diámetro entre 10 y 20 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.....	80
4.19.a. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para el número de tubérculos/m <sup>2</sup> de variedades.....	83
4.19.b. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para el número de tubérculos/m <sup>2</sup> de 4a. de la interacción variedades por tamaños.....	83
4.20. Número de minitubérculos/m <sup>2</sup> de diámetro entre < 10 mm provenientes de tres tamaños de semilla.....	86
4.21. Cuadrados medios y significancia estadística para el número de tallos/m <sup>2</sup> y número de tubérculos/tallo en cuatro variedades de papa.....	88
4.22. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para en No. de tallos/m <sup>2</sup> (No. de tallos sobre el suelo).....	89
4.23. Medias de número de tallos/m <sup>2</sup> para variedades y tamaños de semilla (tallos sobre el suelo).....	90

4.24. Medias de número de minitubérculos/tallo de cuatro variedades y tres tamaños de semilla.....

92

## INDICE DE FIGURAS

	Página
4.1. Medias de peso en g/m <sup>2</sup> de minitubérculos de cuatro variedades de papa y cuatro categorías de cosecha.....	48
4.2. Rendimiento en g/m <sup>2</sup> de minitubérculos de primera (diámetro >30 mm) en cuatro variedades y tres tamaños de semilla.....	51
4.3. Medias de rendimiento en g/m <sup>2</sup> de minitubérculos de segunda (diámetro 20-30 mm) en cuatro variedades y tres tamaños de semilla.....	54
4.4. Medias de rendimiento en g/m <sup>2</sup> de minitubérculos de 3a. (diámetro 10-20 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.....	58
4.5. Medias de rendimiento en g/m <sup>2</sup> de minitubérculos de 4a. (diámetro <10 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.....	63
4.6. Medias de No. de minitubérculos/m <sup>2</sup> provenientes de tres tamaños de semilla y clasificados en cuatro categorías .....	70
4.7. Medias de No. de minitubérculos/m <sup>2</sup> provenientes de cuatro variedades de semilla y clasificados en cuatro categorías .....	70
4.8. Medias de No. de minitubérculos/m <sup>2</sup> de 1a. (diámetro >de 30 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.....	74
4.9. Medias de No. de minitubérculos/m <sup>2</sup> de 2a. (diámetro de 20-30 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.....	77
4.10. Medias de No. de minitubérculos/m <sup>2</sup> de 3a. (diámetro de 10-20 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.....	82

## INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum*) es uno de los alimentos más importantes, tanto en Europa como en América. Constituye uno de los cuatro cultivos más importantes a nivel mundial, no solamente por la superficie que anualmente se destina a su cultivo, sino por la cantidad de nutrimentos que aporta a la dieta diaria del ser humano. Su cultivo ha venido siendo cada vez más importante en los últimos 100 años y se ha intensificado en los últimos 20 años (Horton, 1988).

En general el cultivo de la papa es la especie hortícola que ofrece mayor producción de alimentos al compararlo con cereales o leguminosas tradicionales, pues los supera ampliamente en rendimiento por unidad de superficie y calidad, ocupando el segundo lugar entre los cultivos que producen más proteínas por unidad de superficie después de la soya (Guerrero, 1981 y Yamaguchi, 1983).

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), 1994 reporta en sus registros de 1980 a 1994 que en México se cultiva la papa en un área aproximada de 75,000 ha de las cuales se producen alrededor de

1,100,000 ton y el rendimiento promedio durante este período de tiempo fue de 18.0 ton/ha.

Los principales estados productores son Puebla, Sinaloa, México, Veracruz y Chihuahua, así como también la región sur de Coahuila y Nuevo León, mismos que en conjunto aportan un 70 por ciento de la producción nacional (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos -SARH-, 1994).

La producción de papa nacional se distribuye de la siguiente manera: el 70.8 por ciento para consumo en fresco; el 19 por ciento se emplea para semilla; el 10 por ciento en pérdidas y para exportación el 0.2 por ciento (SARH, 1994).

La siembra de papa en México se lleva a cabo mediante el uso de tubérculo-semilla; por lo tanto, la demanda potencial de semilla de la categoría certificada es de 240,000 ton anuales, sin embargo, únicamente se producen 30,000 ton, cantidad que cubre solamente el 12.5 por ciento de la demanda nacional (SARH, 1994).

Según documento de Estrategias para la Producción de Semilla de Papa (1990) dentro de los cultivos anuales que se siembran en esta región, la papa es un cultivo muy atractivo tanto para los agricultores del área rural

como para los pequeños y medianos propietarios, ya que constituye una fuente de ingresos bastante significativa.

La mayoría de los agricultores productores de papa utilizan la variedad Alpha, sin embargo, en los últimos años se han venido utilizando las variedades de origen extranjero como Atlantic, Mondial y Premier, con las cuales se ha incrementado una área de siembra bastante considerable (SARH, 1992 y Grupo Interdisciplinario de Investigación en Papa de la UAAAN, 1990).

Garza (1989) en su trabajo de investigación sobre diagnóstico de los factores limitantes de la producción en papa, cita que entre las principales enfermedades que existen en la zona norte del país, se encuentran *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas solanacearum* y virus del enrollamiento (PLRV).

El Grupo Interdisciplinario de Investigación en Papa de la UAAAN (1990) menciona que del 34 al 69 por ciento de la producción de semilla registrada y certificada, los agricultores semilleristas que la producen, no llevan a cabo prácticas de desmezclas y que por esta razón el 33 por ciento de los productores de semilla realizan importaciones de semilla directamente de Estados Unidos, Holanda y Canadá, lo que representa fuga de divisas para el país.

Como sugiere Garza (1989) menciona que para incrementar semilla de papa de buena calidad deberán emplearse otras técnicas que involucren la multiplicación acelerada y producción de semilla sexual, bajo condiciones de invernadero.

Además describe que las zonas de producción de semilla de las categorías básicas y registradas, deben ser cuidadosamente seleccionadas en las diferentes zonas paperas del país.

Resultados obtenidos en varios países, demuestran que para llegar a obtener un buen nivel de producción de papa para consumo se necesita partir de una semilla de buena calidad y que para conservar esta calidad hay que tratar de evitar la contaminación con enfermedades diversas y principalmente de los virus, que son los causantes de la pérdida gradual de la capacidad de producción comercial (Documento de Estrategias para la Producción de Semilla de Papa, 1990).

Es importante entonces elevar la tasa de incremento de semilla básica a fin de obtener a corto plazo y con menos capital, un material sano para dar inicio a un programa de producción y generación de semilla de buena calidad (FAO, 1991).

Esto puede ser posible utilizando fuentes de semilla botánica y aplicando técnicas de multiplicación acelerada o rápida bajo condiciones de invernadero (Knutson, 1988).

Tomando como base la situación actual del cultivo de la papa en la zona norte de México, se planeó realizar la presente investigación con el propósito de generar una alternativa tecnológica adecuada a estas condiciones, que permita determinar el efecto multiplicador que tienen tres diferentes tamaños de minitubérculos provenientes de partes vegetativas de cuatro variedades comerciales de papa (Alpha, Atlantic, Monarca y Premier) para obtener mayor disponibilidad de semilla básica bajo condiciones de invernadero (Derek y Collinson, 1983).

Por todo lo escrito con anterioridad se condujo el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Generar una alternativa tecnológica para la multiplicación de semilla básica de papa, a través de la producción de minitubérculos, bajo condiciones de invernadero.

## **Objetivos Específicos**

- Evaluar el rendimiento de tres diferentes tamaños de minitubérculos de papa (*Solanum tuberosum*), proveniente de cuatro cultivares comerciales.
- Determinar el efecto multiplicador de semilla de papa que se pueda obtener de tres tamaños de minitubérculos-semilla provenientes de cuatro variedades.

## **Hipótesis**

- a) Los rendimientos de los tres diferentes tamaños de minitubérculos de papa provenientes de cuatro variedades, responden en forma diferente.
- b) Existe interacción entre los diferentes tamaños de minitubérculos de papa, así como entre las diferentes variedades.

## REVISION DE LITERATURA

### Botánica Sistemática y Morfología de la Papa

Basándose en los caracteres florales la papa ha sido clasificada de acuerdo al siguiente sistema (Huamán, 1986 y Baez, 1983):

Familia: *Solanaceae*

Género: *Solanum*

Sección: *Petota*

Especie: *tuberosum*

La papa puede ser clasificada de acuerdo a sus niveles de ploidía que es el número de cromosomas presentes en la célula vegetativa. El juego de cromosomas de la papa consta de 12 y las células somáticas de las especies cultivadas de papa pueden variar entre el nivel diploide hasta pentaploide (Huamán, 1986).

Actualmente se cultivan ocho especies de *Solanum* y entre estas cinco especies, solamente la *Solanum tuberosum* es cultivada en todo el mundo, las demás se encuentran restringidas a los países andinos donde se

encuentran millares de cultivares primitivos (Huamán, 1986 y Darpoux y Debelley, 1969).

### **Hábito de Crecimiento**

La papa es una planta herbácea, su hábito de crecimiento cambia entre las especies y dentro de cada especie. Cuando todas o casi todas las hojas se encuentran cerca de la base o en la base de tallos cortos y están cerca del suelo, se dice que la planta tiene hábito de crecimiento arrochetado o semiarrochetado. En otras especies se pueden encontrar los siguientes hábitos de crecimiento: rastrero, decumbente semierecto y erecto (Huamán, 1986).

### **Raíces**

Según Huamán (1986) las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de una semilla forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando crecen de tubérculos, forman raíces adventicias, primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. Ocasionalmente se forman raíces también en los estolones.

En comparación con otros cultivos la papa tiene un sistema radical débil, por eso se necesita un suelo de muy buenas condiciones para el cultivo

de papa. El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo.

Las hojas aisladas, tallos y otras partes de la planta pueden formar raíces, especialmente cuando han sido sometidas a tratamientos con hormonas. Esta habilidad de las diferentes partes de la planta de papa para formar raíces es aprovechada en las técnicas de multiplicación rápida (DGTA, 1983).

### **Tallos**

Según Huamán (1986) el sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal, mientras que las provenientes de tubérculos-semilla pueden producir varios tallos, los tallos laterales son ramas de los tallos principales.

El tallo generalmente es de color verde y algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado. Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares debido a la desintegración de las células de la médula.

Las yemas que se forman en el tallo a la altura de las axilas de las hojas pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y a veces tubérculos aéreos.

## Estolones

Morfológicamente descritos, los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones es uno de los caracteres varietales importantes. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres y el mejoramiento de la papa tiene como una de las metas obtener estolones cortos (Huamán, 1986 y Ewin y Wareing, 1978).

Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con el suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal (Huamán, 1986).

## Tubérculos

Morfológicamente los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos el basal o extremo ligado al estolón que se llama talón y el extremo opuesto que se llama extremo apical o distal (Huamán, 1986).

Los ojos se distribuyen sobre la superficie del tubérculo siguiendo una espiral, se concentra hacia el extremo apical y están ubicados en las axilas de hojas escamosas llamadas cejas. Según la variedad, las cejas pueden ser elevadas superficiales o profundas, cada ojo contiene varias yemas (Huamán, 1986 y Levy *et al.*, 1993).

Los ojos del tubérculo corresponde morfológicamente a los nudos de los tallos; las cejas representan las hojas y las yemas del ojo representan las yemas axilares. Las yemas de los ojos pueden llegar a desarrollarse para formar un nuevo sistema de tallos principales, tallos laterales y estolones (Huamán, 1986 y Stallknecht, 1979).

Generalmente cuando el tubérculo ha madurado, las yemas de los ojos están en un estado de reposo y por ello no pueden desarrollarse. Al cabo de cierto tiempo, que depende de la variedad, las yemas del ojo apical son las primeras en salir del reposo. Esta característica se llama dominancia apical, más tarde las yemas de los otros ojos se desarrollan para convertirse en brotes (Huamán, 1986 y Ewin y Wareing, 1978).

En la mayoría de las variedades comerciales, la forma del tubérculo varía entre redonda, ovalada y oblonga (CIP, 1987).

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 o médula.

El peridermo o piel se rompe fácilmente al frotarla cuando el tubérculo no ha madurado, la corteza está inmediatamente después de la piel, es una banda delgada de tejido de reserva que contiene principalmente proteínas y almidones (Huamán, 1986).

Dentro del anillo vascular se encuentra el parénquima de reserva que es el tejido principal de almacenamiento y ocupa la mayor parte del tubérculo.

Todos los elementos desde la corteza constituyen la carne del tubérculo, y en las variedades comerciales es normalmente de color blanco, crema o amarillo pálido (Huamán, 1986).

### **Brotos**

Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo. El color del brote es una característica varietal importante, los brotes pueden ser blancos, morados y en ocasiones, parcialmente coloreados en la base o en el ápice, o casi totalmente coloreados, los brotes blancos

cuando se exponen indirectamente a la luz se tornan verdes y algunas veces morados (Huamán, 1986).

El extremo basal del brote forma normalmente la parte subterránea del tallo, y se caracteriza por la presencia de lenticelas. Después de la siembra, esta parte rápidamente produce raíces y luego estolones o tallos laterales. El extremo apical del brote da origen a las hojas y representa la parte del tallo donde tiene lugar el crecimiento del mismo (Lizárraga *et al.*, 1987).

## Hojas

Huamán (1986) indica que las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo, normalmente las hojas son compuestas, tienen un raquis central y varios folíolos, cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales, primarios y un folíolo terminal.

En la base de cada pecíolo se encuentran dos hojuelas laterales llamadas Pseudoestípulas, la forma y tamaño de ésta, así como el ángulo de inserción del pecíolo en el tallo, son caracteres distintivos muy útiles.

## **Inflorescencia, Flor**

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 de la papa son bisexuales y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo. El cáliz consta de cinco sépalos, la corola tiene cinco pétalos de colores blanco, azul claro, azul, rojo o morado. El androceo consta de cinco estambres que alternan con los pétalos. El gineceo de la flor consta de un solo pistilo que está compuesto de ovario, estilo y estigma. El ovario es supero y presenta dos cavidades o lóculos (bilocular) donde generalmente hay numerosos óvulos distribuidos en la periferia de la planta (placentación axilar) (Huamán, 1986).

## **Semilla Sexual**

Al ser fertilizado el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas. El fruto es generalmente esférico pero algunas variedades producen frutos ovoides o cónicos. Normalmente, el fruto es de color verde (Huamán, 1986).

El número de semillas por fruto llega a más de 200 según la fertilidad de cada cultivar, las semillas son planas, ovaladas y pequeñas (1000 - 1500 semillas por gramo), cada semilla está envuelta en una capa llamada testa, que protege al embrión y un tejido nutritivo llamado endosperma.

Las semillas también son conocidas como semilla botánica o verdadera, para distinguirlas de los tubérculos semillas utilizadas para producir cosechas de papa.

### **Desarrollo Fisiológico de Tubérculos-Semilla de Papa**

Wiersema (1985) indicó que las condiciones fisiológicas de los tubérculos-semilla afectan la emergencia y el crecimiento de un cultivo de papa. Escogiendo tubérculos-semilla de una edad fisiológica determinada, el agricultor puede variar el momento de maduración de su cultivo. Tanto las

condiciones de crecimiento como las prácticas de almacenamiento influyen en las condiciones fisiológicas de los tubérculos-semilla de papa.

### **Dominancia Apical**

Wiersema (1985) indicó que al finalizar el período de reposo, las yemas en los ojos del tubérculo empiezan a crecer y a formar brotes. Frecuentemente, la yema apical empieza a brotar primero, marcando el comienzo del estado de dominancia apical.

El sembrar tubérculos con dominancia apical a menudo da lugar a plantas con un solo tallo, esto puede resultar en rendimientos reducidos. La duración de la dominancia apical difiere considerablemente entre variedades, la dominancia apical es afectada por el manejo del almacenamiento y por el desbrotamiento.

### **Manejo de Almacenamiento**

La mejor manera de promover el desarrollo de un gran número de brotes, es retardar el crecimiento de los brotes hasta después del final de los estados de reposo y de dominancia apical. Esto puede lograrse almacenando los tubérculos a bajas temperaturas (4° C) hasta que termine el estado de dominancia apical; luego se incrementa la temperatura de almacenamiento

(encima de 15° C) para promover el crecimiento de los brotes, lo que dará lugar a un brotamiento múltiple, que puede variar desde cuatro hasta ocho brotes por cada tubérculo, según la variedad (Wiersema, 1985). Normalmente el almacenamiento tiene una duración de seis a ocho meses (Velázquez, 1984).

### **Desbrotamiento**

La remoción del brote apical del tubérculo puede inducir la formación de brotes múltiples, contribuyendo así a un brotamiento uniforme del tubérculo, lo cual da lugar a varios tallos por planta. Los brotes deben ser removidos cuando ellos están aun jóvenes, cuando los brotes están viejos el rebrotamiento puede causar daños al tubérculo, deshidratación y un rebrotamiento escaso (Wiersema, 1985).

### **Brotamiento Múltiple**

Después del estado de dominancia apical se desarrollan brotes adicionales y comienza el estado de brotamiento múltiple. Generalmente este es el estado óptimo para sembrar tubérculos-semilla, los tubérculos en este estado dan lugar a plantas con varios tallos (Wiersema, 1985).

El estado de brotamiento múltiple puede durar varios meses, según la variedad, especialmente cuando se almacenan los tubérculos en

temperaturas bajas. La luz difusa ayuda a prolongar el estado de brotamiento múltiple y a mantener los brotes cortos y fuertes.

Al comienzo del estado de brotamiento múltiple el tubérculo-semilla es fisiológicamente joven, al final, viejo. Los tubérculos-semilla viejos no deben ser desbrotados aunque los brotes se alarguen, pues pueden haber perdido su capacidad de rebrotamiento o pueden formar solamente brotes delgados (Wiersema, 1985).

Según Wiersema (1985) al usar la semilla joven se tiene lugar a lo siguiente: emergencia tardía, tuberización tardía, follaje abundante, número de tubérculos elevado, maduración tardía y rendimiento alto, todo lo contrario ocurre cuando se usa semilla vieja.

### **Condiciones de Almacenamiento**

La edad fisiológica durante el almacenamiento depende principalmente de la longitud del período de almacenamiento (días) y de la temperatura en (°C) del almacenamiento. Ambos factores pueden ser combinados en un producto matemático de grados-día cuanto más alto sea el número acumulado de grados-día, más avanzado fisiológicamente es el producto (Wiersema, 1985). En sistemas de almacenamiento rústico también se puede conservar la semilla con temperaturas bajas y luz difusa.

## Técnicas de Obtención de Semilla de Papa

La SARH (1991) al presente ha limitado la importación de semilla de papa, por lo que resulta urgente actualizar los programas de producción de semilla de papa en México, los cuales debe considerar la semilla certificada y la de autoabastecimiento, así como desde los métodos más simples de selección en el campo hasta los métodos más sofisticados de la biotecnología.

