

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE PAPA VARIEDAD ÁGATA
(*Solanum tuberosum* L. spp. *Tuberosum*), A PARTIR DE VITRO PLANTAS
BAJO SEIS DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN AMBIENTE PROTEGIDO**

PRESENTADO POR:

MARÍA ANTONIA MAMANI MAMANI

La Paz – Bolivia

2011

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

**PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE PAPA VARIEDAD ÁGATA
(*Solanum tuberosum* L. spp. *Tuberosum*), A PARTIR DE VITRO PLANTAS
BAJO SEIS DENSIDADES DE PLANTACIÓN EN AMBIENTE PROTEGIDO**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo*

MARÍA ANTONIA MAMANI MAMANI

Asesor (es)

Ing. M. Sc. Wilfredo Peñafiel Rodríguez

Ing. Carol Rocabado Espinoza

Ing. Adhemar Trujillo Espinoza

Tribunal Examinador

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio

Ing. M. Sc. Hugo Bosque S.

Ing. Rafael Murillo García

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2011

DEDICATORIA:

*A mis queridos padres: Juan Mamani
Nina y Máxima Mamani Quispe con
amor, respeto, gratitud por la
confianza y apoyo brindado.*

*Al continuo incentivo de mis
hermanas.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy profundamente de la forma más sincera a las siguientes instituciones y personas:

A la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), la Facultad de Agronomía y a su plantel docente que contribuyeron en mi formación profesional.

A la Unidad de Producción de Semilla de Papa (UPS – SEPA); al personal técnico, administrativo y principalmente al personal de laboratorio, por todas las atenciones y consejos recibidos durante mi estadía en sus instalaciones.

De manera especial a la Ing. Carol Rocabado e Ing. Epifania Macias, responsables del Laboratorio de Biotecnología de la Unidad de Producción de Semilla de Papa (UPS – SEPA) por la orientación, asesoramiento, consejos y experiencia transmitida a mi persona.

Al Ing. Adhemar Trujillo, por todos los consejos y colaboraciones recibidas durante la ejecución y revisión del presente trabajo y también por permitir por intermedio suyo la realización de esta tesis.

Al Ing. Augusto Urquieta por el apoyo, colaboraciones y observaciones recibidas durante la ejecución y revisión de la presente tesis.

Al Ing. M. Sc. Wilfredo Peñafiel, por los consejos y brillante orientación antes y durante las actividades desarrolladas para alcanzar el éxito del presente trabajo.

A mis hermanas: Ruth y Elena. Por estar siempre conmigo en todo momento.

A Mario, Encarnación, Rubén, Egberto, Alberto, Nicanor; que con su apoyo siempre me alentaron a seguir adelante.

A Samuel, Tathiana, Jorge, María E., José M., Ramiro y todos mis compañeros de la Facultad de Agronomía por todos los momentos de amistad compartidos.

A todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la culminación del presente trabajo de investigación.

“MUCHAS GRACIAS”

ÍNDICE GENERAL

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
• Dedicatoria.....	I
• Agradecimientos.....	II
• Índice General.....	III
• Contenido Temático.....	IV
• Índice de Cuadros.....	VII
• Índice de Figuras.....	X
• Anexos.....	XI
• Resumen.....	XII
• Summary.....	XIII

CONTENIDO TEMÁTICO

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Producción de semilla pre-básica de papa.....	4
2.1.1. Producción de tubérculos semilla de categoría pre-básica en Bolivia.....	4
2.1.2. Categorías de semilla de papa.....	5
2.1.2.1. Importancia de la sanidad del tubérculo semilla de papa.....	5
2.1.2.2. Importancia de los virus en la producción de semilla de papa.....	6
2.1.2.3. Importancia de las técnicas para erradicar virus.....	7
2.1.3. Cultivo de tejidos y la producción de semillas de papa pre-básica.....	8
2.2. Producción de planta in vitro.....	8
2.2.1. Cultivo de los tejidos vegetales.....	9
2.2.1.1. Micropropagación.....	10
2.2.2. Factores que influyen en el cultivo de tejidos vegetales.....	11
2.2.2.1. Medio de cultivo.....	11
2.2.2.2. Sales inorgánicas.....	12
2.2.2.3. Fuente de carbono.....	12
2.2.2.4. Reguladores de crecimiento.....	13
2.2.2.4.1. Auxinas.....	13
2.2.2.4.2. Citoquininas.....	14
2.2.2.4.3. Giberelinas.....	15
2.2.2.5. Otros compuestos orgánicos.....	15
2.2.2.6. Agente gelificante.....	18
2.2.3. Características de las plantas in vitro.....	18
2.2.3.1. Ex-plante.....	19
2.2.3.2. Tasa de crecimiento.....	19
2.2.4. Condiciones ambientales para el cultivo in vitro.....	20
2.2.4.1. Luz, temperatura y humedad.....	20
2.2.4.2. pH.....	20
2.3. Plantación en invernadero.....	20
2.3.1. Cambios en la morfología y fisiología de las plantas.....	21
2.3.1.1. Función estomática.....	22
2.3.1.2. Cera epicuticular.....	22
2.3.1.3. Fotosíntesis en micropropagación.....	23
2.3.1.4. Tallos y raíces.....	23
2.3.2. Ecofisiología del cultivo de la papa.....	24
2.3.2.1. Intensidad de luz.....	24
2.3.2.2. Fotoperiodo.....	25
2.3.2.3. Temperatura.....	25
2.3.2.4. Humedad y disponibilidad de agua.....	26
2.3.3. Aspectos fisiológicos del cultivo.....	26
2.3.3.1. Tuberización.....	26
2.3.3.2. Desarrollo de tubérculos.....	27
2.3.3.3. Estolones.....	27
2.3.3.4. Senescencia.....	27

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
2.3.4. Prácticas agronómicas del cultivo en la jaula antiáfidos.....	28
2.3.4.1. Aporque.....	28
2.3.4.2. Control fitosanitario.....	28
2.3.4.3. Riego.....	29
2.3.4.4. Fertilización.....	29
2.3.4.5. Defoliación.....	29
2.4. Ambientes atemperados.....	30
2.5. Métodos de siembra y densidad.....	30
2.5.1. Competencia y densidades de individuos.....	31
2.5.2. Distancia y características de siembra.....	34
2.6. Rendimiento.....	36
2.6.1. Número de tubérculos.....	36
2.6.2. Tamaño de tubérculo.....	37
3. LOCALIZACIÓN.....	39
3.1. Ubicación geográfica.....	39
3.2. Características ecológicas.....	39
3.2.1. El clima.....	39
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
4.1. Materiales.....	41
4.1.1. Material de gabinete.....	41
4.1.2. Material de campo.....	41
4.1.3. Material biológico.....	42
4.2. Metodología.....	44
4.2.1. Procedimiento experimental.....	44
a) Características de los invernaderos.....	44
b) Preparación de camas.....	45
c) Preparación y desinfección del sustrato.....	45
d) Trasplante.....	47
e) Prácticas culturales.....	50
f) Cosecha.....	54
g) Selección.....	55
h) Almacenaje.....	56
4.2.2. Diseño experimental.....	56
4.2.2.1. Factores de estudio.....	57
4.2.3. Modelo estadístico.....	58
4.2.4. Características del área experimental.....	58
4.2.4.1. Croquis del experimento.....	59
4.2.5. Variables de respuesta.....	60
4.2.5.1. Altura de planta.....	60
4.2.5.2. Diámetro de tallo.....	60
4.2.5.3. Porcentaje de prendimiento en invernadero.....	60
4.2.5.4. Número de tubérculos producidos por metro cuadrado.....	61
4.2.5.5. Número de tubérculos producidos por tratamiento.....	61
4.2.5.6. Número de tubérculos por calibre por tratamiento.....	61
4.2.5.7. Peso de tubérculos por metro cuadrado.....	61
4.2.5.8. Peso de tubérculos por tratamiento.....	61
4.2.5.9. Peso de tubérculos por calibre por tratamiento.....	61