Por lo anterior, la estrategia contempla los procedimientos técnicos para la producción de tubérculos-semilla a corto, mediano y largo plazo, y para agricultores que usan tanto técnicas de subsistencia, como tecnologías medias y avanzadas; considerando si es el caso, las normas de certificación, el almacenamiento y la movilización de las papas, que serán utilizadas como semilla.

La SARH (1992) menciona que en la producción de semilla de papa con alto índice de sanidad, es importante considerar que existen métodos más sofisticados de producción de semilla de papa en los que se requiere hacer uso de procedimientos biotecnológicos y técnicas específicas para garantizar buena sanidad en la semilla.

Para garantizar absoluta sanidad de los materiales, se requiere de una estrategia que permita la producción de materiales en el laboratorio, en invernadero y en campo.

## Producción de Tubérculos-Semilla en Laboratorio

La SARH (1992) indica que los productores de semilla en esta categoría requieren de materiales originales con un alto grado de sanidad y con buena pureza genética.

### **Cultivo de Tejidos**

Dodds (1988); Roca *et al.* (1978) y la SARH (1992) indican que el cultivo de tejidos permite en un período breve la propagación clonal rápida de un número de plántulas y la conservación de germoplasma de papa bajo condiciones controladas, en espacios pequeños y con poca mano de obra.

También Wooster y Dixon (1987) mencionan que mediante la utilización de técnicas de cultivo de tejidos vegetales, bajo condiciones de asepsia un tejido vegetal se siembra en un medio de cultivo que satisfaga sus requerimientos nutricionales.

Estas técnicas se emplean en papa con diferentes propósitos, dentro de los que destacan: la obtención de plantas libres de virus, propagación vegetativa y mantenimiento de bancos de germoplasma *in vitro* (SARH, 1992 y Slack, 1988).

Recientemente se ha estado utilizando el cultivo de meristemas apicales con el objeto de obtener material libre de virus. Este procedimiento se basa en el hecho de que las células con los puntos de crecimientos de las yemas axilares, lo mismo que los ápices de los brotes pueden mantenerse libres de virus, si se expone la planta o los tubérculos a alta temperatura, no obstante la planta madre o los tubérculos estén infectados (Wright, 1988).

### **Técnica de Termoterapia**

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

Wright (1988) indica que de los varios métodos que han sido utilizados para la obtención de plantas libres de virus; la termoterapia es la que mejor resultado ha dado. Esta forma de liberar materiales infectados de virus consiste en la aplicación de altas temperaturas a las plantas completas o partes aisladas.

Durante el tratamiento de calor se inhibe la multiplicación del virus, manteniéndose el metabolismo de la planta a niveles que aun le permiten sobrevivir. El procedimiento común de aplicar la termoterapia en el cultivo de la papa consiste en someter a la planta a calor (30° C) por tres a cuatro semanas, dependiendo del clon de que se trate (López y Zavala, 1988).

## Cultivo de Meristemos

Según López y Zavala (1988) algunos virus resisten la termoterapia, por lo que se hace indispensable un método alternativo para la limpieza de materiales de propagación de papa. El cultivo de meristemos es la alternativa que mejores resultados ha brindado y consiste en cultivar *in vitro* esta parte de la planta con medios y condiciones adecuadas. El principio fundamental de esta técnica se basa en la capacidad del virus de replicarse a la misma velocidad de multiplicación celular de la planta.

El procedimiento utilizado en papa consiste en separar yemas laterales de la planta, eliminarles los folíolos y cortar el meristemo, el cual es transferido a un medio de cultivo. Es recomendable ocasionar una etiolación de la planta para facilitar la obtención de los brotes (Colín *et al.*, 1987).

El cultivo de meristemos ha sido utilizado simultáneamente con la termoterapia, lo que brinda un gran margen de seguridad en la obtención de plantas sanas (Wareh *et al.*, 1989).

## Producción de Tubérculos-Semilla en Invernadero

### **Multiplicación Acelerada**

Según Meléndez, y Quevedo (1980) las técnicas de multiplicación rápida deben ser prácticas, sencillas y baratas que se puedan adaptar en cualquier ambiente donde se cultiva papa, tratando de usar en lo posible materiales que existen en la zona.

El principio de estas técnicas de multiplicación se basa en que los tubérculos de papa son genéticamente idénticos a cualquier otra parte de la planta; por lo tanto puede ser utilizada para reproducir una planta de papa manteniendo su identidad genética (Hamann, 1978).

En multiplicación rápida se usan partes vegetativas tales como porciones de tubérculo, esquejes de tallo, esquejes de hoja y yema, corte de brotes, estolones y tejido meristemático (Bryan, 1988).

Las técnicas de multiplicación rápida son importantes en los programas de mejoramiento y en los de producción de semilla. En un programa de mejoramiento su aplicación acorta el proceso de selección por varios años, debido al gran aumento de tubérculos que se obtienen, además de la obtención de una gran cantidad de tubérculos libres de virus. Es

conveniente indicar que cada técnica tiene sus ventajas y desventajas, las cuales deben ser conocidas antes de aplicar una a condiciones específicas (Meléndez y Quevedo, 1980 y Jones, 1986).

**Esquejes de Brote.** Se obtienen de cortar los brotes del tubérculo, para lo cual se deja brotar el mismo en condiciones de oscuridad para que se alarguen, después se ponen en luz difusa para que se coloren y después se cortan.

Según Bryan *et al.* (1981) ésta es una obtención de minitubérculos de semilla que incluye: a) la eliminación del punto de crecimiento apical de los brotes e inmersión en una solución de 1 a 2 ppm de ácido giberélico, b) crecimiento de los brotes laterales, c) desbrotamiento y corte de esquejes de los brotes, d) enraizamiento de los esquejes de brotes en arena fina, e) trasplante en invernadero o al campo definitivo y desarrollo de la planta normal crecida de cada esqueje de brote.

**Esqueje de Tallo Juvenil.** Para la producción de esquejes de tallo juvenil se usan plántulas juveniles que estén creciendo vigorosamente. Las plántulas madre pueden provenir de esquejes de brotes, de meristemos, de esquejes de tallo, de tuberculillos (menos de 10 g) o de semilla botánica. INIFAP, SARH - PRECODEPA (1985).

Según INIFAP, SARH y PRECODEPA (1985) :

- a) Dos a tres días antes de cada cosecha de esquejes se aplica un fertilizante foliar. Cuando la planta tiene cinco o seis hojas, con un bisturí o una navaja asépticos, se corta el tallo encima del nudo basal, cuidando de no dañar la yema axilar y dejando una hoja vigorosa, cada planta madre puede ser cosechada de dos a 10 veces, cada una de estas cosechas es mayor que la primera, porque se desarrolla más de un tallo después de la segunda cosecha.
- b) Después, el tallo se corta cuidadosamente en secciones, cada una con una hoja y su yema axilar.
- c) Se utiliza una hormona de enraizamiento rápido y uniforme, toda la porción del tallo del esqueje se sumerge en la solución hormonal por 10 segundos, cuidando que la yema axilar no se impregne de la hormona de enraizamiento.
- d) Los esquejes son plantados en el sustrato de enraizamiento, procurando no plantarlos muy juntos, para evitar que las hojas se traslapen o entrelacen las raíces y se dañen al momento del trasplante. Se siembra cada esqueje a suficiente profundidad para que el nudo y el tallo estén cubiertos de arena y no sean expuestos después de varios riegos.
- e) La velocidad de enraizamiento y desarrollo depende de la variedad, temperatura y manejo. El tiempo normal para que enraice un esqueje es de 10 a 15 días . Según el uso que se les vaya

a dar a las plántulas, éstas son trasplantadas al campo o al invernadero.

**Esqueje de Tallo Lateral.** Según la SARH (1992) esta técnica se utiliza en plantas madre, provenientes de cualquier otra técnica de multiplicación rápida.

- a) Cuando las plantitas alcancen de 20 a 30 cm de altura se corta la yema apical de cada tallo, para estimular así el crecimiento de las yemas axilares.
- b) Cuando los brotes midan de 10 a 12 cm se cortan y se tratan con un enraizador.
- c) Estos brotes se siembran en arena (de gránulos de 1 a 2 mm de diámetro), presionando horizontal y verticalmente en la base del esqueje.
- d) Los esquejes ya enraizados (de 15 a 20 días de la siembra) son transplantados nuevamente para obtener así la primer cosecha de minitubérculos.

**Esqueje de Tallo Adulto.** Cuando la planta ya está senescente se secciona en esquejes ; cada esqueje debe tener una yema y una hoja, cada esqueje se coloca en arena con la yema bajo la superficie y dos semanas después empieza la formación de tuberculillos (Bryan *et al.*, 1981 y Naranjo y Estrella, 1987).

## Producción de Tubérculos-Semilla en Campo

### **Selección Positiva**

Según la SARH (1991 y 1992) este método se utiliza cuando existe en un lote de producción, gran cantidad de plantas enfermas y un porcentaje reducido de plantas visualmente sanas. Se seleccionan poniendo una marca a las plantas con mayor sanidad ; se eliminan las plantas vecinas, se deben controlar vectores cada dos semanas.

La defoliación se realiza cuando los tubérculos tengan el tamaño adecuado y se cosechan primero las plantas seleccionadas y posteriormente el resto del lote.

La producción total de las plantas seleccionadas será la semilla que el productor utilizará en el siguiente ciclo, donde se deberá aplicar la técnica de selección negativa. Esta técnica puede ser usada por agricultores de baja, mediana y alta tecnología.

### **Selección Negativa**

Esta tecnología se sugiere cuando existen en el lote de producción, algunas plantas visualmente enfermas. Se recomienda practicarse cuando se

tiene una buena fuente de semilla o después de practicar la selección positiva (SARH, 1992).

Se efectúan recorridos en el campo, eliminando plantas con síntomas de virus. Se aconseja aplicar insecticidas para controlar los vectores de virus. Cuando se tengan los tubérculos de tamaño adecuado se procederá a la defoliación química, La producción de este lote se utiliza en el siguiente ciclo (SARH, 1991 y Fernández, 1976).

### **Selección Clonal**

La SARH (1991) indica que este método es a mediano plazo; puede ser usado por productores de mediano y alto nivel tecnológico; se recomienda para agricultores que manejan adecuadamente el cultivo y que posean papas con alta sanidad.

Esta metodología requiere de una buena fuente de semilla, así como de almacenes adecuados de luz difusa y cajas germinadoras para obtener una buena brotación en los tubérculos, la metodología comprende de cuatro ciclos y es un proceso a mediano plazo.

## Unidad de Tubérculo

La SARH (1992) indica que este método es recomendado para obtener semilla básica, puede ser adoptado por los agricultores para conservar y abastecerse de tubérculo para sus siembras comerciales.

Se debe partir de una buena parcela con semilla certificada y se seleccionan los tubérculos grandes. Estos tubérculos se seccionan en tres partes, dejando que permanezcan unidas por  $\frac{1}{4}$  de pulgada.

Estos tubérculos semi-seccionados se guardan en cajas germinadoras a temperatura ambiente o controlada. Al momento de la siembra se deposita cada tubérculo en el surco y después se secciona completamente, colocando cada parta a una distancia de 20 a 30 cm entre sí. Cada grupo de tres secciones forman una unidad. Si alguna planta muestra síntomas anormales se descarta la planta enferma y las dos que le anteceden y las dos que le siguen.

Los tubérculos que den plantas vigorosas y uniformes se seleccionan y son las que forman los lotes de semilla básica para el siguiente ciclo de siembra.

## Índice de Tubérculo

INIFAP-SARH-PRECODEPA (1985) mencionan que el método consiste en localizar en el campo una planta de buen tamaño, sanidad y apariencia general de acuerdo a las características de la variedad y se cosecha toda la producción por separado.

Cuando los tubérculos empiezan a brotar se selecciona uno, y se le extrae una yema y se conserva por 3 ó 4 días a fin de que subericen tanto la yema como el corte del tubérculo.

La yema extraída se siembra en una maceta bajo invernadero y una vez emergida, se le hacen pruebas de serología. Si resulta positiva se eliminan el resto de los tubérculos, y si la prueba es negativa, entonces el material va al campo.

Este procedimiento se realiza por tres años, y al final se tendrán plantas individuales, familias del primer año y del segundo año. Este es un método laborioso, pero efectivo, requiere de una buena infraestructura.

## Semilla Botánica, un Método Alternativo para la Producción de Papa

Según Malagamba *et al.* (1983) en países en desarrollo la producción de papa a base de semilla botánica se está convirtiendo en una alternativa promisorio frente al método tradicional de usar tubérculos-semilla.

Por varias razones, la papa ha sido tradicionalmente propagada sembrando tubérculos-semilla. Estos son fáciles de sembrar y las plantas crecen rápida y vigorosamente, los tubérculos cosechados son uniformes y los rendimientos son generalmente altos.

A pesar de estas claras ventajas la propagación por tubérculos-semilla ha limitado en cierta manera la adopción y expansión del cultivo de papa especialmente en países en desarrollo.

Los mismos autores indicaron que las principales ventajas de la semilla botánica son las siguientes: a) pocos patógenos, b) facilidad en el almacenamiento y transporte, c) tiempo de siembra flexible, d) nuevas áreas de producción de papa, y d) la semilla botánica es un material de bajo costo que puede reducir el costo de producción.

## **Siembra de Minitubérculos en Invernadero**

### **Condiciones de Invernadero**

Accesibilidad, agua, seguridad, protección de patógenos, luz, condiciones ambientales. Las camas deben estar construidas en forma longitudinal, con un ancho de un metro, por el largo deseable y debe ser fabricado dependiendo de las condiciones del lugar (PRECODEPA, 1988).

## Preparación del Suelo

El suelo debe estar constituido de los materiales existentes en la región, con una relación de dos partes de materia orgánica y una de arena, agregando musgo si se tiene en la región; esto debe ser esterilizado con bromuro de metilo a una relación de dos libras por metro cúbico, o bien, vapor a 70° C por 4 h (PRECODEPA, 1988).

Al momento de la siembra se preparan 50 kg de suelo y otros 50 kg para aporques; la cama debe tener 10 cm de profundidad, 5 cm para aporques y 5 cm para labores de riego.

## Siembra

La siembra se efectúa en forma directa en el terreno de cultivo, para esto el suelo debe estar bien preparado y ligeramente húmedo. Se coloca el minitubérculo sobre la mezcla de suelo presionando ligeramente y orientando el brote hacia arriba (PRECODEPA, 1988).

Sobre el tuberculillo se aplica un insecticida y un fungicida para prevenir principalmente el ataque de gusanos cortadores, además de otras plagas y pestes.

Luego se cubre el minitubérculo con una capa de suelo de 5 cm de espesor, esto permitirá una emergencia rápida de la plántula.

Las distancias de siembra entre planta y entre surcos son de 20 cm y 90 cm respectivamente. Sin embargo, los factores como el pequeño tamaño del tubérculo, el menor desarrollo del follaje y la menor área de tuberización, podría hacer variar esta densidad.

La emergencia en campo, varía según las condiciones de suelo y clima; en climas calurosos ésta se inicia a los nueve días y en climas fríos a los 15 días.

### **Fertilización**

Al momento de la siembra se recomienda fertilizar con un fertilizante completo, puede ser con la fórmula 60-90-40 utilizando 5 g por litro de agua, la cual se puede regar con una regadera y después lavar el fertilizante con agua (PRECODEPA, 1988 y Thomson, 1987).

La otra forma es aplicando 5 g de fertilizante 12-14-12 por cada minitubérculo, se tapa con tierra y después se coloca el tubérculo.

## Labores Culturales

### **Riego**

Se aplica un riego ligero después de la siembra, se recomienda dar riegos ligeros y frecuentes. No esperar que el suelo esté seco para irrigar, es importante tomar en cuenta las condiciones de suelo y clima en el manejo del riego.

### **Control de Heladas o Luz Solar**

En algunos casos se puede proteger las plantas de las heladas o la luz solar con materiales adecuados y que existan en la región tales como mantas, hojas de palma. etc.

### **Aporques**

Se recomienda hacer uno o dos semi-aporques hasta el aporque completo para aumentar el sostén de la plántula y promover un buen desarrollo de los estolones y consecuentemente de los tubérculos (Miranda y Del Valle, 1983).

Después del aporque las siguientes prácticas culturales son iguales como las usadas para la producción de semilla comercial.

## Chequeos

Los chequeos se hacen con la finalidad de detectar virus cuando las plántulas tienen una altura de 10-15 cm. Además se hacen muestreos del tamaño y número de tuberculillos.

## Cosecha

Meléndez y Quevedo (1980) indican que previo a la cosecha se defolia la planta, la cual puede ser cortando la base del tallo con navaja esterilizada o bien con el producto químico (paraquat). Con esto se logra que a los 15 días los minitubérculos hayan suberizado y estén listos para la cosecha.

Una vez cosechados los minitubérculos, se recomienda no ponerlos al sol y se seleccionan por tamaño; en las categorías de: menor de 5 g; de 6 a 20 g.; y mayor de 20 g. Se hace una desinfección de los minitubérculos con insecticida-fungicida y estén listos para el almacenamiento (PRECODEPA, 1988).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localidad donde se Realizó la Investigación**

El presente estudio se llevó a cabo en el período de otoño-invierno de 1995, bajo condiciones de invernadero en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; ubicada en la región de Buenavista, municipio de Saltillo, Coahuila, a una distancia de 10 km hacia el sur de Saltillo.

Esta región se encuentra localizada dentro de los 25°23' latitud norte y 101° 80' longitud oeste. Presenta una altitud de 1785 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 12-18° C y la precipitación es de 376.2 mm. Los invernaderos cuentan con sistemas de riego y el suelo utilizado fue una mezcla de broza, paja de trigo molida y suelo, utilizando bolsas de polietileno la temperatura promedio dentro del invernadero durante el período de estudio fue de 26° C la máxima y 16° C la mínima.

### **Material Genético**

El material genético utilizado está integrado por minitubérculos de cuatro variedades comerciales de papa que se usan comúnmente en la región

y presentan buenas característica de adaptación y rendimiento. Los materiales evaluados fueron: Alpha, Atlantic, Mondial y Premier. Las cuales fueron proporcionadas por el propietario del Rancho Guadalupe, Ing. Ignacio González; como una colaboración con la Universidad Antonio Narro para poder efectuar este trabajo de investigación.