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>	
4.2.5.10.	Análisis económico.....	62
4.2.5.10.1.	Beneficio bruto.....	62
4.2.5.10.2.	Beneficio neto.....	62
4.2.5.10.3.	Relación beneficio costo.....	63
4.2.5.11.	Análisis estadístico.....	64
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	65
5.1.	Condiciones del ensayo.....	65
5.1.1.	Condiciones climatológicas.....	65
5.2.	Altura de planta.....	67
5.3.	Diámetro de tallo.....	70
5.4.	Porcentaje de prendimiento en invernadero.....	72
5.5.	Número de tubérculos producidos por metro cuadrado.....	75
5.6.	Número de tubérculos producidos por tratamiento.....	78
5.7.	Número de tubérculos por calibre	81
5.7.1.	Número de tubérculos calibre II	81
5.7.2.	Número de tubérculos calibre III	84
5.7.3.	Número de tubérculos calibre IV	86
5.7.4.	Número de tubérculos calibre V	90
5.7.5.	Número de tubérculos calibre VI	93
5.8.	Peso de tubérculos por metro cuadrado	95
5.9.	Peso de tubérculos por tratamiento	97
5.10.	Peso de tubérculos por calibre	100
5.10.1.	Peso de tubérculos calibre II	100
5.10.2.	Peso de tubérculos calibre III	102
5.10.3.	Peso de tubérculos calibre IV	104
5.10.4.	Peso de tubérculos calibre V	107
5.10.5.	Peso de tubérculos calibre VI	109
5.11.	Análisis económico.....	112
5.11.1.	Beneficio bruto.....	112
5.11.2.	Beneficio neto.....	113
5.11.3.	Relación beneficio costo.....	113
6.	CONCLUSIONES.....	116
7.	RECOMENDACIONES.....	119
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	120

ÍNDICE DE CUADROS

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
Cuadro 1. Instituciones productoras de semilla pre-básica de papa.....	5
Cuadro 2. Descripción de factores.....	57
Cuadro 3. Descripción climatológica promedios mensuales gestión 2009.....	65
Cuadro 4. Comparación de la precipitación (mm).....	66
Cuadro 5. Análisis de varianza para altura de planta (cm).....	68
Cuadro 6. Promedios de altura de planta para el factor distancia entre líneas (cm)	68
Cuadro 7. Promedios de altura de planta para el factor distancia entre plantas (cm).....	69
Cuadro 8. Promedios de altura de planta por tratamiento (cm).....	69
Cuadro 9. Análisis de varianza para el diámetro de tallo.....	70
Cuadro 10. Promedios de diámetro de tallo para el factor distancia entre líneas (cm).....	71
Cuadro 11. Promedios de diámetro de tallo para el factor distancia entre plantas (cm).....	71
Cuadro 12. Promedios de diámetro de tallo por tratamiento (cm).....	72
Cuadro 13. Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento.....	73
Cuadro 14. Promedios de porcentaje de prendimiento para el factor distancia entre líneas (%)......	73
Cuadro 15. Promedios de porcentaje de prendimiento para el factor distancia entre plantas (%)......	74
Cuadro 16. Promedios de porcentaje de prendimiento por tratamiento (%)......	74
Cuadro 17. Análisis de varianza para número de tubérculos producidos por metro cuadrado.....	75
Cuadro 18. Comparación de medias por el método de Tukey, número de tubérculos producidos por metro cuadrado para el factor distancia entre líneas.....	76
Cuadro 19. Promedios de número de tubérculos producidos por metro cuadrado para el factor distancia entre plantas.....	77
Cuadro 20. Promedios de número de tubérculos producidos por metro cuadrado por tratamiento.....	78
Cuadro 21. Análisis de varianza para número de tubérculos por tratamiento.....	79
Cuadro 22. Comparación de medias por el método de Tukey, número de tubérculos producidos por tratamiento para el factor distancia entre líneas.....	79
Cuadro 23. Promedios de número de tubérculos producidos por tratamiento para el factor distancia entre plantas.....	80
Cuadro 24. Promedios de número de tubérculos producidos por tratamiento.....	81
Cuadro 25. Análisis de varianza para número de tubérculos calibre II.....	82
Cuadro 26. Promedios de número de tubérculos producidos calibre II para el factor distancia entre líneas.....	82
Cuadro 27. Promedios de número de tubérculos producidos calibre II para el factor distancia entre plantas.....	83
Cuadro 28. Promedios de número de tubérculos producidos calibre II por tratamiento.....	83
Cuadro 29. Análisis de varianza para número de tubérculos calibre III.....	84

Contenido**Página**

Cuadro 30.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre III para el factor distancia entre líneas.....	85
Cuadro 31.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre III para el factor distancia entre plantas.....	85
Cuadro 32.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre III por tratamiento.....	85
Cuadro 33.	Análisis de varianza para número de tubérculos calibre IV.....	86
Cuadro 34.	Comparación de medias por el método de Tukey, número de tubérculos producidos de calibre IV para el factor distancia entre líneas.....	87
Cuadro 35.	Comparación de medias por el método de Tukey, número de tubérculos producidos de calibre IV para el factor distancia entre plantas.....	88
Cuadro 36.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre IV por tratamiento.....	89
Cuadro 37.	Análisis de varianza para número de tubérculos calibre V.....	91
Cuadro 38.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre V para el factor distancia entre líneas.....	91
Cuadro 39.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre V para el factor distancia entre plantas.....	92
Cuadro 40.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre V por tratamiento.....	92
Cuadro 41.	Análisis de varianza para número de tubérculos calibre VI.....	93
Cuadro 42.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre VI para el factor distancia entre líneas.....	93
Cuadro 43.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre VI para el factor distancia entre plantas.....	94
Cuadro 44.	Promedios de número de tubérculos producidos calibre VI por tratamiento.....	94
Cuadro 45.	Análisis de varianza para el peso de tubérculos por m ²	95
Cuadro 46.	Promedios de peso de tubérculos por m ² para el factor distancia entre líneas (kg).....	95
Cuadro 47.	Promedios de peso de tubérculos por m ² para el factor distancia entre plantas (kg).....	96
Cuadro 48.	Promedios de peso de tubérculos por m ² por tratamiento.....	96
Cuadro 49.	Análisis de varianza para peso de tubérculos por tratamiento.....	98
Cuadro 50.	Promedios de peso de tubérculos por tratamiento para el factor distancia entre líneas (kg).....	98
Cuadro 51.	Promedios de peso de tubérculos por tratamiento para el factor distancia entre plantas (kg).....	99
Cuadro 52.	Promedios de peso de tubérculos por tratamiento.....	99
Cuadro 53.	Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre II.....	100
Cuadro 54.	Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre II para el factor distancia entre líneas (kg).....	100
Cuadro 55.	Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre II para el factor distancia entre plantas (kg).....	101
Cuadro 56.	Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre II por tratamiento.....	101
Cuadro 57.	Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre III.....	102
Cuadro 58.	Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre III para el factor distancia entre líneas (kg).....	103