### Características de las Variedades

Características	Alpha	Atlántic	Mondial	Premier
Cultivador y Origen	Dr. J.C. Dorst. Holanda	USDA, Florida, Virginia, N. Jersey. Maine Agricultural Experiment.	D. Biemond, Holanda, Hettena.	F. Brands, Holanda. Wolf & Wolf B.V.
Maduración.	Tardía	Media	Semi-tardía	Temprana
Desarrollo follaje	Bueno	Bueno	Temprana	Semitemprana
Planta	Tallos poco numerosos, robustos de color morado pálido, extendiéndose poco flores de color morado	Grande, erecta, hojas grandes, flores lavanda.	Tallos predominantemente verdes, bastante gruesos, hojas grandes, se extiende mucho flores blancas	Tallos numerosos, bastante finos, hojas pequeñas, pocas flores blancas.
Color piel	Amarillo claro	Reticulada con variada escamación	Amarilla	Amarilla clara
Color pulpa	Amarillo clara	Blanca	Amarillo clara	Amarillo clara
Forma tubérculo	Oval redonda	Oval redonda	Oval alargada	Oval redonda
Ojos	Superficiales	Superficiales	Superficiales	Superficiales
Rendimiento	Alto	Alto	Alto	Bajo
Brotación	Reposo Largo	-----	Reposo corto	Reposo muy corto
Sucep. enfermed.	Phytophthora, PLRV.	Necrosis de calor	Phytophthora.	Phytophthora.
Resist. enfermed.	Sarna verrugosa.	Phytophthora, Nemátodo dorado Cepa A de PVX	Virus A, Sarna verrugosa, patotipo A nemátodo dorado.	Virus Y, Sarna verrugosa, Virus A Patotipo A nemátodo dorado.

## **Diseño Experimental y Establecimiento de Experimento**

Para evaluar los tratamientos, se utilizó un arreglo factorial en bloques al azar con tres repeticiones, donde se evaluaron minitubérculos de cuatro variedades y tres diferentes tamaños. Cada unidad experimental consistió de tres bolsas de polietileno con 4 kg de sustrato y dos tubérculos cada una.

Cada bolsa se fertilizó utilizando N-P-K tratando de obtener los niveles de 150-225-150 kg por hectárea, lo que equivale a 7 g de fertilizante 12-14-12 por postura, o bien a 35 g, de fertilizante por metro lineal. Se realizó un análisis físico químico del sustrato que contenía cada bolsa para saber su composición química. La siembra se realizó en bolsas individuales y al colocar los tubérculos se aplicó un fungicida-insecticida para prevenir el ataque de enfermedades y plagas. Posteriormente se cubrieron los minitubérculos con una capa de tierra para facilitar una emergencia rápida (Tisdale y Nelson, 1982).

### **Tratamientos**

Para el presente trabajo de investigación se utilizaron 12 tratamientos como a continuación se describen; y que son consecuencia de combinar las cuatro variedades con los tres tamaños de semilla:

Variedades	Tamaños	Trat.	Peso de Minitubérculos
Alpha	Grande	1	2.87 g
	Mediano	2	1.52 "
	Pequeño	3	0.83 "
Atlantic	Grande	4	2.60 g
	Mediano	5	1.88 "
	Pequeño	6	1.15 "
Mondial	Grande	7	2.74 g
	Mediano	8	2.20 "
	Pequeño	9	1.41 "
Premier	Grande	10	2.31 g
	Mediano	11	1.76 "
	Pequeño	12	1.21 "

### Características Evaluadas

Durante el período de la evaluación los caracteres a evaluar en el invernadero se midieron de cada unidad experimental y los datos a tomar fueron los siguientes:

#### Rendimiento en g/m<sup>2</sup>

Una vez cosechados los minitubérculos se seleccionaron por tamaño y se pesaron, las siguientes categorías:

Tamaño de 1a. (Tubérculos > de 30 mm de diámetro)

Tamaño de 2a. (Tubérculos de 20 a 30 mm de diámetro)

Tamaño de 3a. (Tubérculos de 10 a 20 mm de diámetro)

Tamaño de 4a. (Tubérculos < de 10 mm de diámetro).

### **Número de Minitubérculos por Metro Cuadrado**

Se procedió a contar y pesar los minitubérculos obtenidos en las diferentes categorías.

Tamaño de 1a. (Tubérculos > de 30 mm de diámetro)

Tamaño de 2a. (Tubérculos de 20 a 30 mm de diámetro)

Tamaño de 3a. (Tubérculos de 10 a 20 mm de diámetro)

Tamaño de 4a. (Tubérculos < de 10 mm de diámetro).

### **Número de Tallos por Metro Cuadrado (tallos sobre la superficie del suelo)**

Los datos que se tomaron en esta variable están de acuerdo con Wiersema (1981) y Van-Der Zaag (1981) quienes recomiendan que sea llamado como el número de tallos sobre el suelo por metro cuadrado o bien densidad de tallos.

### **Número de Minitubérculos por Tallo**

Estos datos se tomaron dividiendo el número de minitubérculos, que se contaron a la cosecha entre el número de tallos que se contaron sobre la superficie del suelo.

## Análisis Estadístico

Como se indicó anteriormente, el diseño experimental fue el de un factorial en bloques al azar con cuatro variedades y tres tamaños de minitubérculos y bajo este diseño se realizó un análisis de varianza (ANVA) para cada uno de los tratamientos, con el siguiente modelo estadístico: (Ostle, 1974 y Steel y Torrie, 1986).

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + V_i + T_j + (V T)_{ij} + E_{ijk}$$

$i = 1, 2, \dots, v$  variedad de papa

$j = 1, 2, \dots, t$  tamaño de tubérculo

$k = 1, 2, \dots, r$  repeticiones o bloques

$$E_{ijk} = \sim N I(\sigma^2)$$

donde:

$Y_{ijk}$  = valor de la característica estudiada.

$\mu$  = efecto general de la media poblacional.

$R_k$  = efecto de la  $k$ -ésima repetición.

$V_i$  = efecto de la  $i$ -ésima variedad de papa

$T_j$  = efecto del  $j$ -ésimo tamaño de tubérculos-semilla

$(V T)_{ij}$  = efecto conjunto e interacción de la  $i$ -ésima variedad de papa por el  $j$ -ésimo tamaño de tubérculos-semilla

$E_{ijk}$  = efecto aleatorio a la cual se asume una distribución normal e independencia cero y una varianza constante

## Comparación de Medias

Se realizó una comparación de los valores medios, en aquellas variables donde se encontró significancia estadística de acuerdo con el análisis de varianza (ANVA). Utilizando la prueba de rangos múltiples de Duncan al 0.05 de nivel de significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso de Minitubérculos en g/m<sup>2</sup>

El análisis de varianza para el rendimiento en g/m<sup>2</sup> muestra que no hubo diferencias significativas tanto entre variedades, como en los diferentes tamaños de semilla. Por otra parte no hay diferencias significativas para la interacción entre variedades y tamaños de semilla. Demostrando que las medias obtenidas para estos factores fueron estadísticamente iguales (Cuadro 4.1).

A pesar de que no se encontró significancia estadística, se realizó una prueba de Duncan al 5 por ciento de nivel de significancia para las medias de rendimiento y se encontró que la variedad Mondial fue estadísticamente superior a la variedad Atlantic. Las variedades Mondial, Alpha y Premier forman un mismo grupo estadístico, siendo su rendimiento prácticamente igual, (Cuadro 4.2).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Gonzáles (1996) quien reporta que el rendimiento de la variedad Mondial fue superior al compararla con otras dos variedades de papa (Gigant y Timate).

Cuadro 4.1.: Cuadrados medios y significancia estadística para peso total y en cuatro categorías de cosecha.

F.V.	GL	Rend. (g./m <sup>2</sup> )	P. mtb. de 1a. > 30 mm	P. mtb. de 2a. 20-30 mm	P. mtb. de 3a. 10-20 mm	P. mtb. de 4a. < 10 mm
Reps	2	161427.71 ns	19925.64 ns	98544.46 *	9200.59 *	35.27 ns
Variedades (A)	3	131288.71 ns	77041.27 ns	23314.64 ns	11125.79**	85.34 *
Tamaños (B)	2	68570.11 ns	18810.08 ns	30314.51 ns	11294.81 *	17.46 ns
Var*Tamaños	6	55716.63 ns	17883.42 ns	11554.65 ns	1806.98 ns	44.65 ns
(AB)	22	55989.58	77475.06	11414.01	2591.14	20.05
Error						
C.V. (%)		25.58	60.81	31.06	48.53	64.06

\* = Significativo al 0.05, \*\* = Significativo al 0.01 ns = No significativo

**Cuadro 4.2. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para las medias de rendimiento de cuatro variedades de papa.**

No.	Variedades	Medias de rendimiento g/m <sup>2</sup>	Rango Duncan 5%
4	Mondial	1030.24	A
1	Alpha	989.80	AB
3	Premier	867.65	AB
2	Atlántic	766.84	B

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 4.3 se presentan los rendimientos en g/m<sup>2</sup> de las cuatro variedades de papa que fueron evaluadas, así como el porcentaje obtenido de cuatro diferentes categorías de cosecha.

La media general de las cuatro variedades fue de 221.4 g/m<sup>2</sup> y los rendimientos de las variedades Mondial y Alpha, superaron respectivamente a la media general. Estas observaciones confirman lo que dice la Nivaa (1994) y NBDA (1993) que caracterizan estos dos materiales como de alto rendimiento.

En relación a las categorías de clasificación, se puede observar lo siguiente: el 50 por ciento de la producción total fue de la categoría de 1a. (>30 mm de diámetro); el 38 por ciento de la categoría 2a. (20 a 30 mm de diámetro); el 11 por ciento de la categoría 3a. (10-20 mm) y el 1 por ciento de la categoría 4a. (< 10 mm de diámetro). Con excepción de la 2a. categoría (20-

30 mm de diámetro), se observa que la variedad Mondial fue superior a la media general en todas las demás categorías, es decir, en 1a., 3a. y 4a.

En la Figura 4.1 se observa que los rendimientos más bajos fueron con las variedades, Atlantic después de Premier, resultado que es contrario a lo que dice la NBDA (1993) que caracteriza la variedad Atlantic con alto rendimiento, mientras que la Nivaa (1994) confirma que la variedad Premier es la de más bajo rendimiento, en comparación con las otras tres variedades evaluadas en este estudio.

El Cuadro 4.4 presenta las medias de rendimiento en g/m<sup>2</sup> de acuerdo a tres diferentes tamaños de semilla y cuatro categorías de cosecha obtenidas. Se observa que el mayor peso se tiene con minitubérculos de la categoría 1a. (> de 30 mm) y representan el 51 por ciento del total de la producción. En segundo lugar se encuentra la categoría de 2a. (de 20-30 mm) con un 38 por ciento; en el tercer lugar, se encuentra la categoría 3a. (de 10-20 mm) con un 11 por ciento y en cuarto lugar, se encuentra la categoría 4a (<10 mm de diámetro) con 1 por ciento de la producción total.

En el mismo Cuadro 4.4 se observa que la media de peso en g/m<sup>2</sup> más alta se tiene con el tamaño de semilla pequeño y le sigue el tamaño mediano.

**Cuadro 4.3. Medias de rendimiento en g/m<sup>2</sup> y en porcentaje de las categorías de cuatro variedades de papa.**

Variedades	Categorías de cosecha								Total	g	%	$\bar{X}$
	1a.		2a.		3a.		4a.					
	diámetro > de 30 mm	g	diámetro de 20-30 mm	%	diámetro de 10-20 mm	g	diámetro < de 10 mm	%				
Alpha	474.01	47.8	410.75	41.4	99.95	10.0	5.09	0.51	989.8	100	247.0	
Atlantic	353.44	46.0	330.19	43.0	77.97	10.1	5.28	0.68	766.88	100	191.7	
Premier	428.83	49.4	346.98	39.9	85.8	9.88	6.04	0.69	867.65	100	216.0	
Mundial	574.77	55.7	288.16	27.9	155.85	15.1	11.56	1.12	1030.34	100	257.6	
$\bar{X}$	457.76	50.1	344.02	37.6	104.89	11.4	6.99	0.76	913.66	100	221.4	

**Cuadro 4.4. Medias de rendimiento en g/m<sup>2</sup> y en porcentaje de las categorías de tres tamaños de semilla.**

Tamaños (g)	Categorías de cosecha								Total	g	%	$\bar{X}$
	1a.		2a.		3a.		4a.					
	diámetro > de 30 mm	g	diámetro de 20-30 mm	%	diámetro de 10-20 mm	g	diámetro < de 10 mm	%				
Grande -2.6	470.75	55.9	289.1	34.3	76.18	9.05	5.71	0.6783	841.74	100	210.4	
Mediano 1.85	449.58	47.4	387.74	40.9	101.27	10.6	8.11	0.8566	946.7	100	236.7	
Chico -1.15	489.24	50.4	335.24	34.6	137.22	14.1	7.12	0.7349	968.82	100	247.2	
$\bar{X}$	469.85	50.7	344.02	37.1	104.89	11.3	6.98	0.7539	925.74	100	231.4	

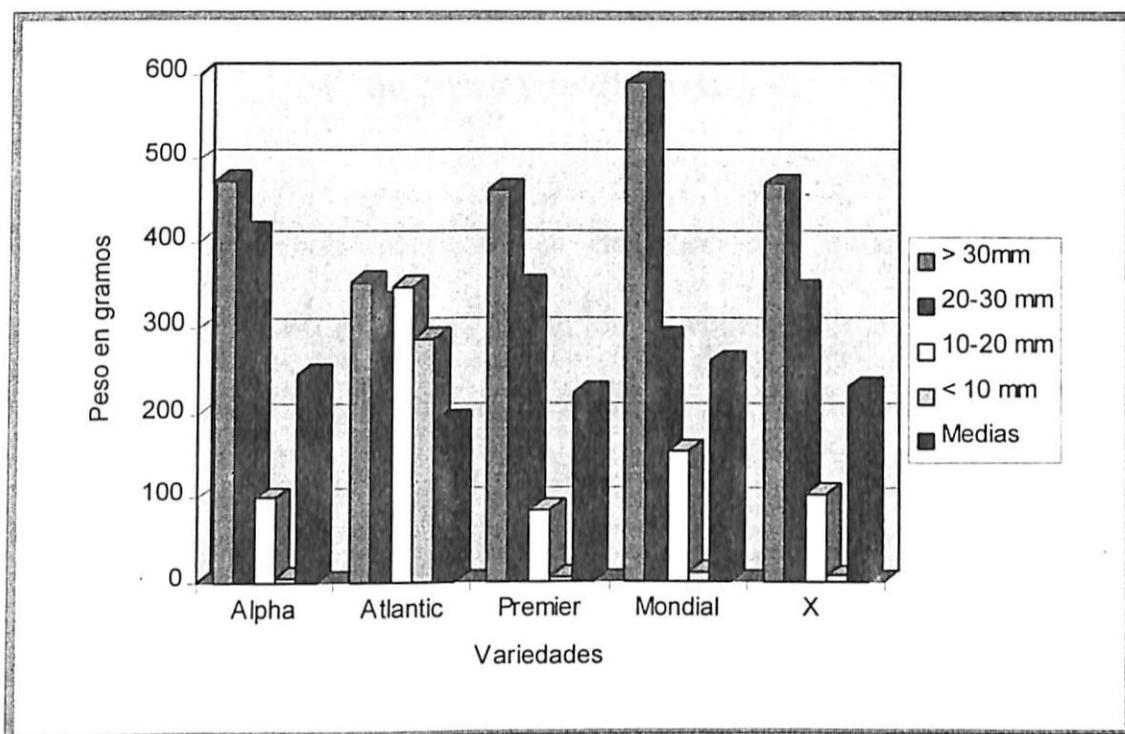


Figura 4.1. Medias de peso en  $g/m^2$  de minitubérculos de cuatro variedades de papa y cuatro categorías de cosecha.

En términos generales se puede decir: en primer lugar, que los rendimientos obtenidos de la categoría de 1a. fueron obtenidos por la semilla más grande; y en segundo lugar, los rendimientos de las categorías 2a., 3a. y 4a. fueron producidos por la semilla de tamaño mediano y pequeño, respectivamente. Esto es muy importante si consideramos, en el primer caso, que los tubérculos más grandes salen del invernadero para incrementarlos en el campo, y en el segundo caso, los minitubérculos más pequeños, seguirán incrementándose en el invernadero. Además se debe considerar que el precio de los minitubérculos varían conforme el tamaño de los minitubérculos, siendo más baratos los más chicos.

## Peso de Minitubérculos en g/m<sup>2</sup> de la Categoría 1a.

(> de 30 mm de diámetro)

De acuerdo con el análisis de varianza para el peso de minitubérculos de la categoría 1a., o sea, los mayores de 30 mm de diámetro, no se encontraron diferencias significativas para el factor variedades y tampoco para el factor tamaño de semilla, por lo que las medias obtenidas para estos dos factores se consideran estadísticamente iguales (Cuadro 4.1).

El Cuadro 4.5 presenta los rendimientos en g/m<sup>2</sup> obtenidos de cuatro variedades y tres diferentes tamaños de minitubérculos-semilla.

**Cuadro 4.5. Rendimiento en g/m<sup>2</sup> de minitubérculos de diámetro de > 30 mm provenientes de tres tamaños de semilla.**

Variedades	Tamaño de Semilla						Total		$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano (1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		g	%	
	g	%	g	%	g	%			
Alpha	592.5	41.6	326.18	22.9	503.35	35.3	1422.0	100	474.0
Atlantic	329.2	31.0	336.42	31.7	394.75	37.2	1060.3	100	353.4
Premier	453.3	32.6	492.45	35.5	440.75	31.7	1386.5	100	462.2
Mondial	507.83	29.4	598.21	34.6	618.3	35.8	1724.3	100	574.8
$\bar{X}$	470.75	33.6	438.31	31.3	489.24	34.9	1398.3	100	466.10

El rendimiento promedio de las cuatro variedades y los tres tamaños de semilla fue de 466.10 g/m<sup>2</sup> y dentro de éstos el 35 por ciento corresponde al tamaño de semilla pequeño, el 34 por ciento al grande y el 31 por ciento al tamaño mediano.

En relación al rendimiento total, la variedad Mondial fue la que registró el rendimiento más alto con una media de 574.8 g/m<sup>2</sup>, seguido por la variedad Alpha (474.0 g), Premier (462.2 g) y Atlantic (353.4 g/m<sup>2</sup>).

El rendimiento de la variedad Mondial fue más alto donde se utilizaron minitubérculos-semilla pequeña y mediana que donde se utilizó minitubérculos-semilla grande.

En el caso de la variedad Alpha, los rendimientos más altos se lograron con semilla grande y pequeña, mientras que el rendimiento más bajo se obtuvo con semilla mediana.

La variedad Premier rindió más cuando se utilizaron minitubérculos-semilla mediana y grande respectivamente, y el rendimiento más bajo se obtuvo con la semilla más pequeña.

La variedad Atlantic, ocupó el último lugar en rendimiento y la semilla pequeña y mediana proporcionaron el 70 por ciento del rendimiento total para esta variedad.

En la Figura 4.2 se muestra el rendimiento en g/m<sup>2</sup> de los minitubérculos >de 30 mm de diámetro. Se observa que la media de

rendimiento de la variedades Mondial y Alpha fueron superiores a la media general.