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
Cuadro 59. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre III para el factor distancia entre plantas (kg).....	103
Cuadro 60. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre III por tratamiento.....	103
Cuadro 61. Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre IV.....	104
Cuadro 62. Comparación de medias por el método de Tukey, peso de tubérculos producidos de calibre IV para el factor distancia entre líneas (kg).....	105
Cuadro 63. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre IV para el factor distancia entre plantas (kg).....	106
Cuadro 64. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre IV por tratamiento.....	107
Cuadro 65. Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre V.....	107
Cuadro 66. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre V para el factor distancia entre líneas (kg).....	108
Cuadro 67. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre V para el factor distancia entre plantas (kg).....	108
Cuadro 68. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre V por tratamiento.....	109
Cuadro 69. Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre VI.....	110
Cuadro 70. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre VI para el factor distancia entre líneas (kg).....	110
Cuadro 71. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre VI para el factor distancia entre plantas (kg).....	111
Cuadro 72. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre VI por tratamiento.....	111
Cuadro 73. Referencia de la relación beneficio bruto del estudio.....	112
Cuadro 74. Detalle del beneficio neto del estudio.....	113
Cuadro 75. Detalle del beneficio/costo del estudio.....	114
Cuadro 76. Detalle del beneficio/costo ajustado para 1000 plantas.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
Figura 1. Ubicación de la Provincia Quillacollo del Departamento de Cochabamba.	40
Figura 2. Tubérculos de la variedad Ágata.....	42
Figura 3. Armado de cama.....	45
Figura 4. Sustrato y molino de mantillo.....	46
Figura 5. Esterilización en caldero y coche de vapor.....	47
Figura 6. Demarcado de los tratamientos.....	47
Figura 7. Marcado de las distancias.....	48
Figura 8. Trasplante de las plantas in vitro.....	49
Figura 9. Cobertura con la malla semisombra.....	50
Figura 10. Fertilizante triple 15.....	51
Figura 11. Aporque manual.....	51
Figura 12. Fumigación.....	52
Figura 13. Prueba de ELISA.....	53
Figura 14. Riego por goteo.....	53
Figura 15. Tratamientos antes de la defoliación.....	54
Figura 16. Pesado de la producción de papa en los tratamiento.....	55
Figura 17. Selección de minitubérculos por calibres.....	56
Figura 18. Croquis de campo del experimento.....	59
Figura 19. Variación de temperatura °C.....	66
Figura 20. Comparación de la precipitación (mm).....	67
Figura 21. Efecto de la distancia entre líneas sobre número de tubérculos producidos por metro cuadrado.....	76
Figura 22. Efecto de la distancia entre líneas sobre número de tubérculos producidos por tratamientos.....	80
Figura 23. Efectos de la distancia entre líneas sobre número de tubérculos producidos de calibre IV.....	87
Figura 24. Efectos de la distancia entre plantas sobre número de tubérculos producidos de calibre IV.....	89
Figura 25. Efecto de la distancia entre líneas sobre peso de tubérculos producidos de calibre IV.....	105
Figura 26. Beneficio/costo obtenido en los tratamientos.....	114

ANEXOS

Contenido

- Anexo 1. Categorías en sistema de certificación. Por normas específicas de Certificación de Semilla de Papa. En el mercado Boliviano
- Anexo 2. Esquema del proceso de eliminación de virus que se realiza en el Centro Internacional de la Papa (CIP)
- Anexo 3. Croquis de las Instalaciones SEPA-SAM, El Paso, Quillacollo Cochabamba
- Anexo 4. Plano de emplazamiento
- Anexo 5. Plano Georeferenciado
- Anexo 6. Agroquímicos utilizados en el ensayo experimental
- Anexo 7. La variedad que oferta SEPA dentro de las especies *Solanum tuberosum* ssp.
- Anexo 8. Brote y hoja de la variedad Ágata
- Anexo 9. Composición de los medios de cultivo
- Anexo 10. Composición para realizar el test de ELISA
- Anexo 11. Procedimientos para realizar el test de ELISA
- Anexo 12. Análisis de resultados para el test de ELISA
- Anexo 13. Criterios para la determinación del momento óptimo para la defoliación en los invernaderos. Producción Exportación
- Anexo 14. Calibres y precio de venta al mercado de la semilla de exportación
- Anexo 15. Selección y pesaje de los tratamientos
- Anexo 16. Selección y pesaje de los tratamientos en cada repetición y preparado para el almacenamiento
- Anexo 17. Invernadero de producción de semilla de papa pre-básica
- Anexo 18. Registro de temperaturas diarias en el ambiente protegido
- Anexo 19. Datos de campo para la variable altura de planta (cm)
- Anexo 20. Datos de campo para la variable diámetro de tallo
- Anexo 21. Datos de campo para la variable porcentaje en prendimiento en invernadero
- Anexo 22. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos por metro cuadrado
- Anexo 23. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos por tratamiento
- Anexo 24. Datos de campo para la variable número de tubérculos calibre II
- Anexo 25. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos calibre III
- Anexo 26. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos calibre IV
- Anexo 27. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos calibre V
- Anexo 28. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos calibre VI
- Anexo 29. Datos de campo para la variable peso de tubérculos por metro cuadrado (kg/m^2)
- Anexo 30. Datos de campo para la variable peso de tubérculos por tratamiento (kg/m^2)
- Anexo 31. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre II (kg/m^2)
- Anexo 32. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre III (kg/m^2)
- Anexo 33. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre IV (kg/m^2)
- Anexo 34. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre V (kg/m^2)
- Anexo 35. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre VI (kg/m^2)
- Anexo 36. Costos de producción
- Anexo 37. Ingresos

RESUMEN

El ensayo se realizó en las instalaciones de la Unidad de Producción de Semilla de Papa SEPA-SAM utilizando plántulas provenientes de cultivo de tejidos in vitro, trasplantadas a camas de tuberización en ambiente protegido (malla antiáfidos). A objeto de determinar la mejor densidad de plantación con la variedad Ágata.

El ensayo se realizó en la gestión 2009. Las plantaciones se realizaron a 10, 13 y 15 cm de distancia entre planta y a 20 y 25 cm de distancia entre línea, en diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Dentro las prácticas culturales se realizó: la fertilización, aporque, tratamientos fitosanitarios y defoliación; asimismo en la cosecha se realizó el pesaje, clasificación y conservación de acuerdo a los protocolos establecidos por la empresa.

Como elementos de análisis se consideró la altura de planta, diámetro de tallo asimismo, el peso de tubérculos por tratamiento y como elemento de cuantificación número de tubérculos por tratamiento.

En términos generales para el número de mini tubérculos se detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El número de mini tubérculos se incrementó significativamente al aumentar la densidad de plantación.

Con las densidades de los tratamientos: T 4 (20 cm en líneas a 10 cm entre planta) y T 5 (20 cm en líneas a 13 cm entre planta) se obtuvo el mayor número de mini tubérculos por unidad de superficie.

El peso de los mini tubérculos no mostró diferencias significativas en relación a las densidades empero si hubo diferencias, cuando se consideran independientemente las distancias entre líneas siendo las de mayor rendimiento cuando la plantación es a 20 cm entre línea.

Para obtener tubérculos comerciales calibre IV y V se debe utilizar 20 cm entre líneas a 10 cm entre plantas lo que hace factible el incremento de mini tubérculos por invernadero.

SUMMARY

The rehearsal was conducted in facilities of Unit of Potato Seed Production SEPA-SAM (Unidad de Producción de Semilla de Papa – SEPA), using seedlings from in vitro fabrics cultivation, transplanted to tuberization beds into a protected environment (antiáfidos mesh).The objective is to determine the best planting density with variety Agate.

This rehearsal was made in 2009. Plantations were performed at 10, 13 and 15 cm of distance between plants, and 20 and 25 cm of distance between lines, in an experimental design totally at random with four repetitions. The cultivation practices used were the following: fertilization, hilling, phytosanitary treatments and defoliation; also, during the harvest was made the weighing, sorting and conservation according to protocols established by the company.

As elements of analysis considered plant height, stem diameter, the weight of tubers per treatment, and as quantification element the number of tubers per treatment.

In general terms, considering the number of mini-tubers are detected significant differences between treatments. The number of mini-tubers significantly increased with planting density increase.

With the densities of the treatments: T 4 (20 cm in lines 10 cm between plants) and T 5 (20 cm in lines 13 cm between plants) was obtained the largest number of mini-tubers per unit area.

The weight of the mini-tubers showed no significant differences related with the densities, however, there were differences when considering separately distances between the lines, being the highest yield if planting is 20 cm between lines.

To obtain commercial tubers caliber IV and V it should be used 20 cm between lines and 10 cm between plants which makes possible the increase of quantity of mini-tubers in greenhouse.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los cultivos andinos, la papa es el más importante por su uso en la alimentación, y como sustento económico de la población rural que la cultiva asimismo, el cultivo genera más de 134.000 fuentes de trabajo directo e involucra en actividades indirectas entre 230 a 250 mil personas que trabajan en producción, venta de insumos, acopio, selección, producción de semilla informal, producción de semilla certificada, transporte, comerciantes mayoristas y minoristas.

La actividad de producción de semilla de papa de calidad en Bolivia, bajo condiciones técnicas que garanticen su pureza y calidad sanitaria, es una actividad que ha garantizado la provisión de semilla a pequeños y medianos productores de papa consumo, a partir de las cuales se ha logrado incrementar su productividad generando condiciones de seguridad alimentaria y promoción de la producción.

La Unidad de Producción de Semilla de Papa (SEPA) tiene una producción promedio anual de 322.000 plántulas *in vitro* en laboratorio, lo que representa una producción en invernaderos bajo mallas antiáfidos de 1'290.000 mini tubérculos semilla *pre-básica*. Con este volumen esta institución provee al mercado nacional de 950.300 kg de semilla *Básica* proveniente de cultivo de tejidos *in vitro*; así mismo se ha logrado exportar a los mercados de Chile y Brasil semilla *pre-básica* de las variedades: Ágata, Asterix y Cupido. A la fecha se han realizado exportaciones anuales que sobrepasan los 450.000 mini tubérculos, se tiene previsto que para el año 2010 se logre exportar 2'000.000 de mini tubérculos que es la demanda anual actual del Brasil (Trujillo *et al.*, 2008).

Después de numerosos Trabajos de investigación en los que se emplearon densidades de 30 plantas por m² a 100 plantas por m², la densidad de 50 plantas por metro² fue establecida como la óptima. Las densidades menores inciden en el incremento de peso de los tubérculos obteniéndose en ciertas variedades, rendimientos hasta de 8,5 kg/m² con un reducción hasta del 50% del número por unidad de superficie. Las densidades mayores solo incrementan la cantidad de microtubérculos.

En la producción de la variedad Ágata a una densidad de 150 plantas por 4 m², se tiene un rendimiento de 3,2 tubérculos por planta o expresado de otra forma 120 tubérculos por metro cuadrado (Salaues *et al.*, 1998).

En un trabajo realizado anteriormente en el Campo Experimental de Caripe en Venezuela, con el objetivo de determinar la distancia óptima de siembra de plántulas *in vitro*, se evaluaron las siguientes distancias: 10 x 10, 10 x 15 y 10 x 20 cm entre plantas y entre hileras, respectivamente, sembradas en canteros y utilizando la variedad "Atzimba". Los resultados obtenidos demuestran que la distancia en la cual se obtuvo mayor número de tubérculos por área, fue la de 10 x 10 cm entre plantas y entre hileras, respectivamente, con un total de 413 tubérculos por metro cuadrado, existiendo una relación directa entre densidad y rendimiento por área (www.ceniap.gov.ve/fd32).

La única empresa en el país que produce semilla de papa de la categoría *pre-básica* en cantidades comerciales es SEPA. A partir de la semilla ofertada por SEPA, existen varias organizaciones de productores e instituciones que se dedican a la remultiplicación de semilla en el país en categorías comerciales (Registrada, Certificada y Fiscalizada), las cuales son utilizadas por otros productores de papa consumo para abastecer al mercado nacional (Trujillo *et al.*, 2008).

El estudio tiene como finalidad determinar las potencialidades productivas de la variedad Ágata con dos distancias entre líneas (20 y 25 cm) así como el comportamiento de estas a tres distancias entre plantas (10, 13 y 15 cm), para establecer la mejor densidad ya que incide directamente en la producción de semilla *pre-básica*. Al momento no cuentan con estudios realizados de aplicación de una densidad adecuada para cada variedad que puedan optimizar la productividad.

1.1. Objetivos

Objetivo general

- ❖ Evaluar la producción de semilla *pre-básica* de papa de la variedad Ágata (*Solanum tuberosum L. spp. tuberosum*) a partir de *vitro* plantas bajo dos distancias de plantación entre líneas y tres entre plantas en ambiente protegido.

Objetivos Específicos

- ❖ Evaluar la producción de semilla *pre-básica* de papa variedad Ágata bajo dos distancias de plantación entre líneas.
- ❖ Evaluar la influencia de tres distanciamientos entre plantas en la producción de semilla *pre-básica* de la variedad Ágata.
- ❖ Evaluar la producción de semilla *pre-básica* de papa variedad Ágata bajo dos distancias de plantación entre líneas y tres entre plantas.
- ❖ Realizar el análisis económico de los tratamientos estudiados.

Hipótesis

Ho: La producción de semilla *pre-básica* de papa variedad Ágata bajo dos distancias de plantación entre líneas es similar.

Ho: Las tres distancias entre plantas no influyen en la producción de semilla *pre-básica* de papa variedad Ágata.