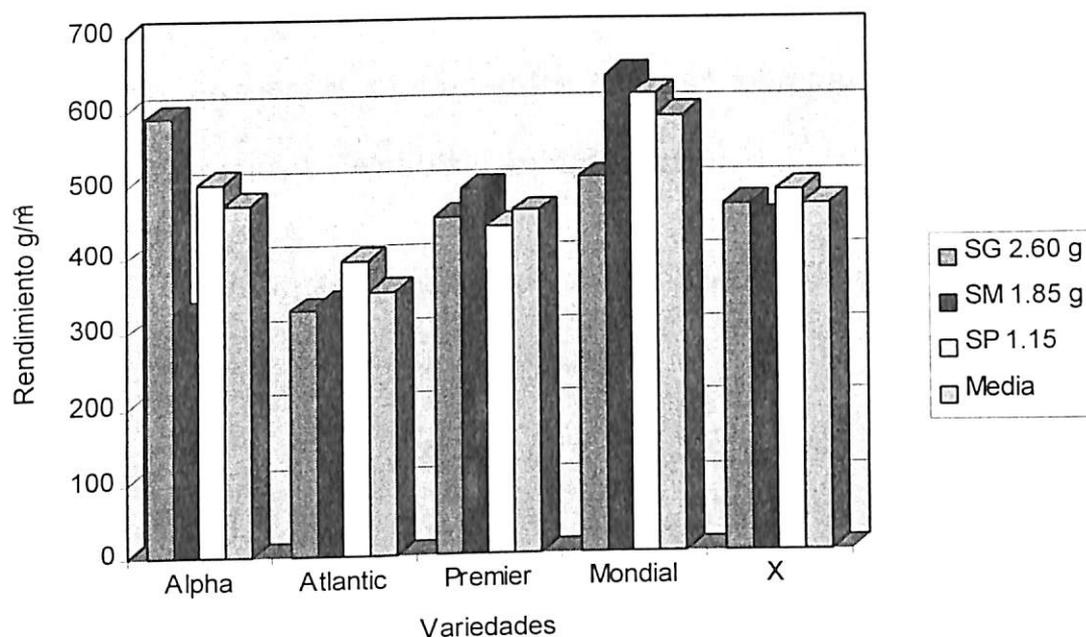


Figura 4.2. Rendimiento en  $g/m^2$  de minitubérculos de primera (diámetro, > 30 mm) en cuatro variedades y tres tamaños de semilla.

#### Peso de Minitubérculos en $g/m^2$ de la Categoría 2a.

(de 20-30 mm de diámetro)

De acuerdo a los cuadrados medios del Cuadro 4.1 se observa que no hubo significancia estadística para el peso en  $g/m^2$  de la categoría de 2a., tanto para el factor variedades como para el factor tamaño de semilla, por lo que las medias de rendimiento para estos dos factores se consideran estadísticamente iguales. Para repeticiones si hubo diferencias significativas

al 5 por ciento lo que indica que las condiciones del sustrato en que fue sembrado el suelo, fueron heterogéneas.

No obstante no se encontró significancia estadística en el Cuadro 4.6 se presentan las medias de rendimientos en g/m<sup>2</sup>, obtenidos de las cuatro variedades y tres tamaños de minitubérculos-semillas.

**Cuadro 4.6. Rendimiento en g/m<sup>2</sup> de minitubérculos de diámetro de 20 y 30 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.**

Variedades	Tamaño de Semilla						Total		$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano ( 1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		g	%	
	g	%	g	%	g	%			
Alpha	405.52	32.8	362.88	29.6	463.92	37.5	1235.3	100	410.8
Atlantic	242.83	24.5	409.01	41.2	338.68	34.1	990.52	100	330.2
Premier	284.29	27.3	456.18	43.8	300.42	28.8	1040.8	100	346.9
Mondial	223.77	25.8	322.88	37.3	317.83	36.7	864.48	100	388.2
$\bar{X}$	289.1	28.0	387.74	37.6	355.21	34.4	1032.77	100	344.02

Para la categoría de 2a. (20 a 30 mm de diámetro) el rendimiento promedio de cuatro variedades y los tres diferentes tamaños de semilla fue de 344.02 g/m<sup>2</sup> y de éste, el 37 por ciento correspondió al tamaño de semilla mediano, el 34 por ciento correspondió al tamaño pequeño y el 28 por ciento al tamaño grande.

Del rendimiento total obtenido, la variedad Alpha registró la más alta media de rendimiento con 410.8 g/m<sup>2</sup> el cual es superior a la media general. El 2o. lugar lo ocupó la variedad Premier con 347 g/m<sup>2</sup>, seguido de

la variedad Atlantic (330.2 g) y el último lugar lo ocupó la variedad Mondial con 288.2 g/m<sup>2</sup>.

El rendimiento de la variedad Alpha fue más alto en la categoría de 2a. cuando se utilizaron minitubérculos-semilla de tamaño pequeño y grande, que cuando se utilizó minitubérculos-semilla mediano.

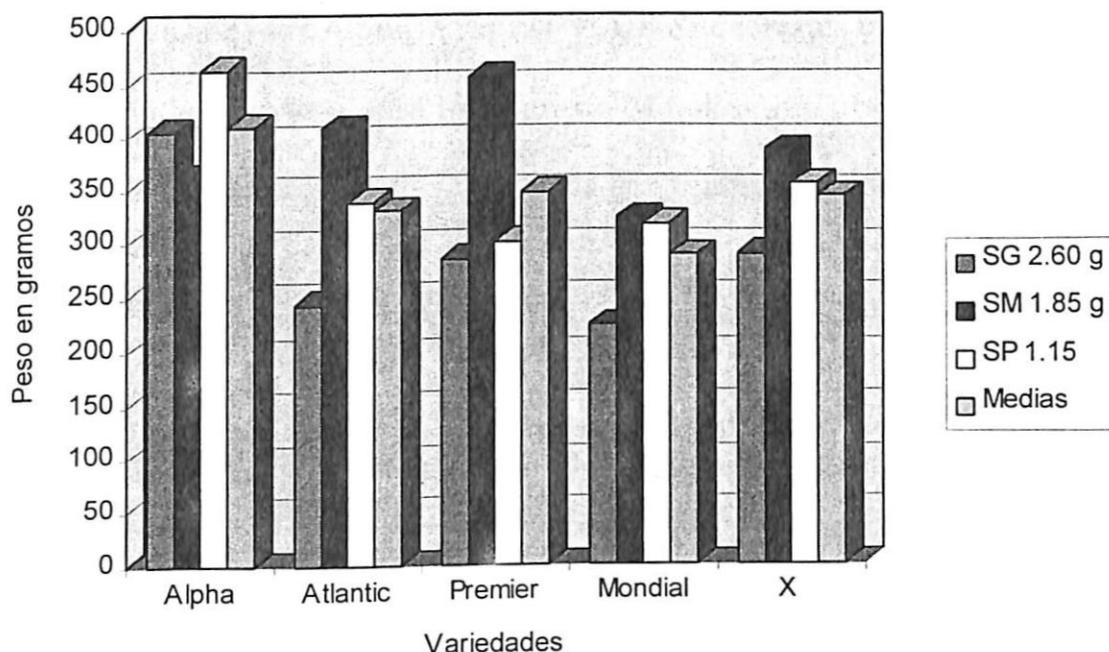
En el caso de la variedad Premier los rendimientos de la categoría 2a. fueron más altos con los tamaños mediano y pequeño, que con el tamaño grande.

Para la variedad Atlantic los rendimientos de la categoría 2a, fueron más altos con la semilla mediana y pequeña, que con el tamaño grande.

La variedad Mondial presentó los rendimientos más bajos en la categoría de 2a. Siendo los tamaños de semilla mediano y pequeño donde se presentaron los mejores rendimientos que con el tamaño grande.

En forma general los rendimientos más altos se obtuvieron con los tamaños de minitubérculos-semilla mediano y pequeño. Esto es importante si consideramos que los tubérculos pequeños nos están proporcionando un índice de multiplicación mayor que los tubérculos mas grandes.

Todo lo anterior se confirma en la Figura 4.3, donde se aprecia que las medias de rendimiento de las variedades Alpha y Premier fueron las más eficientes en la producción de semilla de la categoría de 2a.



**Figura 4.3. Medias de rendimiento en  $g/m^2$  de minitubérculos de 2a. (diámetro de 20-30 mm) en cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

#### **Peso de Minitubérculos en $g/m^2$ de la Categoría 3a. (de 10-20 mm)**

El Cuadro 4.1 muestra diferencias altamente significativas (1 por ciento) entre variedades y diferencias significativas (5 por ciento) para repeticiones y tamaños de semilla, lo que indica que los rendimientos en  $g/m^2$ , obtenidos de la categoría de 3a. son diferentes estadísticamente entre variedades y tamaños de semilla utilizados.

Al realizar la prueba de rango múltiple de Duncan al 5 por ciento de significancia, de manera independiente tanto para variedades como para los tres diferentes tamaños (Cuadro 4.7) se observa que la variedad Mondial supera a las variedades Alpha, Premier y Atlantic que forman otro grupo diferente. Las variedades Alpha, Premier y Atlantic forman un mismo grupo estadístico, iguales entre si, pero inferiores a Mondial que presentó la media más alta. Para la interacción de variedades por tamaños de semilla no hubo significancia estadística.

**Cuadro 4.7. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para las medias de rendimiento en g/m<sup>2</sup> de minitubérculos de tamaño tercera (10-20 mm).**

No. Variedades		X g/m <sup>2</sup>	Rango	No.	Tamaños	X g/m <sup>2</sup>	Rango
		Tub. 3a. (10-20 mm)	Duncan 5%		Tub semilla	Tub.3a. (10-20 mm)	Duncan 5%
4	Mondial	155.83	A	3	Pequeño (1.15 g)	137.23	A
1	Alpha	99.97	B	2	Mediano (1.85 g)	101.25	AB
3	Premier	85.78	B	1	Grande (2.60 g)	76.19	B
2	Atlántic	77.98	B				

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En cuanto a tamaños de semilla, se observa que el tamaño de semilla pequeño fue estadísticamente superior al tamaño de semilla grande, lo cual confirma que el tamaño de semilla pequeño proporcionó un mayor rendimiento en g/m<sup>2</sup> de minitubérculos de la categoría 3a. (de 10-20 mm).

El Cuadro 4.8 muestra los porcentajes de rendimiento en  $\text{g/m}^2$ , obtenidos en la categoría 3a. (10-20 mm), tanto para variedades como para tamaños de semilla.

**Cuadro 4.8. Rendimiento en  $\text{g/m}^2$  de minitubérculos de diámetro de 10 y 20 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.**

Variedades	Tamaño de Semilla								$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano (1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		Total		
	g	%	g	%	g	%	g	%	
Alpha	43.06	14.3	97.59	32.5	159.2	53.0	299.85	100	99.95
Atlantic	57.45	24.5	77.31	33.0	99.15	42.3	233.91	100	77.97
Premier	45.66	17.7	97.5	37.8	114.2	44.3	257.36	100	85.80
Mondial	158.58	33.9	132.59	28.3	176.37	37.7	467.54	100	155.85
$\bar{X}$	76.18	24.2	101.27	32.1	137.22	43.6	314.67	100	104.91

El rendimiento promedio de las cuatro variedades y de los tres tamaños de semilla fue de  $105 \text{ g/m}^2$ , y dentro de éste, el 44 por ciento corresponde al tamaño de semilla pequeño, el 32 por ciento al tamaño mediano y el 24 por ciento al tamaño grande. Observándose que el rendimiento de la categoría 3a., fue mayor conforme fue disminuyendo el tamaño de semilla (a menor tamaño de semilla, mayor rendimiento de la categoría 3a.).

En relación a la media de rendimiento total, la variedad Mondial fue la que registró el rendimiento más alto con  $155.85 \text{ g/m}^2$ , seguido por la variedad Alpha con  $99.95 \text{ g}$ , Premier ( $85.80 \text{ g}$ ) y Atlantic ( $77.97 \text{ g}$ ); se observa un comportamiento similar al que tenemos en la categoría 1a.

El rendimiento de la categoría 3a. de la variedad Mondial fue más alto cuando se usó semilla pequeña y grande que cuando se utilizó semilla mediana.

En el caso de la variedad Alpha los rendimientos más altos se obtuvieron con semilla pequeña, mediana y grande, respectivamente.

Con la variedad Premier los rendimientos de la categoría 3a. fueron más altos con semilla pequeña, mediana y grande.

En la variedad Atlantic se observó la misma situación que Alpha y Premier, ya que los rendimientos más altos se obtuvieron con semilla pequeña, mediana y grande respectivamente.

En la Figura 4.4 se observa que los rendimientos obtenidos de la categoría 3a. (10-20 mm) fueron significativamente más altos con la variedad Mondial y en 2o. lugar se encuentra la variedad Alpha; el 3o y 4o. lugar, lo ocupan la variedad Premier y Atlantic respectivamente. En la misma Figura 4.4 se aprecia que el tamaño de semilla pequeña fue la que rindió más minitubérculos de 10 a 20 mm de diámetro (categoría 3a.).

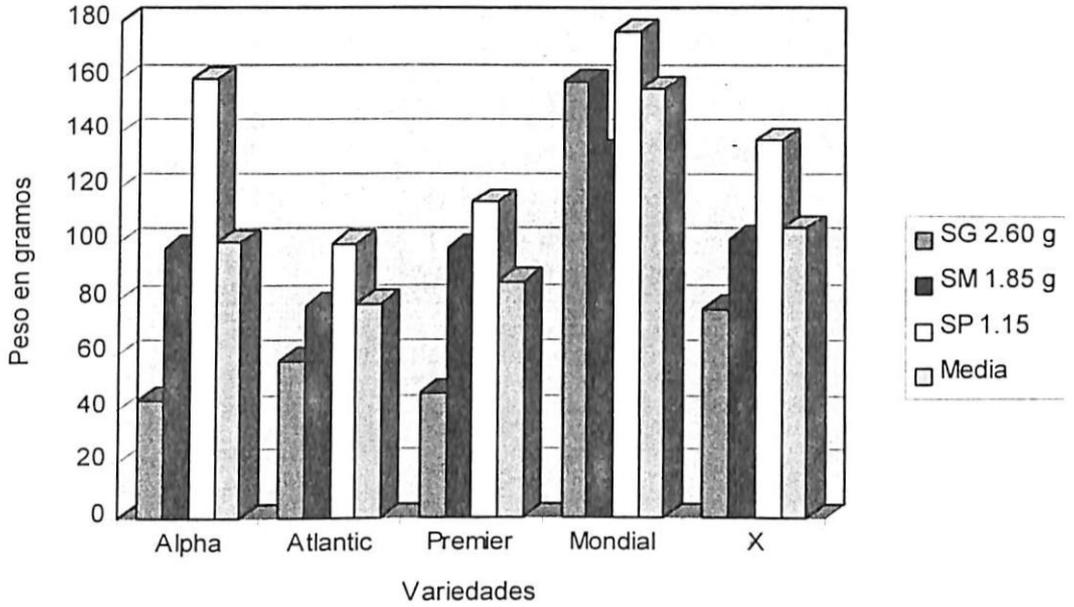


Figura 4.4. Medias de rendimiento en  $g/m^2$  de minitubérculos de 3a. (diámetro de 10-20 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.

#### Peso de Minitubérculos en $g/m^2$ de la Categoría 4a. ( $< 10$ mm de diámetro)

El Cuadro 4.1 muestra diferencias significativas (5 por ciento) entre las medias de respuesta para variedades. No hay diferencias significativas entre las medias de tamaño de semilla, ni tampoco hay diferencias para la interacción entre variedades por tamaños de semilla.

El Cuadro 4.9.a muestra la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para variedades y aunque no hubo significancia

**Cuadro 4.9.a. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para g/m<sup>2</sup> de variedades**

No.	Variedades	g/m <sup>2</sup> de Tub de 4a. (<10 mm)	Rango Duncan 5%
4	Mondial	11.57	A
3	Premier	6.04	B
2	Atlántic	5.26	B
1	Alpha	5.09	B

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

**Cuadro 4.9.b. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para g/m<sup>2</sup> de tubérculos-semilla de 4a. de la interacción variedades por tamaños.**

Variedades	Tamaños de Semilla		
	Grande	Mediano	Pequeño
Alpha	1.68 B	5.88 B	7.70 AB
Atlantic	7.86 A	5.30 B	2.36 B
Premier	7.03 A	3.93 B	7.17 AB
Mondial	6.29 A	17.34 A	11.07 A

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

estadística para la interacción de variedades por tamaños, también se presenta en el Cuadro 4.9.b la misma prueba de Duncan para dicha interacción.

En variedades se observa que la media de rendimiento de la variedad Mondial fue significativamente superior a las medias de las variedades Premier, Atlantic y Alpha respectivamente, las cuales forman un mismo grupo estadístico (Cuadro 4.9.a).

El Cuadro 4.9.b presenta la interacción entre variedades por tamaños de semilla. Se observa que en el tamaño de semilla grande, todas las variedades rindieron igual. En el tamaño de semilla mediana la variedad Mondial fue superior a las demás variedades y las otras tres variedades fueron iguales entre sí. En el tamaño de semilla pequeña, la variedad Mondial fue superior a la variedad Atlantic, pero con la variedad Premier y Alpha fueron iguales, al mismo tiempo, las variedades Alpha, Atlantic y Premier forman un mismo grupo estadístico. También se observó que la variedad Mondial fue estadísticamente más consistente en los tres tamaños de semilla, en comparación con las otras tres variedades.

El Cuadro 4.10 muestra los rendimientos y los porcentajes obtenidos con la cosecha de minitubérculos de categoría 4a. (<10 mm de diámetro), entre variedades y tamaños de semilla.

El rendimiento promedio de las medias de cuatro variedades y tres tamaños de semilla fue de 6.98 g/m<sup>2</sup>. Se considera el rendimiento más bajo en comparación con las otras tres categorías analizadas anteriormente. De este total, el 39 por ciento corresponde al tamaño de semilla mediano, el 34 por ciento corresponde al tamaño pequeño y el 27 por ciento al tamaño grande.

En forma general, el 73 por ciento del rendimiento de la categoría 4a. se obtuvieron de los tamaños de semilla mediano y pequeño y solamente el 27 por ciento de este rendimiento fue producido con la semilla de tamaño grande.

**Cuadro 4.10. Rendimiento en g/m<sup>2</sup> de minitubérculos de diámetro <10 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.**

Variedades	Tamaño de Semilla						Total		$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano ( 1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		g	%	
	g	%	g	%	g	%			
Alpha	1.7	11.1	5.9	38.5	7.69	50.2	15.29	100	5.09
Atlantic	7.88	49.8	5.28	33.4	2.64	16.7	15.8	100	5.28
Premier	7.03	38.7	3.92	21.6	7.17	39.5	18.12	100	6.04
Mondial	6.27	18.0	17.36	50.0	11.08	31.9	34.71	100	11.56
$\bar{X}$	5.71	27.2	8.11	38.7	7.12	34.0	20.94	100	6.98

En relación a la media de rendimiento total para la categoría 4a. se observa que la variedad Mondial fue la que registró el rendimiento más alto con una media de 11.56 g/m<sup>2</sup>, el cual es significativamente más alto (casi el doble) que la variedad Premier que ocupó el segundo lugar con 6.04 g/m<sup>2</sup>, el tercer lugar lo ocupó la variedad Atlantic (5.28 g) y el cuarto lugar la

variedad Alpha (5.09 g). Esto demuestra que la variedad Alpha expresó su más alto potencial de rendimiento en las primeras tres categorías, es decir en la 1a., 2a. y 3a.