Ho: No hay diferencia en la producción de semilla *pre-básica* de papa variedad Ágata bajo dos distancias de plantación entre líneas y tres entre plantas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Producción de semilla *pre-básica* de papa

Bryan (1989), indica que la producción de tubérculos semilla de categoría *pre-básica* de papa es la etapa más importante y crítica en la cadena de multiplicación de este material.

La semilla *pre – básica* es el material inicial en un programa de producción de semilla y se la obtiene a partir del cultivo de plántulas *in vitro*, esquejes, brotes o tuberculillos libres de patógenos, que son multiplicados en invernaderos que regulan los efectos del medio ambiente, la contaminación del material por enfermedades y el aislamiento contra insectos vectores (Pernia *et al.*, 1989).

La semilla *pre-básica* como define Santos (1989), es el nombre común de los tubérculos semilla de la categoría *pre-básica* y se refiere a cualquier generación entre el material parental y los tubérculos semilla de categoría básica. Es decir es un material que garantiza un 100 % de la identidad y pureza varietal y tiene un elevado nivel de sanidad.

UPS – SEPA (1994), indica que el material inicial de corte son las plántulas *in vitro* provenientes de laboratorio. Al cumplir su ciclo vegetativo son trasplantadas en invernadero para la obtención de tubérculos semilla de categoría *pre-básica*.

2.1.1. Producción de tubérculos semilla de categoría *pre-básica* en Bolivia

La producción de semilla *pre-básica* es realizada por organizaciones especializadas, con requerimientos de altas experiencias y tecnología en su organización (Kloos *et al.*, 1992).

SEPA ha realizado los trabajos inherentes para obtener el Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) para la exportación (Brasil y Chile) de semilla *pre-básica* proveniente de cultivo de tejidos *in vitro*, exigido por el país importador como requisito *sine qua*

non para ser aceptada por sus mecanismos de control de calidad (Trujillo *et al*, 2008).

Actualmente en Bolivia existen las siguientes instituciones que cumplen los requisitos mínimos para producir semilla *pre-básica*.

Cuadro 1. Instituciones productoras de semilla *pre-básica* de papa

INSTITUCIÓN	UBICACIÓN	ESTACIÓN
UPS - SEPA	Cochabamba	Invernaderos con malla antiáfidos “El Paso”
FUNDACION PROINPA	Cochabamba	Estación Experimental de Toralapa
IBTEN	La Paz	Instituto boliviano de Tecnologías Nucleares de Viacha
Prefectura del Dpto. Potosí	Potosí	Estación Experimental de Chinoli
Prefectura del Dpto. Tarija	Tarija	Estación Experimental de Iscayachi

Fuente: Elaboración propia en base a información personal

2.1.2. Categorías de semilla de papa

Kloos *et al.* (1992), reporta que el sistema de certificación boliviano, establece cinco categorías de semilla: *Pre-básica*, *Básica*, Registrada, Certificada y Fiscalizada (Anexo 1).

2.1.2.1. Importancia de la sanidad del tubérculo semilla de papa

Noguera (1992) mencionado por Lara (1999), indica que la semilla debe cumplir con lo siguiente:

- ❖ Debe provenir de la técnica de termoterapia, cultivo de meristemas y propagación *in vitro*.
- ❖ Contar con personal técnico especializado.
- ❖ Producción de esquejes o tubérculos en invernaderos a prueba de áfidos.

- ❖ Sistema de desinfestación de suelos.
- ❖ Documentación de centros especializados que prueben que el material vegetal a multiplicar esté libre de patógenos.
- ❖ Cooperar al personal de certificación de semilla para verificar todas las operaciones llevadas a cabo con precauciones inherentes al tipo de trabajo.
- ❖ Pruebas para el control fitosanitario.

2.1.2.2. Importancia de los virus en la producción de semilla de papa

Fribourg (1987) mencionado por Lara (1999), indica que los virus pueden multiplicarse por el sistema vascular del hospedero a todo sus órganos vegetales, desde raíces hasta semilla. Por la invasión que realizan son denominados sistémicos y son también una limitante de la producción en cultivos de propagación asexual, porque las partes vegetativas de plantas infestadas como semilla, dan origen a plantas enfermas.

Al momento se conocen alrededor de 25 virus que atacan al cultivo de la papa, que causan pérdidas en la calidad sanitaria del tubérculo y descensos dramáticos en la producción. El tipo de la severidad de las pérdidas depende de las condiciones ambientales y del tipo de virus. Como ejemplo, el PVX (*virus del mosaico latente*) y PVY (*virus del mosaico rugoso*), pueden reducir el rendimiento del 5 al 40 % en tanto otros como PLRV (*Potato Leaf Roll Virus: virus del enrollamiento de las hojas*), o infecciones combinadas PVX y PVY causan pérdidas hasta del 90 % (García *et al.*, 1993).

El PVS *virus S de la papa (Carlavirus)* puede causar pérdidas en rendimientos de hasta un 20%. La semilla de papa aun no es certificada para el PVS, lo cual ha contribuido a su amplia distribución. El *virus del mosaico de la alfalfa (AMV)* es un *Potyvirus* al igual que PVY. Es transmitido en forma no persistente por los áfidos. El AMV hace que las hojas presenten dibujos característicos tipo “calico”, amarillento irregular en zonas (www.vegetablemdonline.ppath.cornell.edu).

2.1.2.3. Importancia de las técnicas para erradicar virus

Ávila (1992), señala que el cultivo *in vitro*, permite erradicar enfermedades virósicas por medio de procedimientos tales como el cultivo de meristemos, la termoterapia, la quimioterapia y la combinación de estas técnicas para mayor seguridad (Anexo 2).

La quimioterapia es un método que consiste en la aplicación de productos químicos como Ribavirin o Virazole al medio de cultivo, con la finalidad de obtener plantas libres de patógenos y asegurar la obtención de material sano. El objetivo de mejorar la eficacia en el saneamiento de diferentes cultivos infectados por virus, muchos investigadores han recurrido al tratamiento con calor, de las plantas madre donantes de meristemas, o han practicado la termoterapia sobre micro esquejes cultivados en tubos o sobre *in vitro* plantas; el tratamiento por calor es eficaz solamente contra los virus isométricos y contra los micoplasmas (Macías, 2008).

Según Bajaj (1987), indica que este tratamiento consiste en cultivar el material vegetal madre a temperaturas elevadas (35 a 38°C) durante varias semanas (2 hasta 4 semanas según las especie), para obtener un crecimiento máximo de esas plantas. En el caso de papa se requiere 36°C durante 16 horas y 30°C durante 8 horas. La iluminación es con una intensidad de 10.000 Lux y en forma continua. La humedad relativa es de 70%; bajo estas condiciones las yemas axilares crecen rápido. El tratamiento dura unas cuatro semanas.

Para Macías (2008), las plántulas *in vitro* de 15 a 20 días de edad se someten durante 1 mes a un régimen de temperatura diaria de 34°C por 16 horas, y 32°C por 8 horas, bajo luz continua de alta intensidad (5.000 lux). De la misma manera, para plantas en maceta el régimen debe ser 36°C por 16 horas, y 32°C por 8 horas, bajo luz continua de alta intensidad (5.000 lux).

2.1.3. Cultivo de tejidos y la producción de semilla de papa *pre-básica*

Según Trigo (1994), debido a su enorme capacidad regenerativa y la totipotencia inherente de las células de papa, ha permitido desarrollar la técnica de cultivo *in vitro* que permite producir plantas en gran escala.

Avila (1992), señala que la papa por ser de propagación vegetativa, es propensa a la infección acumulativa causada por bacterias, hongos, nematodos, virus y viroides por lo que las enfermedades pueden ser transmitidas a través del tubérculo semilla de generación en generación.

Para Guoqing *et al.* (1987), la papa ha sido el cultivo donde la biotecnología ha aplicado más satisfactoriamente como en la micropropagación *in vitro* de plantas libres de enfermedades, somaclones, haploides e híbridos somáticos, obteniendo plantas resistentes al tizón, a virus, nemátodos y otros. Los microtubérculos producidos en tubos de ensayo han sido transplantados de laboratorio a campo y propagados en gran escala en varios países. La tecnología *in vitro* combinada con prácticas tradicionales han permitido una producción comercial de semilla libre de enfermedades (microtubérculos).

El esquema general del proceso moderno de producción de tubérculos semillas mayormente en el sistema formal, los productores de este insumo y especialmente los de categorías altas (*pre-básica* y *básica*) son agricultores especializados que también están autorizados a producir semillas. Los tubérculos-semillas de papa que algunos países exportan provienen del sistema formal controlado por el proceso de certificación (www.cipotato.org/csdmaterialstuberulos-semilla)

2.2. Producción de planta *in vitro*

Según Salas (1995), el principio de cultivo de tejidos es simple; primero, es necesario aislar una parte de la planta (*ex-plante*); segundo, proveer al *ex-plante* de un medio ambiente apropiado (medio de cultivo adecuado y en condiciones físicas propias de

la especie) en el cual pueda expresar su potencial intrínseco o inducido, partiendo de un stock de plantas de sanidad probada. Éstas son multiplicadas asépticamente bajo una cámara de flujo laminar, se seccionan segmentos de tallos provistos de una yema axilar, son transferidos a recipientes con medio fresco de cultivo, los recipientes son sellados con tapas autoclavables y cintas de parafilm.

2.2.1. Cultivo de los tejidos vegetales

Según Dodds *et al.* (1988), citado por Duran (2000), el concepto de que la célula individual de un organismo, es totipotencial, está implícito dentro de la teoría celular. Expresó la visión que cada célula viviente de un organismo multicelular debe ser capaz de desarrollarse independientemente, si se les da las condiciones apropiadas para su desarrollo. Una célula totipotente es aquella capaz de desarrollarse por regeneración llegando a formar un organismo completo, y este término fue probablemente concebido por Morgan en 1901. El problema básico del cultivo celular fue claramente expuesto por White en 1954. Si la totalidad de células de un organismo dado son esencialmente idénticas y totipotentes, entonces las diferencias celulares observadas dentro de un organismo deben provenir de respuestas de aquellas células a su micro medio ambiente y a otras células dentro el organismo. El uso de las técnicas de cultivo permitió a los científicos la segregación de células, tejidos y órganos de organismos parentales, para subsecuentes estudios como unidades biológicas aisladas.

Los primeros intentos de esta técnica fueron realizados en 1860 por Sacks y en 1861 por Knops, quienes observaron que los principales nutrientes de las plantas superiores eran sustancias inorgánicas, prepararon una solución nutritiva que las contenía la cual ha sido utilizada por muchos investigadores desde entonces (Merino, 1988).

Posteriormente Haberlandt en 1898 realizó un intento de cultivo de células aisladas en tres géneros de monocotiledóneas, sin obtener éxito, ya que no observó división celular. Los trabajos de Haberlandt fueron muy criticados (Haberlandt realizó estos experimentos 30 años del descubrimiento de las auxinas en 1926 por Timann), pues

no fue adecuada la elección del tejido (mesófilo con células muy diferenciadas), el medio de cultivo era simple y como sabemos ahora muchas monocotiledóneas son difíciles de cultivar satisfactoriamente. Haberlandt continuó sus experimentos añadiendo nuevos elementos a sus medios de cultivo partiendo de la idea de obtener condiciones alimenticias semejantes a los tubos de floema (Dodds *et al.*, 1988).

El trabajo realizado por White en 1934 con cultivo de ápices de raíz de tomate (*Lycopersicon esculentum*) en un medio líquido conteniendo sales orgánicas, extracto de levadura y sacarosa, obteniendo un crecimiento activo. Posteriormente demostró que el extracto de levadura se podía sustituir por tres vitaminas del grupo B: tiamina, pirodoxina y niacina (White, 1934 mencionado por Duran, 2000).

En los años cuarenta, se logró obtener las primeras plantas libres de virus usando regeneración *in vitro* (Geoge *et al.*, 1984). Posteriormente se demostró que la interacción auxinas y citoquininas es necesaria en la organogénesis (Dodds *et al.* 1988 citado por Duran, 2000). A partir de entonces se desarrollaron técnicas que a la larga constituirían las aplicaciones más importantes de la biotecnología vegetal. Entre estas se tiene, el cultivo de protoplastos por Cocking en 1960, la popularización del medio de cultivo básico por Murashige & Skoog en 1962, la introducción del término “micropropagación” por Harman & Kesler en 1968 (Toledo, 2006).

Según Dodds (1988) citado por Duran (2000) en los años setenta se hace evidente las contribuciones del cultivo *in vitro* en la agricultura e industria, se lograron grandes éxitos con la propagación clonal *in vitro*, la obtención de plantas libres de patógenos, productos secundarios, criopreservación de cultivos de tejidos vegetales, establecimiento de bancos de genes *in vitro*, mejoramiento genético asistido, obtención de organismos transgénicos, ingeniería genética entre otros.

2.2.1.1. Micropropagación

Sánchez (1996), indica que la micropropagación es una técnica en la cual las plántulas libres de virus son multiplicadas masivamente en un tiempo reducido, a

partir de yemas axilares y estas a su vez son cultivadas en medios de cultivo artificiales.

Villalobos *et al.* (1991), menciona que en la actualidad, la micropropagación se practica con éxito en especies hortícolas, ornamentales y más recientemente leñosas. En algunas especies esta metodología ha mostrado importantes ventajas en comparación con sistemas convencionales de propagación. Entre las ventajas más importantes se tiene:

- ❖ Incremento acelerado del número de plantas derivadas por genotipo.
- ❖ Reducción del tiempo de multiplicación.
- ❖ Posibilidad de multiplicar grandes cantidades de plantas en una superficie reducida, a bajos costos y en tiempos económicamente costeados.
- ❖ Mayor control sobre la sanidad del material que se propaga.
- ❖ Facilidad para transportar el material *in vitro* de un país a otro, con menos restricciones aduaneras.
- ❖ Posibilidad de multiplicar rápidamente una variedad de la cual no existan muchos individuos.