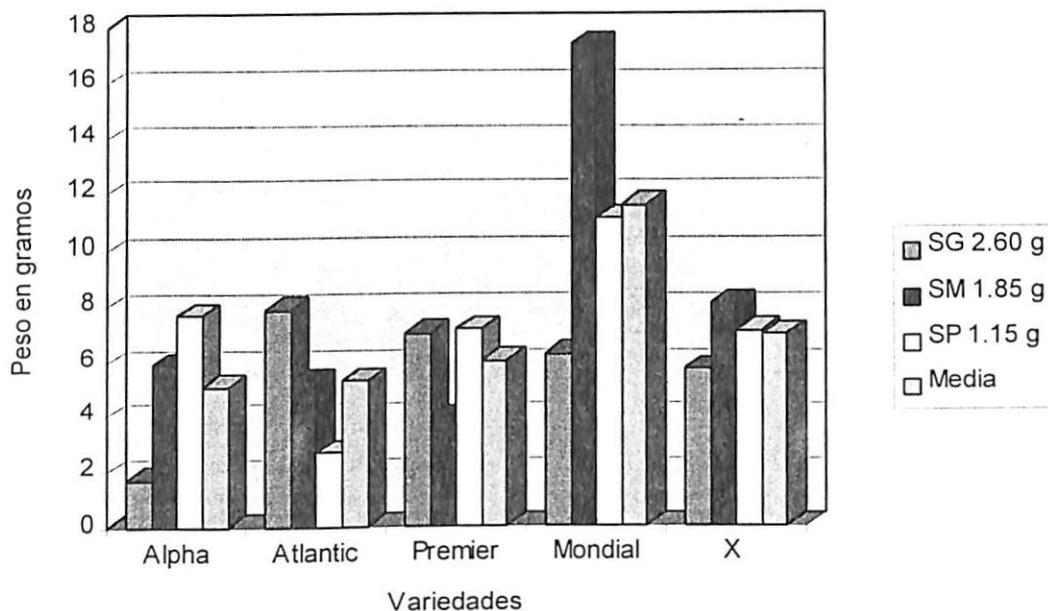
El rendimiento de la variedad Mondial fue más alto usando semilla mediana (50 por ciento) y pequeña (32 por ciento) que con semilla grande, ya que con ésta, se obtuvo solamente un 18 por ciento del peso total de los minitubérculos de categoría 4a.

En el caso de la variedad Premier que ocupó el segundo lugar, los mayores rendimientos se obtuvieron con semilla pequeña, grande y mediana, respectivamente.

La variedad Atlantic, ocupó el tercer lugar y los mayores rendimientos se registraron con semilla grande, mediana y pequeña, respectivamente.

La variedad Alpha, ocupó el último lugar y el mejor rendimiento se obtuvo con semilla pequeña, mediana y grande respectivamente.

En la Figura 4.5 se observa que los rendimientos obtenidos de la categoría 4a. (< 10 mm de diámetro) fueron significativamente más altos con la variedad Mondial. Las variedades Alpha, Atlantic y Premier, tuvieron un comportamiento bastante similar.



**Figura 4.5.** Medias de rendimiento en  $\text{g/m}^2$  de minitubérculos de 4a. (diámetro < de 10 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.

### Número de Minitubérculos por Metro Cuadrado

El Cuadro 4.11 muestra diferencias altamente significativas (1 por ciento) entre las medias de respuesta para variedades. Hay diferencias significativas (5 por ciento) entre las medias de tamaños de semilla y también para repeticiones. No hay diferencias significativas para la interacción de variedades por tamaños.

En vista de que se encontró significancia para variedades y tamaños, y con el propósito de observar los tratamientos agrupados se realizó una

**Cuadro 4.11 Cuadrados medios y significancia estadística para número de minitubérculos/m<sup>2</sup> y en cuatro categorías de cosecha.**

F.V.	G.L.	No. Tub./m <sup>2</sup>	No. Tub.			No. Tub. de 4a. < 10 mm
			de 1a. > 30 mm	de 2a. 20-30 mm	de 3a. 10-20 mm	
Repeticiones	2	3117.00 *	19.16 ns	527.20 *	635.98 ns	28041.61 **
Variedades (A)	3	3627.73 **	107.75 ns	155.55 ns	1114.98 **	1799.60 **
Tamaños (B)	2	1450.33 *	8.04 ns	46.97 ns	747.23 ns	575.36 ns
Var/Tamaños (AB)	6	388.28 ns	11.33 ns	56.04 ns	129.17 ns	263.87 ns
Error	22	431.92	83.21	101.76	246.27	340.39
C.V. (%)		20.68	61.61	32.21	42.47	41.42

\* = Significativo al 0.05

\*\* = Significativo al 0.01

ns = No significativo

prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de nivel de significancia para las medias de rendimiento de estos dos factores (Cuadro 4.12).

Se observa que la variedad Mondial fue superior estadísticamente a las variedades Alpha, Premier y Atlantic, las cuales forman un mismo grupo estadístico distinto a Mondial.

En relación al tamaño de semilla, en el mismo Cuadro 4.12 se observa que el tamaño pequeño superó estadísticamente a las provenientes del tamaño de semilla mediano y grande, las cuales fueron a la vez estadísticamente iguales entre sí.

Estos resultados coinciden con Aguilar *et al.* (1988) quienes reportaron que el peso de los minitubérculos grandes es mayor que los minitubérculos más pequeños; pero, cuando se habla de número de minitubérculos, los más pequeños superan a los más grandes.

El Cuadro 4.13 presenta las medias del número de minitubérculos por metro cuadrado y el porcentaje obtenido en las cuatro diferentes categorías de semilla y en las cuatro variedades evaluadas.

**Cuadro 4.12. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para las medias de cuatro variedades y tres tamaños de tubérculos-semilla.**

No.	Variedades	Rango Duncan		Tamaños Tub. semilla		Rango Duncan	
		$\bar{X}$ No Tub/m <sup>2</sup>	5%	No.	Tub. semilla	$\bar{X}$ No Tub/m <sup>2</sup>	5%
4	Mondial	127.36	A	3	Pequeño (1.15 g)	108.88	A
1	Alpha	104.29	B	2	Mediano (1.85 g)	104.56	AB
3	Premier	86.48	B	1	Grande (2.60 g)	88.05	B
2	Atlántic	83.86	B				

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

**Cuadro 4.13. Medias de número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de cuatro variedades de papa.**

Variedades	Categorías de Cosecha											
	1a.			2a.			3a.			4a.		
	diámetro > de 30 mm			diámetro 20-30 mm			diámetro 10-20 mm			diámetro < de 10 mm		
	No.	%	Total	No.	%	Total	No.	%	Total	No.	%	Total
Alpha	14.67	14.0	36.18	34.6	37.74	36.1	15.78	15.1	104.37	100	26.09	
Atlantic	10.99	13.1	30.38	36.2	28.82	34.3	13.67	16.3	83.86	100	20.96	
Premier	14.15	16.2	32.5	37.3	28.82	33.1	11.44	13.1	86.91	100	21.73	
Mondial	19.39	15.1	26.23	20.5	52.4	40.9	29.82	23.3	127.84	100	31.81	
$\bar{X}$	14.79	14.7	31.32	31.1	36.95	36.7	17.53	17.4	100.59	100	25.15	

En el mismo Cuadro 4.13 se observa que la media general de las cuatro variedades en estudio fue de 100.59 minitubérculos/m<sup>2</sup>, siendo las variedades Mondial y Alpha los que presentaron mayor rendimiento ya que superaron a la media general.

Los rendimientos más bajos se presentaron en las variedades Atlantic y Premier respectivamente. También se observa que casi el 70 por ciento de la producción total de minitubérculos que se cosecharon fueron de las categorías 3a. (10-20 mm de diámetro) y 2a. (20-30 mm diámetro), respectivamente.

El 17 por ciento del número de minitubérculos, correspondió a la categoría de primera, es decir, con minitubérculos de diámetro mayor de 30 mm.

En la variedad Mondial, se observa que casi el 85 por ciento de la producción total de minitubérculos corresponde a las categorías 2a., 3a. y 4a. y solamente el 15 por ciento de la producción total fue de la categoría de 1a. (>30 mm). También se observa esta misma situación con la variedad Alpha, que ocupó el 2o. lugar en producción de minitubérculos, después de Mondial.

El Cuadro 4.14 y Figura 4.6 presentan las medias de número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, obtenidos de tres diferentes tamaños de semilla que fueron clasificados en cuatro categorías.

Se observa que la mayor cantidad de minitubérculos/m<sup>2</sup> se tiene con el tamaño de semilla pequeña y le sigue en 2o. lugar el tamaño de semilla mediana, esto significa que los tamaños de semilla pequeña y mediana rindieron más minitubérculos que los tamaños grandes, aunque si hablamos de peso, los tubérculos grandes tienen mayor peso. Esto coincide con lo que dice Lozano (1996) que los tubérculos-semilla grandes, dan tubérculos más grandes y con mayor peso, pero en menor cantidad en número de tubérculos por planta, mientras que los tubérculos-semilla más chicos dan un mayor rendimiento en número de minitubérculos por planta, pero con menor peso. Cuando se trata de incrementar semilla bajo invernadero es conveniente multiplicar la semilla más pequeña debido a que tiene un costo más bajo.

Por otra parte, se observa que el 85 por ciento de la producción total de minitubérculos corresponde a las categorías de 2a., 3a. y 4a. y solamente el 15 por ciento de la producción total corresponde a la categoría de 1a., es decir, con tubérculos que tienen un diámetro mayor de 30 milímetros.

En la Figura 4.7 se confirma lo mencionado anteriormente. Se observa que, las medias del número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, fueron más altas,

**Cuadro 4.14. Medias de número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de tres tamaños de semilla.**

Tamaños (g)	Categoría de Cosecha											
	1a.			2a.			3a.			4a.		
	diámetro > de 30 mm	No.	%	diámetro 20-30 mm	No.	%	diámetro 10-20 mm	No.	%	diámetro < de 10 mm	No.	%
Grande - 2.6	15.71	17.8	29.48	33.4	28.68	32.5	14.25	16.17	88.12	100	22.03	
Mediano- 1.85	14.15	13.5	33.4	31.9	37.74	36.0	19.33	18.47	104.62	100	26.16	
Chico - 1.15	14.53	13.3	31.04	28.4	44.43	40.7	19.0	17.43	109	100	27.25	
$\bar{X}$	14.8	14.7	31.31	31.1	36.95	36.7	17.42	17.53	100.59	100	25.15	

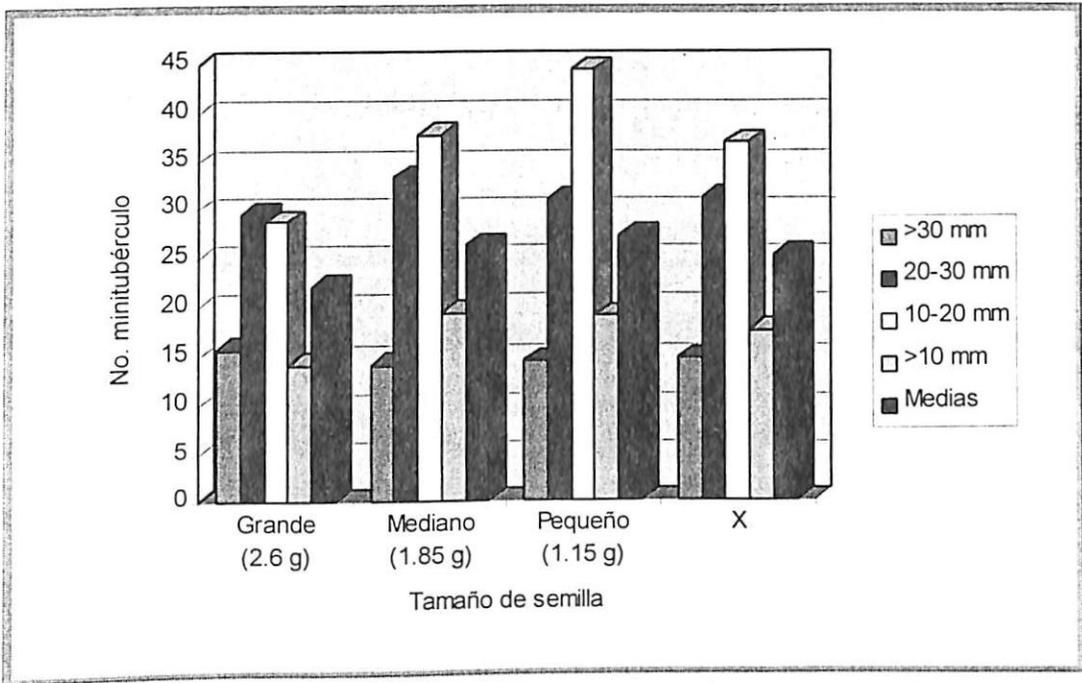


Figura 4.6. Medias de No. de minitubérculos/m<sup>2</sup> provenientes de tres tamaños de semilla y clasificados en cuatro categorías.

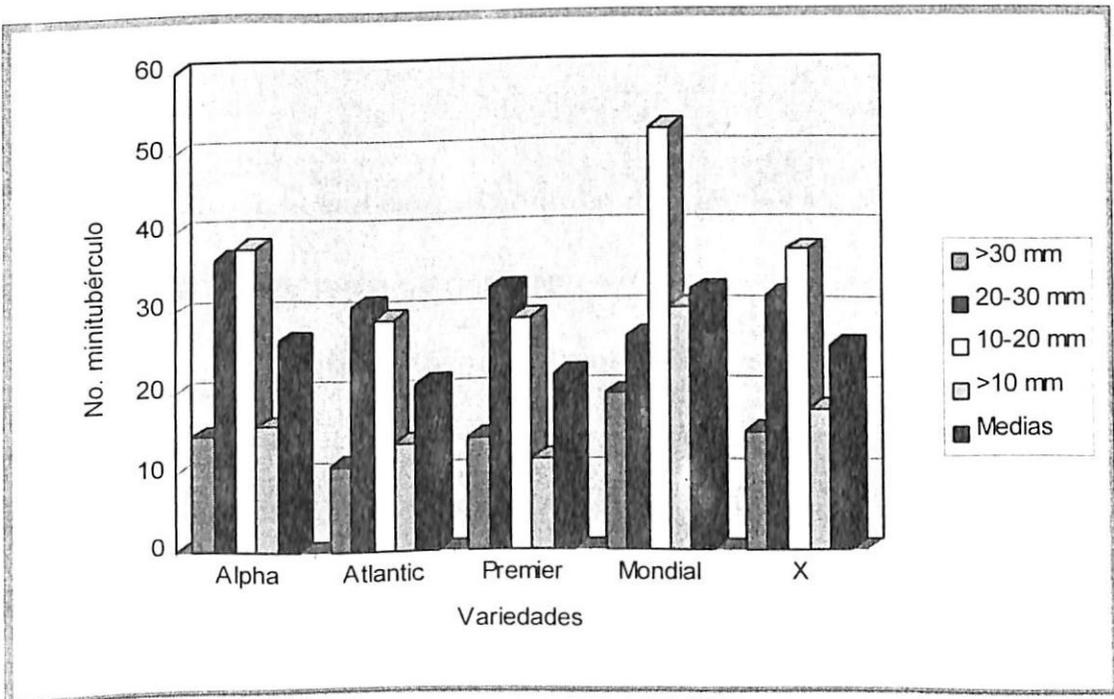


Figura 4.7. Medias de No. de minitubérculos/m<sup>2</sup> provenientes de cuatro variedades de semilla y clasificados en cuatro categorías.

con la variedad Mondial y le sigue en segundo lugar, la variedad Alpha. Las variedades Atlantic y Premier, tuvieron un comportamiento muy similar.

En la Figura 4.6 también se observa que las medias del número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, fue aumentando conforme disminuyen de categoría los minitubérculos cosechados. Es decir que con la categoría de tamaño primera, hubo menos número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, que en la categoría de tamaño de 2a. y de ésta a la vez, hubo menos que en la categoría de 3a. Con la categoría de tamaño 4a., el número de minitubérculo/m<sup>2</sup> descendió un poco, pero siempre fue superior a la categoría de tamaño 1a.

### **Número de Minitubérculos/m<sup>2</sup> de Tamaño Primera ( > 30 mm de diámetro)**

El Cuadro 4.11 indica que no hubo diferencias significativas entre las medias de respuesta para variedades. No hubo diferencias significativas entre las medias de respuesta para tamaños de semilla, ni tampoco hubo diferencias significativas para la interacción de variedades por tamaños de semilla.

El Cuadro 4.15 muestra el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de tamaño 1a. (> de 30 mm de diámetro) obtenidos de cuatro variedades y de tres tamaños de minitubérculos-semilla.

El Cuadro 4.15 muestra el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de tamaño 1a. (> de 30 mm de diámetro) obtenidos de cuatro variedades y de tres tamaños de minitubérculos-semilla.

**Cuadro 4.15. Número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de diámetro > de 30 mm provenientes de tres tamaños de semilla.**

Variedades	Tamaño de Semilla								$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano ( 1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		Total		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
Alpha	17.31	39.2	14.15	32.1	12.59	28.5	44.05	100	14.67
Atlantic	10.99	33.2	11.02	33.3	11.04	33.4	33.05	100	11.04
Premier	15.71	37.0	14.15	33.3	12.59	29.6	42.45	100	14.15
Mondial	18.87	32.4	17.31	29.7	22.03	37.8	58.21	100	19.39
$\bar{X}$	15.71	35.3	14.15	31.8	14.53	32.7	44.39	100	14.81

El rendimiento promedio de las cuatro variedades y los tres tamaños de semilla fue de 44.39 minitubérculos/m<sup>2</sup> y dentro de éstos, el 35 por ciento corresponde al tamaño de minitubérculos-semilla grande; el 33 por ciento corresponde al tamaño pequeño y el 32 por ciento al tamaño mediano, por lo que se puede observar en este caso, que las medias del número de minitubérculo/m<sup>2</sup> para los tres diferentes tamaños de semilla fueron prácticamente iguales.

Entre variedades la mayor cantidad de minitubérculos/m<sup>2</sup> de la categoría de 1a. fue producido por la variedad Mondial (58.21/m<sup>2</sup>) y superó a la media general, que fue de 44 minitubérculos por m<sup>2</sup>. El segundo lugar fue

para la variedad Alpha con una producción de 44 minitubérculos/m<sup>2</sup>, el tercer lugar fue para la variedad Premier con 42.45 minitubérculos/m<sup>2</sup> y el cuarto lugar fue para Atlantic con 33 minitubérculos/m<sup>2</sup>.