2.2.2. Factores que influyen en el cultivo de tejidos vegetales

2.2.2.1. Medio de cultivo

Para Toledo (2000), las plantas que son mantenidas bajo condiciones *in vitro* requieren de elementos minerales, agua y fuentes de carbono para su óptimo crecimiento. Si bien las condiciones ambientales monitoreadas les proporcionan un ambiente adecuado de crecimiento, los componentes del medio de cultivo son importantes para su proliferación. Los medios de cultivo han sido estudiados por muchos años, y aunque se pueden encontrar especies en estudio, pues cada planta puede diferir en requerimientos nutricionales sobre todo de estimulantes de crecimiento u hormonas vegetales.

2.2.2.2. Sales inorgánicas

Toledo (2000), indica que para el crecimiento de plantas saludables y vigorosas se necesita incluir en los medios de cultivo los macronutrientes, o sales que van incluidos en grandes cantidades, estos son: nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg) y azufre (S). Y los micronutrientes, o sales incluidos en pequeñas cantidades: hierro (Fe), sodio (Na), cloro (Cl), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), cobre (Cu), molibdeno (Mo) y níquel (Ni). El calcio, potasio y magnesio son absorbidos en forma de cationes (Ca^{2+} , K^{2+} , Mg^{2+}), mientras que el nitrógeno es absorbido en forma de amonio (NH_4^+) o nitratos (NO_3^-), el fósforo en forma de fosfato (HPO_4^{2-} o H_2PO_4^-), y el azufre en forma de ion sulfato (SO_4^{2-}).

El nitrógeno es adicionado al medio como ion de nitrato de amonio o combinaciones de estos iones. El sulfato de magnesio satisface como los requerimientos de Mg y S. El fósforo puede presentarse tanto como NaH_2PO_4 o KH_2PO_4 . El potasio, catión encontrado en grandes cantidades, se lo utiliza como KCl, KNO_3 o KH_2PO_4 . Tanto $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, o formas anhidras de estas sales, pueden ser adicionadas para los requerimientos de calcio (Dodds, 1988).

2.2.2.3. Fuente de carbono

Para Toledo (2000), las plantas también necesitan de fuentes de carbono para su normal fotosíntesis, y esto es cubierto por el CO_2 ambiental. Bajo condiciones *in vitro* es reemplazada la absorción gaseosa por la absorción de carbono a través del azúcar contenido en el medio de cultivo; la planta metaboliza el azúcar y obtiene su fuente de carbono para los procesos energéticos.

La sacarosa fue encontrada como la mejor fuente de carbono seguida por la glucosa, maltosa y rafinosa; la fructosa y la galactosa fueron encontradas menos efectivas. En subsecuentes investigaciones, la sacarosa ha demostrado ser invariablemente el mejor carbohidrato; sin embargo la glucosa es generalmente un buen soporte para el desarrollo (George *et al.*, 1934).

Krikorian (1991), indica que el azúcar blanco refinado es lo suficientemente puro para ser utilizado en el medio.

La sacarosa se emplea en una concentración de 2 - 3 %; sin embargo, en ciertas especies se emplean concentraciones muy elevadas (5 - 12%). Ocasionalmente se emplea la glucosa en cultivo de monocotiledóneas, así como la fructosa y el almidón para otras especies (Merino, 1988).

2.2.2.4. Reguladores de crecimiento

Según Toledo (2000), las yemas al ser introducidas a condiciones *in vitro* son extraídas de la planta y en el medio de cultivo pierde su habilidad de crecer si no se incluye al medio las hormonas vegetales (o reguladores de crecimiento). Los requerimientos de hormonas varía de especie a especie, existen plantas donde solo requieren de bajas concentraciones de ácido giberélico (rompe la dormancia de la yema e induce al crecimiento), pero hay otro tipo de plantas que requiere de combinaciones de hormonas para crecer.

Según Merino (1988), las sustancias hormonales son las auxinas y las citoquininas principalmente, pudiendo utilizarse las giberelinas también con bastante frecuencia. Las concentraciones varían de especie a especie, pero generalmente las auxinas se usan en una concentración de 0,1 a 10,0 mg/l. Las citoquininas de 0,03 a 30,0 mg/l. La adición de las giberelinas (AG3) al medio de cultivo no es crítica. No siendo este el caso de la papa, ya que el AG3 favorece en la elongación de brotes axilares (Jiménez, 1992).

2.2.2.4.1. Auxinas

El nombre auxina en griego, significa crecer y es dado a este grupo de compuestos por su estimulación a la elongación. Aunque la auxina se encuentra en toda la planta esta se encuentra en mas altas concentraciones en las regiones meristemáticas (Toledo, 2000). Entre estas se encuentran Ácido 3-indolacético (AIA), Ácido naftilacetico (ANA), Ácido 3-indolbutírico (AIB), 2,4 doclorofenoxiacético (2,4-D), y

como antiauxinas Acido 2,3,5-tri-indobenzoico (TIBA), Ácido triclorofenoxiacético (2,4,6-T), etc. (BIOTOL, 1993)

Tienen la capacidad de producir agrandamiento y alargamiento celular (George et al., 1984), inducción de capacidad rizogena de abscisión foliar (Dörffling, 1984 citado por Duran, 2000), promueve la división celular en el cultivo de tejidos, prolongación de los tallos, dominancia apical y formación de raíces adventicias (George et al., 1984).

Krikorian (1991) indica que existen varias auxinas “naturales”, no es posible establecer una concentración particular de la auxina que se debe utilizar en un solo caso, AIA (Ácido Indol Acético) se utiliza de 0,001 a 10 mg/l, con un punto óptimo de 0,1 a 1 mg/l. ANA (Ácido Naftalenacético) se utiliza de 1 a 10 mg/l con un punto optimo de 10 mg/l. El 2,4-D se utiliza en concentraciones que varían de 0,1 a 10 mg/l, con un punto óptimo que generalmente se encuentra alrededor de 1 a 5 mg/l, se utiliza para la inducción de tejidos diferenciados (callos).

2.2.2.4.2. Citoquininas

Toledo (2000), menciona que producen la división celular en tejidos no meristemáticos, formación y crecimiento de callos, estimula el desarrollo de yemas axilares. Las más usadas son la kinetina (KIN), la bencil aminopurina (BAP), benciladenina (BA) zeatina (ZEA), isopentiniil adenina (2-ip) y thidiazuron(TDZ)

Existen citoquininas de origen “natural” así como los análogos sintéticos, la kinetina y la benciladenina son conocidos ahora como compuestos sintéticos, mientras que la zeatina es de origen natural (Dodds et al., 1988). La primera en ser descubierta fue Kinetina aislada siguiendo experimentos para promover la continuidad del crecimiento de callos de tabaco (George et al., 1984).

Según Dodds *et al.* (1988) citado por Duran (2000), la kinetina se usa generalmente en la inducción de callos, efecto primario de esta es estimular la síntesis de ácidos nucleicos y de proteínas, la benzilaminopurina estimula la tuberización. Las concentraciones recomendadas son de 0,01 a 10 mg/l.

Altas concentraciones de auxinas con bajas concentraciones de citoquininas estimula la formación del sistema radicular; altas concentraciones de citoquinina con bajas concentraciones de auxinas induce la proliferación de tallos (Dörffling, 1984 citado por Duran, 2000). Debido a que tienen un efecto inhibitor sobre la rizogénesis, las citoquininas se evitan o se emplean en dosis muy débiles en medios de enraizamiento (Margara, 1988).