La cantidad de minitubérculos producidos por la variedad Mondial fue más alta donde se utilizaron tubérculos-semilla pequeño (38 por ciento) y grande (32 por ciento) y fue más baja donde se utilizaron tamaños mediano (30 por ciento).

En el caso de la variedad Alpha y Premier la producción más alta se alcanzó con los tamaños de semilla grande y mediana (39 y 32 por ciento) y la producción más baja fue con semilla pequeña (28 por ciento).

En términos generales la cantidad de minitubérculos de la categoría de 1a. (> de 30 mm) se considera baja en comparación con las demás categorías. Según Aguilar *et al.* (1988) el peso promedio que tienen estos minitubérculos presentan un tamaño adecuado para planificar siembras en el campo definitivo.

La Figura 4.8 muestra el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> del tamaño de 1a. (>30 mm diámetro). Se observa que la media del número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de la categoría 1a. fue significativamente más alta con la variedad Mondial; la variedad Alpha ocupó el 2o. lugar; la variedad Premier,

el tercer lugar pero su media es muy parecida a Alpha y el cuarto lugar lo ocupó la variedad Atlantic.

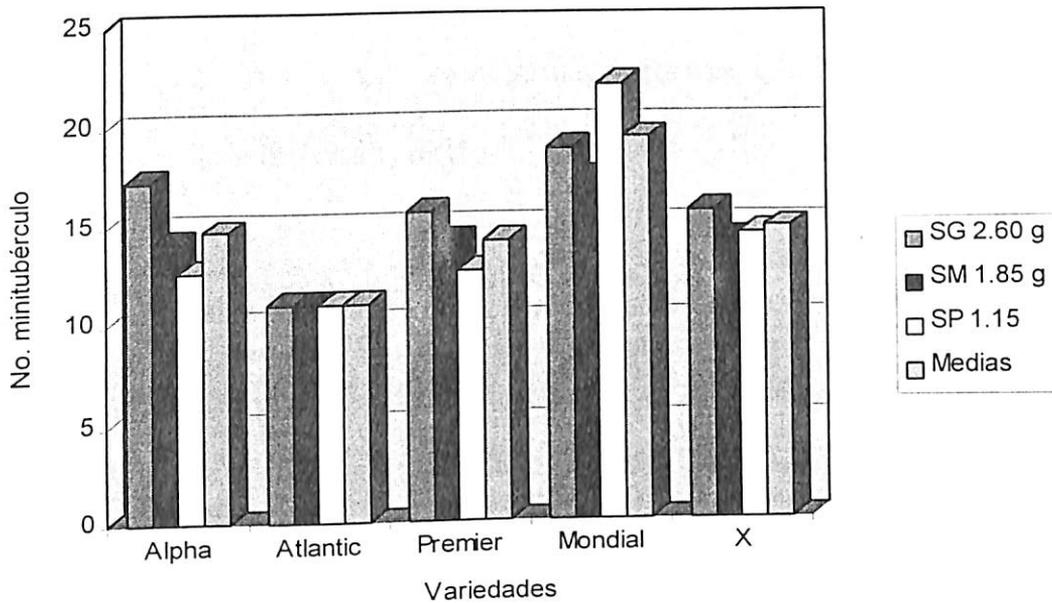


Figura 4.8. Medias de No. de minitubérculos/m<sup>2</sup> de 1a. (diámetro > de 30 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.

#### Número de Minitubérculos/m<sup>2</sup> de Categoría de 2a.

(de 20-30 mm de diámetro)

El Cuadro 4.11 muestra las medias para el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> para la categoría de 2a., es decir, los minitubérculos cosechados que tienen entre 20 y 30 mm de diámetro.

Se observa que hubo diferencias significativas (5 por ciento) entre las medias de repeticiones. No hubo diferencias significativas entre las medias de las cuatro variedades. No hubo diferencias significativas entre las medias de tres tamaños de semilla, ni para la interacción entre variedades por tamaños de semilla; por lo que se considera que la medias para estos dos factores son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 4.16 se presentan las medias para el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> para la categoría de 2a. (20-30 mm), obtenidos de las cuatro variedades y tres tamaños de minitubérculos-semilla.

**Cuadro 4.16. Número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de diámetro entre 20 y 30 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.**

Variedades	Tamaño de Semilla								$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano ( 1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		Total		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
Alpha	34.58	31.8	34.58	31.8	39.29	36.2	108.45	100	36.18
Atlantic	25.14	27.5	34.58	37.9	31.46	34.58	91.18	100	30.38
Premier	36.18	37.1	34.58	35.4	26.75	27.4	97.51	100	32.50
Mondial	22.03	28.0	29.86	37.9	26.75	34.0	78.64	100	26.23
$\bar{X}$	29.48	31.3	33.4	35.5	31.04	33.0	93.92	100	31.32

El rendimiento promedio de las cuatro variedades y los tres tamaños de semilla que se evaluaron fue de 93.92 minitubérculos/m<sup>2</sup> que representa el doble de la categoría de primera y dentro de éstos, el 36 por ciento corresponde al tamaño de semilla mediana, el 33 por ciento al tamaño

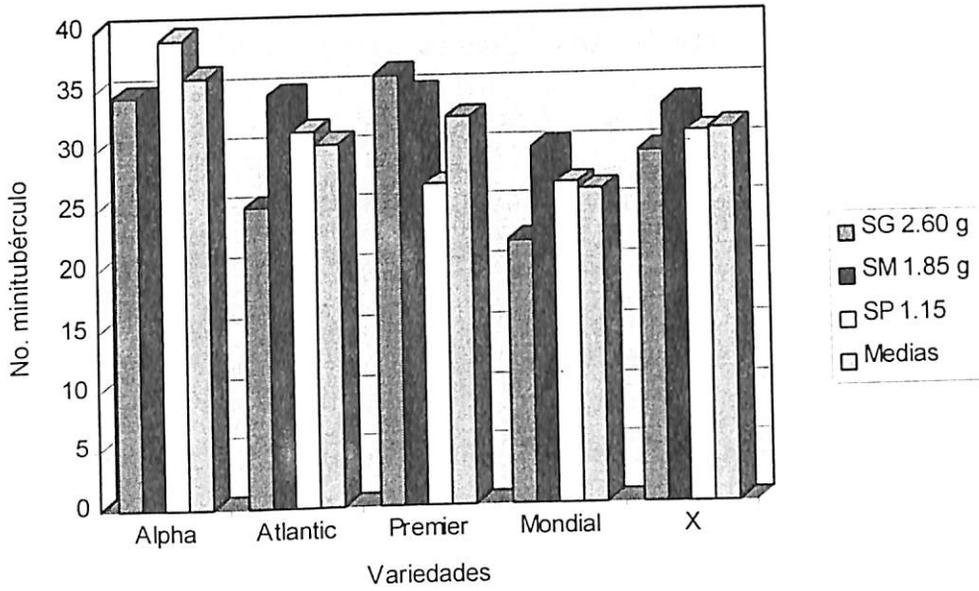
pequeña y el 31 por ciento al tamaño grande. Se puede observar que el comportamiento de los tres tamaños de semilla fue bastante uniforme.

En relación a las variedades observamos que la variedad Alpha presentó el mayor número de minitubérculos/m<sup>2</sup> (108.45) y la semilla de tamaño pequeña proporcionó el más alto porcentaje (36 por ciento) de tubérculos de segunda.

La variedad Premier ocupó el 2o lugar, con una producción total de 97.5 minitubérculos/m<sup>2</sup>. Aquí los tamaños de semilla grande y mediana fueron los de mayor rendimiento.

La variedad Mondial ocupó el 4o lugar, con un total de 78.64 minitubérculos/m<sup>2</sup> y los tamaños de semilla mediana y pequeña fueron los de mayor rendimiento. Sólo en esta categoría de cosecha, la variedad Mondial ocupa el último lugar ya que en todas las demás categorías aparece como la mejor variedad.

En la Figura 4.9 se aprecia que las medias para el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> que se obtuvieron de la categoría de 2a. (20-30 mm) fueron similares entre las variedades Alpha Premier y Atlantic, mientras que con la variedad Mondial, las medias del número de minitubérculos/m<sup>2</sup> fue la más baja.



**Figura 4.9.** Medias del No. de minitubérculos/m<sup>2</sup> de 2a. (diámetro de 20-30 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.

Es importante destacar que el tamaño de semilla mediana y pequeña fueron las que proporcionaron la mayor cantidad de semilla de 2a categoría (20-30 mm diámetro).

### Número de Minitubérculos/m<sup>2</sup> de Categoría 3a. (de 10 a 20 mm de diámetro)

En el Cuadro 4.11 se observan los cuadrados medios del número de minitubérculos de la categoría 3a, es decir, los minitubérculos que tienen entre 10 y 20 mm de diámetro.

Se observa que hubo diferencias altamente significativas (1 por ciento) entre las medias de respuesta para variedades. No hubo diferencias significativas tanto para las medias de tamaños de semilla como para las medias de la interacción entre variedades por tamaños de semilla.

Debido a que hubo significancia entre las medias del factor variedades, se realizó una prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia (Cuadro 4.17) donde se determinó que las medias del número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de la variedad Mondial (52) fue superior estadísticamente a las variedades Alpha (38), Premier (28) y Atlantic (28), que forman un grupo estadístico distinto.

Respecto al factor tamaño de semilla, la prueba de Duncan al 5 por ciento de probabilidad, muestra que las medias del número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, obtenidos con el tamaño de semilla pequeña, superaron estadísticamente a las medias obtenidas con el tamaño de semilla grande; sin embargo no fue superior a las medias obtenidas con el tamaño de semilla mediana ya que éstas forman un mismo grupo estadístico y se consideran prácticamente iguales entre sí.

En el Cuadro 4.18 se presentan las medias para el número de minitubérculos de la categoría de 3a. (10-20 mm de diámetro) que se presentaron con las cuatro variedades y los tres tamaños de semilla evaluadas.

El rendimiento promedio del número de minitubérculos/m<sup>2</sup> obtenidos de cuatro variedades y tres tamaños de semilla, fue de 110.8 minitubérculo/m<sup>2</sup> el cual es superior a todas las demás categorías evaluadas en este estudio.

De este promedio total, observamos que el 40 por ciento de la producción se deriva de la semilla pequeña; el 34 por ciento de la semilla mediana y el 26 por ciento de la semilla grande, se puede notar que conforme fue disminuyendo el tamaño de la semilla, fue aumentando la cantidad de minitubérculos/m<sup>2</sup>. El CIP (1987) confirma este hecho con un ensayo donde compararon el comportamiento de diferentes tamaños de tubérculos-semilla (1-5; 5-10; 10-20 y 40-60 g) y los resultados indican que con el mayor tamaño de tubérculos-semilla se logró una cobertura del terreno más rápida por el follaje. No obstante el rendimiento en tubérculos por unidad de superficie fue mayor en plantas de tubérculos-semilla pequeños.

En cuanto a las variedades observamos que la producción de la variedad Mondial fue muy superior a las otras variedades con 157

**Cuadro 4.17. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para en No. de tubérculos/m<sup>2</sup> de tamaño tercera (10-20 mm).**

No.	Variedades	Rango Duncan 5%		Tamaños Tub. semilla		Rango Duncan 5%	
		$\bar{X}$ Tub/m <sup>2</sup>	No.	Pequeño (1.15 g)	Mediano (1.85 g)	$\bar{X}$ Tub/m <sup>2</sup>	No.
4	Mundial	52.41	3	A	Pequeño (1.15 g)	44.42	A
1	Alpha	37.74	2	AB	Mediano (1.85 g)	37.74	AB
3	Premier	28.83	1	B	Grande (2.60 g)	28.69	B
2	Atlántic	28.83		B			

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

**Cuadro 4.18. Número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de diámetro entre 10 y 20 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.**

Variedades	Grande (2.6 g)		Mediano (1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		Total	%	$\bar{X}$
	No.	%	No.	%	No.	%			
Alpha	20.24	17.9	40.9	36.1	51.89	45.9	113.03	100	37.74
Atlantic	22.03	25.4	29.86	34.5	34.58	39.9	86.47	100	28.82
Premier	20.42	23.6	33.02	38.1	33.02	38.1	86.46	100	28.82
Mundial	51.89	33.0	47.17	30.0	58.16	36.9	157.22	100	52.40
$\bar{X}$	28.67	25.8	37.74	34.0	44.43	40.0	110.84	100	36.93

minitubérculos/m<sup>2</sup> y la semilla pequeña rindió el 37 por ciento, la semilla grande el 33 por ciento y la semilla mediana el 30 por ciento de la producción total de semilla de la categoría 3a.

La variedad Alpha ocupó el 2o. lugar con una producción de 113 minitubérculos/m<sup>2</sup>, aquí el tamaño de semilla pequeña rindió el 46 por ciento del total de minitubérculos seguido por el tamaño de semilla mediana con un 36 por ciento y la semilla grande rindió el 18 por ciento.

Las variedades Atlantic y Premier tuvieron un comportamiento similar con una producción de 86 minitubérculos/m<sup>2</sup> de los cuales los tamaños de semilla pequeña y mediano fueron los más importantes.

En la Figura 4.10 se observa que las medias del número de minitubérculos/ m<sup>2</sup> obtenidos en la categoría de 3a. (10-20 mm de diámetro) fueron significativamente más altos con la variedad Mondial y en 2o. lugar se encuentra la variedad Alpha. El 3o. y 4o. lugar lo ocupan las variedades Atlantic y Premier con una media de producción bastante similares. En la misma Figura 4.10 se puede apreciar que las medias correspondientes a los diferentes tamaños de semilla, de las variedades Mondial y Alpha superaron a la media general.

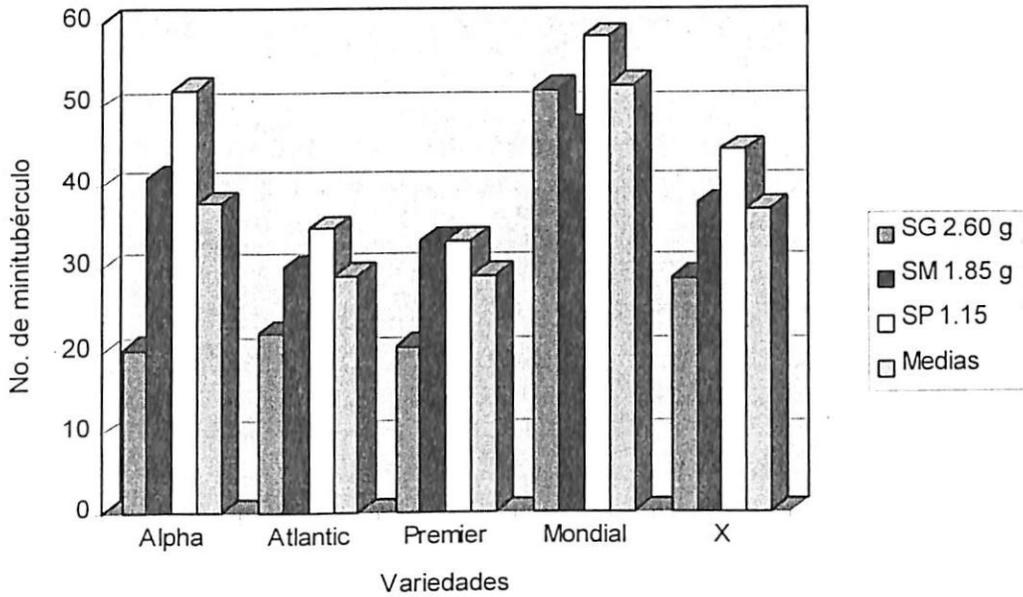


Figura 4.10. Medias del No. de minitubérculos/m<sup>2</sup> de 3a. (diámetro de 10-20 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.

#### Número de Minitubérculos/m<sup>2</sup> de Categoría 4a. (< de 10 mm de diámetro)

El Cuadro 4.11 muestra diferencias altamente significativas (1 por ciento) entre las medias de respuesta para el factor variedades. No hay diferencias significativas entre las medias de tamaños de semilla, ni tampoco hay diferencias para la interacción de variedades por tamaños de semilla.

El Cuadro 4.19.a muestra la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 por ciento de nivel de significancia para variedades y, aunque no hubo significancia

**Cuadro 4.19.a. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para el número de tubérculos/m<sup>2</sup> de variedades.**

No.	Variedades	No. tub/m <sup>2</sup> de 4a. (< de 10 mm)	Rango Duncan 5%
4	Mondial	29.22	A
1	Alpha	15.78	B
2	Atlántic	13.67	B
3	Premier	11.44	B

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

**Cuadro 4.19.b. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para el número de tubérculos/m<sup>2</sup> de 4a. de la interacción variedades por tamaños.**

Variedades	Tamaño de Semilla		
	Grande	Mediano	Pequeño
Alpha	5.0 B	25.3 AB	17.0 B
Atlantic	19.0 AB	12.7 B	9.3 B
Premier	11.0 AB	11.0 B	12.3 B
Mondial	22.0 A	28.3 A	37.3 A

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

para la interacción de variedades por tamaños de semilla, también se presenta en el Cuadro 4.19.a, la misma prueba de Duncan para dicha interacción.

En variedades se observa que la media del número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de la variedad Mondial (29.2) fue significativamente superior a las medias de las variedades Alpha (15.7), Atlantic (13.6) y Premier (11.4) respectivamente, las cuales forman un mismo grupo estadístico y que es inferior a Mondial (Cuadro 4.19.a).

El Cuadro 4.19.b presenta la interacción entre variedades por tamaños de semilla, para el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de la categoría 4a. (<10 mm de diámetro). Se observa que en el tamaño de semilla grande la variedad Mondial rindió más cantidad de minitubérculos/m<sup>2</sup> que la variedad Alpha, pero con las variedades Atlantic y Premier fueron iguales; al mismo tiempo las variedades Atlantic, Premier y Alpha, formaron un mismo grupo estadístico, pero inferiores a Mondial.

En el tamaño de semilla mediana la variedad Mondial superó estadísticamente a las variedades Atlantic y Premier, pero con la variedad Alpha fueron iguales; al mismo tiempo, las variedades Alpha, Atlantic y Premier, forman un mismo grupo estadístico inferior a Mondial. En el

tamaño de semilla pequeña, la variedad mundial fue significativamente superior a las otras tres variedades.

Se observa que la variedad Mundial fue estadísticamente más consistente en los tres tamaños de semilla en comparación con las otras tres variedades

El Cuadro 4.20 muestra el número de minitubérculos y los porcentajes obtenidos con la categoría 4a. (<10 mm de diámetro) entre variedades y tamaños de semilla.

**Cuadro 4.20. Número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de diámetro entre <10 mm, provenientes de tres tamaños de semilla.**

Variedades	Tamaño de Semilla								$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano (1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		Total		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
Alpha	5.0	10.5	25.3	53.5	17.0	35.9	47.3	100	15.8
Atlantic	19.0	46.3	12.6	30.9	9.3	22.7	41.0	100	13.7
Premier	11.0	32.0	11.0	32.0	12.3	35.9	34.3	100	11.4
Mundial	22.0	25.0	28.3	32.3	37.3	42.5	87.6	100	29.2
$\bar{X}$	14.2	27.1	19.3	36.7	19.0	36.1	52.6	100	17.5

El promedio general del número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de la suma de las cuatro variedades y tres tamaños de semilla, fue de 52.6 minitubérculos, el cual es el segundo rendimiento más bajo después de la categoría de primera. De este total, el 37 por ciento corresponde al tamaño de semilla

mediano; el 36 por ciento corresponde al tamaño pequeño y el 27 por ciento, al tamaño grande.

En el mismo Cuadro 4.20 se observa que la variedad Mondial fue la que registró el mayor número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, con una media de 87.6, el cual es significativamente más alto (casi el doble) que la variedad Alpha la cual ocupó el segundo lugar (47.3), el tercer lugar lo ocupó la variedad Atlantic (41.0) y el cuarto lugar la variedad Premier (34.3).

Del total del número de minitubérculos de la variedad Mondial, el 43 por ciento se obtuvo con semilla pequeña, el 32 por ciento con semilla mediana y el 25 por ciento con semilla grande.

En el caso de la variedad Alpha que ocupó el 2o. lugar con 47.3 minitubérculos/m<sup>2</sup>, el 54 por ciento de la producción se obtuvo con semilla mediana, el 36 por ciento con semilla pequeña y el 10 por ciento con semilla grande.

La variedad Atlantic ocupó el 3er. lugar; del total de su producción, el 46 por ciento se obtuvo con semilla grande, el 31 por ciento, con semilla mediana y el 23 por ciento con semilla pequeña.

La variedad Premier ocupó el último lugar, y el mayor número de minitubérculos se obtuvo con semilla pequeña, mediana y grande, respectivamente.

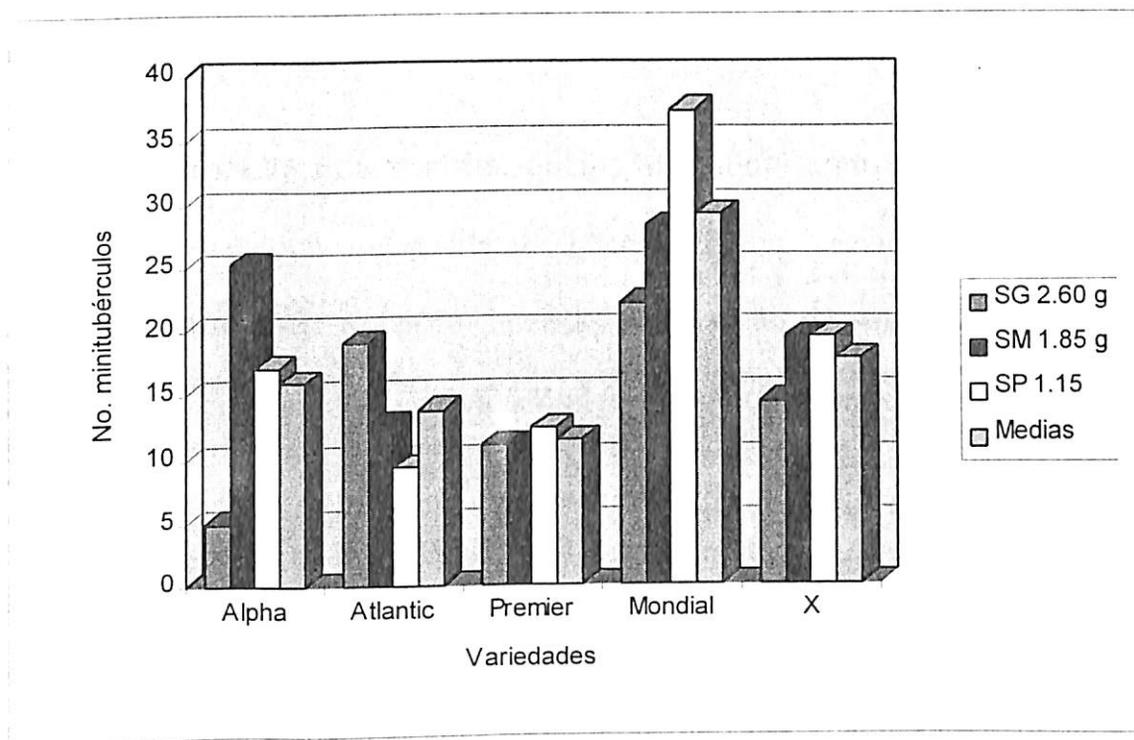


Figura 4.11. Medias del No. de minitubérculos/m<sup>2</sup> de 4a. (diámetro de <10 mm) en cuatro variedades de papa y tres tamaños de semilla.

En la Figura 4.11 se observa que el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> que se cosecharon de la categoría 4a. (<10 mm diámetro), fue significativamente más alto con la variedad Mondial, le sigue en segundo lugar la variedad Alpha. Las variedades Atlantic y Premier, tuvieron un comportamiento similar.

## Número de Tallos/m<sup>2</sup> (número de tallos sobre la superficie)

Los datos que se tomaron en cuenta en esta variable, van acorde con Wiersema (1981) y Van-Der Zaag (1981) quienes recomiendan que sea llamado como tallos sobre el suelo/m<sup>2</sup> o densidad de tallos.

El Cuadro 4.21 muestra diferencias altamente significativas (1 por ciento) entre las medias de respuesta para el factor variedades. No hay diferencias significativas entre las medias de tamaño de semilla y no hay diferencias para la interacción de variedades por tamaño de semilla.

**Cuadro 4.21. Cuadrados medios y significancia estadística para el número de tallos/m<sup>2</sup> y número de tubérculos/tallo en cuatro variedades de papa.**

F.V.	GL	No. tallos/m <sup>2</sup> (cm)	No. minitubér/tallo (cm)
Repeticiones	2	568 **	0.04 ns
Variedades (A)	3	966.64 **	0.35 ns
Tamaños (B)	2	41.44 ns	0.89 ns
Var/Tamaños (AB)	6	78.49 ns	0.31 ns
Error	22	107.49	0.45
CV (%)		21.2	21.7

\* Significativo al 0.05 % ; \*\* Significativo al 0.01 % ; ns No significativo

El Cuadro 4.22 muestra la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para el factor variedades. Se observa que la media del número de tallos sobre el suelo/m<sup>2</sup> de la variedad Mondial (55) fue significativamente superior a las variedades Alpha (35.6), Premier (34.6) y

Atlantic (33) respectivamente, las cuales forman un mismo grupo estadístico pero en conjunto son inferiores a la variedad Mondial.

**Cuadro 4.22. Prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 por ciento de significancia para en No. de tallos/m<sup>2</sup> (No. de tallos sobre el suelo).**

No.	Variedades	$\bar{X}$ No. tallos/m <sup>2</sup>	Rango Duncan 5%
4	Mondial	55.03	A
1	Alpha	35.64	B
3	Premier	34.59	B
2	Atlántic	33.02	B

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

El Cuadro 4.23 muestra las medias de número de tallos (sobre el suelo) por metro cuadrado que se contaron en las cuatro variedades evaluadas, y en los tres diferentes tamaños de semilla.

El promedio general del número de tallos/m<sup>2</sup> fue de 118.7 de los cuales el 35 por ciento corresponden a la semilla de tamaño mediano, el 33 por ciento al tamaño pequeño y el 32 por ciento al tamaño grande.

**Cuadro 4.23. Medias de número de tallos/m<sup>2</sup> para variedades y tamaños de semilla (tallos sobre el suelo).**

Variedades	Tamaño de Semilla						Total No.	%	$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano (1.85 g)		Pequeño (1.15 g)				
	No.	%	No.	%	No.	%			
Alpha	29.87	27.9	39.31	36.7	37.74	35.2	106.92	100	35.64
Atlantic	31.45	31.7	39.31	39.6	28.3	28.5	99.06	100	33.00
Premier	37.74	36.3	36.16	34.8	29.87	28.7	103.77	100	34.6
Mondial	53.46	32.3	51.89	31.4	59.75	36.1	165.1	100	55.0
$\bar{X}$	38.13	32.1	41.667	35.0	38.915	32.7	118.71	100	39.6

En el mismo Cuadro 4.23 se observa que la variedad Mondial fue la que registró el mayor número de tallos sobre el suelo/m<sup>2</sup>, con un total de 165 el cual es significativamente más alto que la variedad Alpha que ocupó el 2o. lugar (107), el tercer lugar, lo ocupó la variedad Premier (104) y el cuarto lugar la variedad Atlantic (99).

Del número total de tallos/m<sup>2</sup> de la variedad Mondial se observa que el 36 por ciento corresponde a la semilla pequeña, el 32 por ciento a la semilla grande y el 31 por ciento al tamaño mediano.

En el caso de la variedad Alpha, el 37 por ciento del número de tallos/m<sup>2</sup>, corresponde al tamaño de semilla mediano, el 35 por ciento a la semilla pequeña y el 28 por ciento a la semilla grande.

La variedad Premier ocupó el 3er. lugar con 104 tallos/m<sup>2</sup> y el 36 por ciento corresponde al tamaño de semilla grande, el 35 por ciento a semilla mediana, y el 29 por ciento a semilla pequeña.

La variedad Atlantic, ocupó el último lugar y el 40 por ciento del total de tallos/m<sup>2</sup> se obtuvo con semilla mediana, el 32 por ciento con semilla grande y el 28 por ciento con semilla pequeña.

Como se puede observar, el comportamiento que presentó el factor número de tallos/m<sup>2</sup> fue muy variable en cada una de las variedades y también tuvo muchos cambios en cada uno de los tamaños de semilla que se evaluaron. Wiersema (1981) y Van-Der Zaag (1981) indicaron que la densidad de tallos está determinada por el número de brotes que emergen, sobreviven y se desarrollan para formar un tallo; y que el número de tallos por tubérculo depende, no solo del calibre de la semilla, sino también del estado fisiológico de la misma (por ejemplo cuando existe dominancia apical solamente aparece un tallo) y de la variedad.

### **Número de Tubérculos por Tallo**

El Cuadro 4.21 muestra que no hubo significancia estadística entre las medias de número de minitubérculos/tallo tanto para variedades como para tamaños de semilla. Esto demuestra que las medias obtenidas para estos dos factores fueron estadísticamente iguales.

El Cuadro 4.24 muestra que las medias variaron desde 2.5 a 2.9 minitubérculos/tallo, siendo las variedades Alpha y Atlantic las que presentaron el valor más alto y las variedades Premier y Mondial el valor más bajo. El CIP (1987) en una evaluación que hicieron con diferentes tamaños de tubérculos-semilla indicaron que el número de tubérculos entre los diferentes tamaños de semilla fueron similares. El número de

tubérculos/tallo fue menor en plantas con mayor número de tallos debido posiblemente a una mayor competencia dentro de éstos.

**Cuadro 4.24. Medias de número de minitubérculos/tallo de cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

Variedades	Tamaño de Semilla						Total		$\bar{X}$
	Grande (2.6 g)		Mediano (1.85 g)		Pequeño (1.15 g)		No.	%	
	No.	%	No.	%	No.	%			
Alpha	2.52	28.9	2.98	34.2	3.19	36.7	8.69	100	2.9
Atlantic	2.54	32.9	2.23	28.9	2.94	38.1	7.71	100	2.6
Premier	1.83	24.3	2.7	35.9	2.98	39.6	7.51	100	2.5
Mondial	2.52	34.1	2.38	32.2	2.47	33.5	7.37	100	2.5
$\bar{X}$	2.35	30.0	2.57	32.8	2.9	37.0	7.82	100	2.6

Relacionando las medias del número de tallos/m<sup>2</sup> del Cuadro 4.23 y número de minitubérculos/tallo del Cuadro 4.24 podemos inferir que las diferencias en el rendimiento fueron dadas más por el componente número de tallos ya que el número de minitubérculos/tallo no está influyendo significativamente sobre el rendimiento de las cuatro variedades, mientras que el número de tallos si presenta diferencias altamente significativas al 1 por ciento. Esto coincide con Van-Der Zaag (1981) quien reporta que el rendimiento está en relación con número de tallos y no con la cantidad de tubérculos-semilla por unidad de superficie.

En relación a los coeficientes de variación que se presentan en los Cuadros 4.1 y 4.3, 4.11 y 4.21, se dice por ejemplo, para el rendimiento en

g/m<sup>2</sup>. un 25.5 por ciento; para número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, un 20.68 por ciento; para número de tallos/m<sup>2</sup>, 21.2 por ciento y para número de tubérculos/tallo 21.7 por ciento . Estos valores se consideran aceptables, indicando una buena confiabilidad en los resultados y en la conducción de la investigación. Sin embargo, en la clasificación por categorías de cosecha, los coeficientes de variación que se presentaron en primera, segunda, tercera y cuarta categoría fueron los siguientes: para el peso en g/m<sup>2</sup>, los coeficientes fueron 60.8, 31, 48.5 y 64 por ciento; para el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> fueron: 51.6, 32.2, 42.47, y 49.5 por ciento respectivamente; indicando que estos valores son altos debido posiblemente a las diferencias intrínsecas entre las variedades que se evaluaron (constitución genética), también pudo existir variación en el criterio de selección de los tres tamaños de semilla es decir variación en cuanto a tamaño, peso y número de brotes ya que estas características son propias de cada variedad y no se pueden controlar.

Charles (1989) también encontró altos coeficientes de variación al clasificar y evaluar por tamaños de primera, segunda, tercera, cuarta y quinta la producción de tubérculos-semilla que posteriormente evaluó en almacenamiento.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con las características evaluadas y con los datos obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones :

El rendimiento en  $g/m^2$  de la variedad Mondial (1030.3) fue superior estadísticamente a la variedad Atlantic (766.8). También superó a las variedades Alpha (989.8) y Premier (867.6), pero estas diferencias no fueron significativas.

En el rendimiento en  $g/m^2$  de las cuatro variedades de acuerdo a tres diferentes tamaños de semilla, se encontró que el tamaño pequeño (968.8) superó al tamaño mediano (946.7) y al tamaño grande (841.7) aunque estas diferencias no fueron significativas estadísticamente.

El rendimiento en  $g/m^2$  de la categoría 3a. fue altamente significativo (1 por ciento) para variedades y significativo (5 por ciento). Para tamaños de semilla se encontró que en la semilla grande todas las variedades rindieron igual; en la semilla mediana, la variedad Mondial fue estadísticamente superior a las otras tres variedades; en la semilla pequeña la variedad Mondial fue superior a la variedad Atlantic, pero con las variedades Premier

y Alpha, fueron iguales estadísticamente. Con estos resultados se acepta la hipótesis nula la cual indica que los rendimientos de los tres tamaños de semilla responden en forma diferente.

El número de minitubérculos/m<sup>2</sup> fue altamente significativo (1 por ciento); siendo las medias de Mondial (127.8) superior estadísticamente a las medias de las variedades Alpha (104.4), Premier (86.9) y Atlántic (83.9).

No hubo diferencias significativas para la interacción entre variedades por tamaños de semilla, por lo que se rechaza la hipótesis nula que indica que si existe interacción entre estos dos factores.

El número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de las cuatro variedades en relación a los tres diferentes tamaños de semilla que se evaluaron, demuestra que los tamaños de semilla pequeña (109) y mediana (105) superaron estadísticamente al tamaño grande (88).

El número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de las categorías de tercera y cuarta fue altamente significativa (1 por ciento) para variedades, se observó que la variedad Mondial fue consistentemente superior a las otras variedades en los tres diferentes tamaños de semilla evaluados.

De la producción total de minitubérculos, el 46 por ciento corresponde a las categorías de primera y segunda; y un 54 por ciento corresponde a las categorías de tercera y cuarta. Por lo que es conveniente utilizar las categorías de tercera y cuarta para incremento de semilla bajo invernadero y utilizar las categorías de primera y segunda para incremento de semilla en campo.

El efecto multiplicador que se tuvo en los tres diferentes tamaños de semilla evaluados en este proyecto fueron los siguientes: Relación 1:6 en semilla pequeña; relación 1:5.8 en semilla mediana y relación 1:4.9 en semilla grande. Las variedades que mostraron el mayor efecto fueron: Mondial, Alpha, Premier, y Atlántic respectivamente.

## RESUMEN

La papa constituye uno de los alimentos mas importantes tanto en Europa como en América. Es uno de los cuatro cultivos de mayor importancia después de los cereales, no solamente por la superficie que se cultiva anualmente, sino también por la cantidad de nutrimentos que aporta a la dieta diaria del ser humano, es una hortaliza que ocupa el segundo lugar en la producción de proteínas por unidad de superficie, después de la soya. En México se cultiva la papa en un área de 75000 hectáreas, de las cuales se producen 1,100,000 toneladas aproximadamente, con un promedio de producción de 18 toneladas por hectárea como promedio, el cual se considera bajo, por causa, entre otras, a la pérdida gradual del potencial de rendimiento de papa comercial debido a contaminación de la semilla por virus y a la poca disponibilidad de semilla de buena calidad y sanidad. La demanda potencial de semilla certificada es de 240,000 toneladas anuales, sin embargo solamente se produce el 12.5 por ciento de la demanda nacional. Tomando en cuenta la situación del cultivo de papa en México, se planificó esta investigación con el propósito de practicar alternativas de producción de semilla de buena calidad bajo condiciones de invernadero. Resultados obtenidos en otros países demuestran que para llegar a obtener un buen nivel de producción de papa para consumo, es necesario partir de una

semilla de buena calidad y que para conservar esta calidad hay que tratar de evitar la contaminación de enfermedades diversas principalmente los virus que son los causantes de muchas pérdidas. Por lo expuesto anteriormente, se condujo el presente trabajo de investigación que consistió en la evaluación de 3 diferentes tamaños de minitubérculos de 2.65 g; 1.85 g y 1.15 g respectivamente, provenientes de cuatro variedades comerciales, Alpha; Atlantic; Mondial y Premier, utilizando un diseño factorial en bloques al azar con tres repeticiones. Los resultados obtenidos indican que el rendimiento en g/m<sup>2</sup> de la variedad Mondial fue superior a las otras tres variedades; y el tamaño de semilla mas pequeña (1.15 g) superó a los otros dos tamaños evaluados, pero estas diferencias no fueron significativas estadísticamente. Para el número de minitubérculos por metro cuadrado, se encontró diferencias altamente significativas (0.01) entre las medias de variedades, siendo la variedad Mondial la mejor. Hubo diferencias significativas (0.05) entre tamaños de semilla evaluados, siendo el tamaño de semilla pequeña superior a los otros dos tamaños. El mayor efecto multiplicador se presentó con los tamaños de semilla pequeña (1:6), mediana (1:5.8) y grande (1:4.9), respectivamente. No se encontraron diferencias significativas para la interacción entre variedades por tamaño de minitubérculos. De acuerdo con lo observado, se recomienda continuar esta investigación utilizando los minitubérculos que tengan un diámetro mayor de 20 mm para evaluar su comportamiento, bajo condiciones de campo.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, J., Molina J. y Vitorrelli. 1988. Desarrollo y Producción de Esquejes de tallo juvenil en papa, obtenidos en cuatro partes diferentes de la misma planta. Revista Latinoamericana de la papa. Alap-CIP-Lima, Perú. pp. 50-56.
- Baez P., M. 1983. La papa (*Solanum tuberosum* L.). Monografía. UAAAN. Saltillo, Coah., México. pp. 1-23.
- Bryan, J. E. 1988. Implementation of rapid multiplication and tissue culture methods in third world countries. International Potato Center. (CIP). Lima, Perú. Pp. 199-207.
- Bryan, J., Jackson M. and Meléndez G. 1981. Rapid multiplication techniques for potatoes. The International Potato Center (CIP). Lima, Perú. pp- 3-20.
- \_\_\_\_\_, Meléndez G. y Jackson M. 1981. Esquejes de brote, una técnica de multiplicación rápida de papa. Centro Internacional de la Papa. (CIP). No.1 pp. 1-10.
- Colín B., Lammin F. and Dattee Y. 1987. Use of in vitro culture of *Solanum tuberosum* in potato breeding. Cambridge University Press. England. pp. 331-334.
- \_\_\_\_\_. 1990. Estrategias para la producción de semilla de papa en México. Documento. Pp. 1-95.
- Charles C., E. 1989. Manejo y almacenamiento de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su influencia en la calidad y rendimiento. Tesis M.C. UAAAN, Saltillo, Coah., México. pp. 1-27.
- Derek, B. y Collinson M. 1983. Planeación de Tecnologías apropiadas para los Agricultores, conceptos y procedimientos. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, pp. 3-20.
- Darpoux, R., y Debelley, M. 1969. Plantas de escarda. Editorial Mundiprensa. Pp. 1-23. Madrid, España.

DGETA. 1983. Las papas. Editorial Trillas México pp 9-54.

Dodds H., J. 1988. Tissue culture technology practical application of sophisticated methods. International Potato Center (CIP). Lima, Perú. pp. 167-179.

Ewin, E. P. Wareing. 1978. Shoot, stolon and tuber formation on potato (*S. tuberosum* L.) cutting in response to photoperiod. 61. pp. 348-353. Cambridge, USA.

FAO. 1991. Desarrollo Agropecuario, de la dependencia al protagonismo del agricultor. Serie. Desarrollo Rural No. 9. Oficina Regional de la FAO para América Latina. Santiago de Chile. pp. 11-28.

Fernández B., J. 1976. La producción y certificación de semilla de papa en México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semilla y Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. pp- 1-53.

Garza R., J. 1989. Identificación de los Factores que limitan la producción de semillas de Hortalizas en México. Ed. Trillas. pp. 5-48. México.

Guerrero G., A. 1981. Cultivos herbáceos extensivos. Editorial Mundiprensa. 2a. Ed. pp. 25-30. Madrid, España.

González G., P. 1996. Evaluación de tres variedades holandesas de papa (*Solanum tuberosum* L.) de ciclo corto en la región de Derramadero, municipio de Saltillo, Coah., México. pp. 1-55.

Hamann U. 1978. Propagación intensiva de la papa durante la primera etapa de un programa de semillas. Centro Internacional de la papa (CIP). Lima, Perú. 5 pp.

Horton D., E. 1988. Las papas en los países en desarrollo. Revista Latinoamericana de la papa. Alap-CIP. Lima, Perú. pp. 9-17.

Huamán, Z. 1986. Botánica Sistemática y Morfología de la papa. Centro Internacional de la papa (CIP) No. 6 Lima, Perú. pp. 1-22.

International Potato Center. (CIP). 1987. Informe Anual. Tecnología de Semillas. Centro Internacional de la Papa. Lima Perú. p. 161-210.

INIFAP-SARH-PRECODEPA. 1985. Memoria. Curso Internacional sobre Tecnología de Producción de Papa. Toluca, México. pp. 41-46.

Jones E., D. 1986. A current assessment of in vitro culture and other rapid multiplication methods in North American and Europe. Cornell University Ithaca, N.Y. USA. pp. 209-221.

- Knutson, K. 1988. Implications of new technologies for seed potato certification programs and seed growers. Colorado State University. USA. pp. 229-235.
- Levy, D., Seabrook J., and E., Coleman, S. 1993. Enchacement of tuberization of axillary shoot buds of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars cultured *in vitro*. Fredericton, New Brunswick Canada. Pp. 381-386.
- Lizárraga, R., Tovar, P., Jayasinghe, U. y Dadds, J. 1987. Cultivo de tejidos para la eliminación de patógenos. Guía de investigación CIP 3. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. pp. 1-21.
- López D., H. y Zavala, T. 1988. Curso de multiplicación acelerada de papa *in vitro* e Invernadero. Programa Regional Cooperativo de la papa. PRECODEPA. Bolivia. pp. 20.-
- Lozano C., J. 1996. Efecto de la proaclimatación de microplantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) sobre la producción de minitubérculos en invernadero. UAAAN., Saltillo, Coah., México. pp. 4-65.
- Malagamba P., White J. Et-al. 1983. Semilla Botánica, un método alterno en la producción de papa, Centro Internacional de la papa (CIP) No.3 Perú. pp. 1-12.
- Meléndez G. Q. y M. Quevedo B. 1980. Técnicas de multiplicación rápida. En memorias del curso de producción de semilla. INAPAPA-IBTA-COTESU-MAGA. Cochabamba, Bolivia. pp. 1-15.
- Miranda, O. y Del Valle, R. 1983. Recomendaciones agronómicas para el cultivo de la papa en Guatemala. Folleto Técnico, 24, ICTA, Guatemala. pp. 1-52.
- Naranjo S., H. y Estrella M., D. 1987. Una técnica de multiplicación rápida de papa "Modelo INIAP". Boletín Divulgativo No. 194. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ecuador. pp. 1-12.
- New Brunswick Department of Agriculture (NBDA). 1993. Variedades de papa en Canadá. Canadá. New Brunswick Corporation Agriment on Agri-Food. Development. pp. 13-16.
- Nivaa. Den Haag. 1994. Catálogo Holandés de Variedades de Patata. CPRO. DLO, Wageningen, Holanda. P. 2-264.
- Ostle, B. 1974. Estadística Aplicada. Editorial Limusa. México. pp. 399-405.

07410

BANCO DE TESIS

- Programa Regional Cooperativo de Papa (PRECODEPA). 1988. Memoria. I Curso de Multiplicación Acelerada de Papa. México. pp. 1-14.
- Roca, W., Espinoza, M., and Bryan J., E. 1978. A tissue culture method for the rapid propagation of potatoes. *Am. Potato Journal*. (55) 691-701. USA.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1991. División Agrícola INIFAP-Propuesta de Programa para Autosuficiencia de Producción de Semilla de PSPS en México. México. pp. 1-15.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1992. Manual de producción de semilla de papa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México. pp. 1-95.
- \_\_\_\_\_. 1994. Dirección de Política Agrícola. Diagnóstico sobre el cultivo de la papa. México. D.F. pp. 124.
- Slack, S. 1988. Applications of tissue culture and micropropagation techniques to potato production.
- Stallknecht G., F. 1979. The effect of nitrogen on the caumarin induce a tuberization of potato axillary shoots cultivated in vitro. *Amer. Potato Journal*. Vol. 56. 523-529. USA.
- Steel R., G.D. y Torrie, J.H. 1986. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2a. Edición. McGraw-Hill de México. pp. 188-208.
- Tisdale, S. y Nelson W. 1982. Fertilidad de los suelos y Fertilización. Elementos requeridos en la nutrición de las plantas. Editorial. UTEHA, México. pp. 78-120.
- Thomson A., J. 1987. The production of new potato varieties, technological advances. The effects of fertilizer treatments on a rang of old and new early-maturing potato varieties. Cambridge University Press. England. pp. 165-167.
- Van-Der Zaag, C.E. 1981. *Recolección y Almacenamiento de Papa*. Publicado porel Instituto Consultivo Holandés sobre la Papa. La Haya, Holanda y Ministerio de Agricultura y Pesca, Madrid, España. Pp. 1-24.
- Velásquez, M. 1984. Almacenamiento de papa para consumo. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. ICTA, Guatemala. pp. 1-28.
- \_\_\_\_\_. 1990. Grupo Interdisciplinario de Investigación en papa. Marco de Referencia del cultivo de papa en el área de influencia de la UAAAN. pp. 1-10.

- Wareh, H., Trolinder, N.L. and Goodin J.R. 1989. Callus initiation, shoot regeneration and micropropagation of three potato cultivars. Texas. Tech University. USA. pp. 680-682.
- Wiersema, S. I. 1981. Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. Centro Internacional de la Papa (CIP) No. 1. pp. 1-14. Lima, Perú.
- \_\_\_\_\_ 1985. Desarrollo Fisiológico de tubérculos semillas de papa. Centro Internacional de la papa. (CIP) No. 20. pp. 1-16. Lima, Perú.
- Wooster P. and Dixon T., J. 1987. Micropropagation and aid in the production of new varieties. Cambridge University Press. England. pp. 142-145.
- 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. Pp. 181-197.
- Yamaguchi, M. 1983. World vegetables principles. Production and nutritive values. AVI. Publishing Co. Inc. Connecticut, USA. pp. 55-60.

## APENDICE

**Cuadro A.4. Análisis de varianza para la variable rendimiento en g/m<sup>2</sup> de minitubérculos de tamaño tercera (diámetro 10-20 mm).**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	18401.19	9200.594	3.55	.046
2	Variedades	3	33377.36	11125.786	4.29	.015**
4	Tamaños	2	22589.61	11294.806	4.36	.025**
6	Var x tamaño	6	10841.87	1806.978	0.70	
-7	Error	22	57005.09	2591.140		

C.V.= 48.53%      Media = 104.89

**Cuadro A.5. Análisis de varianza para la variable rendimiento en g/m<sup>2</sup> de minitubérculos de tamaño cuarta (diámetro <10 mm).**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	74.51	37.254	1.86	.179
2	Variedades	3	256.01	85.336	4.26	.016**
4	Tamaños	2	34.92	17.458	0.87	
6	Var x tamaño	6	267.92	44.653	2.23	.078
-7	Error	22	441.06	20.048		

C.V.= 64.06%      Media = 6.99

**Cuadro A.6. Análisis de varianza para la variable número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	6234.00	3117.002	7.22	.003**
2	Variedades	3	10883.18	3627.728	8.40	.000**
4	Tamaños	2	2900.67	1450.335	3.36	.053*
6	Var x tamaño	6	2329.71	388.285	0.90	
-7	Error	22	9502.35	431.925		

C.V.= 20.68%      Media = 100.49

**Cuadro A.7. Análisis de varianza para la variable número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de tamaño primera (diámetro >30 mm) de cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	38.32	19.159	0.23	
2	Variedades	3	323.25	107.749	1.29	.301
4	Tamaños	2	16.07	8.035	0.10	
6	Var x tamaño	6	67.98	11.331	0.14	
-7	Error	22	1830.64	83.211		
C.V.= 61.61%		Media = 14.8				

**Cuadro A.8. Análisis de varianza para la variable número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de tamaño segunda (diámetro 20-30 mm) de cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	1054.41	527.203	5.18	.014**
2	Variedades	3	466.63	155.545	1.53	.235
4	Tamaños	2	93.94	46.972	0.46	
6	Var x tamaño	6	336.22	56.037	0.55	
-7	Error	22	2238.61	101.755		
C.V.= 32.21%		Media = 31.3				

**Cuadro A.9. Análisis de varianza para la variable número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de tamaño tercera (diámetro 10-20 mm) de cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	1271.96	635.982	2.58	.098
2	Variedades	3	3344.93	1114.977	4.53	.012*
4	Tamaños	2	1494.46	747.232	3.03	.068
6	Var x tamaño	6	775.04	129.174	0.52	
-7	Error	22	5417.90	246.268		
C.V.= 42.47%		Media = 36.95				

**Cuadro A.10. Análisis de varianza para la variable número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de tamaño cuarta (diámetro <10 mm) de cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	321.72	160.861	2.14	.141
2	Variedades	3	1725.64	575.213	7.64	.001**
4	Tamaños	2	194.06	97.028	1.29	.295
6	Var x tamaño	6	937.28	156.213	2.07	.097
-7	Error	22	1656.28	75.285		
C.V.= 49.50%		Media = 17.53				

**Cuadro A.11. Análisis de varianza para la variable número de tallos (sobre el suelo)/m<sup>2</sup> de tamaño tercera (diámetro 10-20 mm) de cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	1135.99	567.995	5.28	.013
2	Variedades	3	2899.93	966.643	8.99	.000**
4	Tamaños	2	82.82	41.410	0.39	
6	Var x tamaño	6	470.96	78.493	0.73	
-7	Error	22	23.64.69	107.486		
C.V.= 26.20%		Media = 39.57				

**Cuadro A.12. Análisis de varianza para la variable número de minitubérculos/tallore cuatro variedades y tres tamaños de semilla.**

No.	Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Prob
1	Rep	2	0.08	0.040	0.09	
2	Variedades	3	1.06	0.352	0.78	
4	Tamaños	2	1.78	0.891	1.98	.161
6	Var x tamaño	6	1.87	0.312	0.69	
-7	Error	22	9.89	0.449		
C.V.= 25.70%		Media = 2.6				

Cuadro A.13. Lista de variables.

No.	Rep.	Var.	Tam	Rendimiento/g/m <sup>2</sup> .				Total	Tallo	No. Tub/ tallo	Rend. total g/m <sup>2</sup>			
				1a.	2a.	3a.	4a.							
			>30mm D.	20-30 mm D.	10-20mm D.	<10mm D.	1a.	2a.	3a.	4a.	No. Tub	Tallos	No. Tub/ tallo	Rend. total g/m <sup>2</sup>
1	1	1	1	45.22	142.68	16.54	0.60	2	13	8	5	8.00	3.00	205.04
2	1	1	2	22.38	105.83	21.23	1.49	1	11	9	24	9.00	2.90	150.93
3	1	1	3	83.15	137.50	43.33	0.79	2	10	12	14	9.00	3.00	264.77
4	1	2	1	38.84	44.54	15.28	2.00	2	5	7	19	9.00	2.00	100.66
5	1	2	2	74.51	107.34	14.32	1.67	3	8	7	19	%10.00	2.20	197.84
6	1	2	3	64.23	112.38	32.20	0.74	2	10	10	14	7.00	3.40	209.55
7	1	3	1	156.84	47.95	4.13	2.00	5	6	1	14	9.00	1.70	210.92
8	1	3	2	67.32	133.50	30.87	1.50	2	9	8	19	8.00	2.90	233.19
9	1	3	3	91.20	68.60	40.70	1.80	3	6	10	14	5.00	4.40	202.30
10	1	4	1	221.34	66.13	44.12	2.50	8	7	11	33	%17.00	1.90	331.09
11	1	4	2	219.33	102.74	22.30	3.23	6	8	9	24	%12.00	2.30	347.60
12	1	4	3	110.90	67.70	57.17	3.70	3	6	16	42	%15.00	2.30	235.47
13	2	1	1	181.10	51.32	5.85	0.27	5	4	3	5	6.00	2.17	238.54
14	2	1	2	75.93	61.04	24.30	0.85	3	5	9	14	6.00	3.33	162.12
15	2	1	3	184.57	57.77	12.33	1.14	4	7	6	9	6.00	3.17	255.81
16	2	2	1	105.85	47.54	13.46	1.80	3	5	5	19	6.00	2.83	168.65
17	2	2	2	46.84	67.60	23.91	1.20	1	7	9	14	8.00	2.50	139.55
18	2	2	3	98.61	45.69	16.57	0.00	2	5	6	0	5.00	3.20	227.18
19	2	3	1	35.54	79.36	16.18	0.76	2	11	8	5	8.00	1.50	131.48
20	2	3	2	148.24	71.30	6.88	1.00	4	6	3	14	5.00	3.20	227.18
21	2	3	3	81.05	72.67	9.73	2.46	2	7	3	14	8.00	1.88	164.45
22	2	4	1	101.65	10.10	12.62	1.00	4	1	5	24	4.00	3.75	126.83
23	2	4	2	66.22	56.53	37.24	2.61	2	4	8	14	%11.00	1.55	160.99
24	2	4	3	187.40	81.20	23.55	0.00	8	6	8	28	%10.00	2.80	294.76
25	3	1	1	150.51	63.90	5.01	0.20	4	5	2	5	5.00	2.40	219.62
26	3	1	2	109.14	63.90	16.55	1.40	5	6	8	38	%10.00	2.70	190.99
27	3	1	3	52.42	99.78	45.60	2.97	2	8	15	28	9.00	3.40	200.77
28	3	2	1	64.75	62.36	7.80	1.20	2	6	2	19	5.00	2.80	136.11
29	3	2	2	92.60	85.20	10.95	0.50	3	7	3	5	7.00	2.00	189.25
30	3	2	3	88.10	57.34	14.30	0.93	3	5	6	14	6.00	2.83	160.67
31	3	3	1	95.91	53.50	8.74	1.71	3	6	4	14	7.00	2.29	159.86
32	3	3	2	97.64	85.32	24.26	0.00	3	7	10	0	%10.00	2.00	207.22
33	3	3	3	108.07	49.80	22.19	0.30	3	4	8	9	6.00	2.67	180.36
34	3	4	1	0.00	66.10	44.11	0.50	0	6	17	9	%13.00	1.92	110.71

**Cuadro A.14. Análisis del sustrato antes de establecer el experimento.**

Característica	Valor	Método Utilizado
% Arena	44.1	Bouyoucos
% limo	37.05	Bouyoucos
% arcilla	18.85	Bouyoucos
Textura	Migajón	Triángulo de texturas
pH	7.4	Potenciómetro
CCC (meq/100 g)	20.06	Cálculo (textura y M.O)
Ca. (meq/l)	15.67	Volumétrico
Mg (meq/l)	26.12	Volumétrico
K (meq/l)	25.72	Absorción atómica
Na ((meq/l)	30.65	Absorción atómica
% CaCO <sub>3</sub>	3.26	Volumétrico
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	104.73	Olsen
% M.O.	5.32	Walkley y Black
% C	3.08	Walkley y Black (cálculo)
% N	0.266	Kjeldahl
CE (ds/m)	2.0	Puente Wheastone
Cl	14.17	Volumétrico
So <sub>4</sub>	108.38	Gravimétrico
CO <sub>3</sub>	4.32	Volumétrico
HCO <sub>3</sub>	15.57	Volumétrico
K intercambiable	731.68	Cobaltinitrito de sodio