2.2.2.4.3. Giberelinas

El ácido giberélico (AG) aislado a partir del hongo *Giberella fujikuroi* cuya infección es capaz de determinar elongamiento de la planta (Alpi *et al*, 1980), regula formación de tubérculos infectada su adición a medios de cultivo, ha sido ocasional a pesar de efectos fisiológicos amplios.

Hay varias giberelinas complejos del metabolismo del hongo o de plantas superiores, estas últimas son producidas en el embrión de las semillas en vías de desarrollo, en los ápices del fuste, raíces en órganos reproductores y hojas jóvenes (Alpi *et al*, 1980), que son capaces de intervenir en crecimiento de plantas, ocasionando alargamiento celular. Particularmente cuando se aplica AG a plantas enanas, en este caso las giberelinas difieren de auxinas (Krikorian, 1991). En algunas especies, se emplean giberelinas en los medios de cultivo de ápices o meristemas para obtener plantas libres de virus (Merino, 1998). 0,01 a 1 mg/l con óptimo de 1 mg/l.

2.2.2.5. Otros compuestos orgánicos

Vitaminas son compuestos orgánicos, que en bajas concentraciones desempeñan funciones reguladoras catalíticas en el metabolismo celular. Las vitaminas comunes utilizadas en el cultivo *in vitro* son la tiamina, mioinositol, ácido ascórbico, ácido nicotínico y ácido pantoténico. Los dos primeros son esenciales (Gamborg, 1991).

Krikorian (1991) indica que, las plantas verdes se consideran autótrofas para las vitaminas, pero puede ser necesario añadir al medio algunas de ellas. El pantoténato

de calcio, la tiamina, HCl, la riboflavina y el triptófano son afectados por el calor, aunque su degradación se considera leve.

La tiamina (0,1 – 1,0 mg/l) tiene un efecto claro en el metabolismo de carbohidratos, tiene bastante influencia en la organogénesis del cultivo de algunas plantas (BIOTOL, 1993), también han señalado efectos claros para el ácido nicotínico, la piridoxina estimulan el crecimiento de los cultivos (Dodds et al., 1988 citado por Duran, 2000), y la riboflavina puede inhibir el enraizamiento. El más usado es el meso-inositol (mioinositol), se emplea de 100–200 mg/l, su efecto se evidencia sobre la proliferación de tejidos y sobre la activación de los órganos génesis (Pierik, 1990 citado por Duran, 2000).

El ácido ascórbico (100 mg/l) y el ácido cítrico (150 mg/l) se utiliza en ocasiones no como vitaminas sino como antioxidantes para evitar el oscurecimiento de determinados tejidos (Villem, 1974 citado por Duran, 2000).

Aminoácidos, tienen importancia en la aplicación en las respuestas morfogénicas proporcionando mayor crecimiento celular y facilitando la diferenciación en la regeneración, si bien los aminoácidos han demostrado tener efectos beneficiosos, se los debe de añadir al medio de cultivo con precaución, pues determinadas concentraciones actúan como inhibidores (Pérez *et al.*, 1992).

Las bases nitrogenadas promueven el crecimiento de cultivo de callos, usándose en una concentración de 100 mg/l. La adenina o el sulfato de adenina, frecuentemente favorecen en la formación de tallo *in vitro* (Merino, 1988 citado por Duran, 2000). Generalmente se ha reconocido que la levadura, la malta y los extractos selectos de tejidos, al igual que el endospermo líquido, pueden suministrar purinas y pirimidinas (Krikorian, 1991 citado por Duran, 2000).

Según Sotomayor (2000), el Carbón activo, elimina cualquier impureza del medio de cultivo también previene la oxidación fenólica del medio. El carbón activado no es regulador de crecimiento, pero posee la habilidad de modificar la composición de dicho medio de cultivo.

Bonga (1982), el tipo de Carbón activo utilizado es importante, las características de absorción dependen de procesos de fabricación. El carbón de madera es considerablemente superior en contenido de carbón en comparación con el carbón de hueso y este puede producir un efecto adverso en el cultivo de tejidos vegetales

George *et al.* (1984) mencionado por Sotomayor (2000), el carbono activo de madera carbonizada ha sido sometido por varias horas en vapor o aire, tienen la propiedad de adsorber gases y sólidos disueltos, Cuando se usa en el cultivo de tejidos, remueve del medio sustancias inhibitoras del crecimiento, también otras sustancias promotoras del crecimiento, puede remover contaminantes del agar, productos secundarios secretados por el cultivo, o posiblemente regula el suministro de ciertos reguladores de crecimiento endógeno.

Ventajas según Sotomayor (2000) son:

- ❖ Adsorción de compuestos inhibidores de crecimiento, secretados por el cultivo o presentes en el agar. Adsorción de pigmentos tóxicos marrones y negros y de otros compuestos tóxicos incoloros.
- ❖ Promueve la morfogénesis, particularmente la embriogénesis
- ❖ Promueve la formación de raíces. El medio se oscurece y como resultado de ello, la formación de raíces y el crecimiento, puede ser modificados.
- ❖ El Carbón activo estabiliza el pH
- ❖ Previene el crecimiento de callos (Pierik, 1990).

Desventajas

- ❖ Es posible que el Carbón activo elimine sustancias que promueven el crecimiento, pero está aún por demostrar (Pierik, 1990).
- ❖ El Carbón activo forma una suspensión negra, la cual puede dificultar la exanimación del cultivo y encubrir contaminaciones (BIOTOL, 1993).

2.2.2.6. Agente gelificante

Para Toledo (2000), los medios de cultivo para la propagación de plantas, en su mayoría son utilizados en estado semisólido, para asegurar el ex-plante al medio y facilitar su crecimiento, lo cual se logra con el empleo de distintos agentes gelificantes como el Agar, el gelrite, phytigel y carragenina. El agar-agar, es el más conocido es utilizado al 8%, sin embargo, esto puede variar dependiendo del tipo de agar utilizado; phytigel, es un gelificante artificial, muy popular en los laboratorios porque es utilizado al 3%, resultando más económico que el agar; agargel y gelrite, son gelificantes utilizados al 3% producen un gel mas translucido y no produce vitrificación, lo que puede producirse en algunos cultivos que crecen el phytigel.

El gelrite incrementa la producción en un 90% comparada con las mejores marcas de agar. La calidad y la producción de los cultivos regenerados con gelrite, son tan buenos o mejores que los controlados con agar base (Herman, 1991).

Productos como el gelrite y phytigel, son más costosos por unidad de peso que el agar, pero pueden utilizarse concentraciones menores (0,2% p/v), comparadas con el agar (BIOTOL, 1993).

2.2.3. Características de las plantas *in vitro*

George (1984) y Quesada (1992) citado por Sánchez (1996), señalan que las plantas *in vitro* tienen diferentes características anatómicas y fisiológica, lo que influye en su supervivencia. Cabe remarcar que la estructura cuticular de las plantas *in vitro* presentan mayor proporción de esteroides, complejos polares y menos cantidad de carbohidratos que las plantas *ex vitro*. Estas últimas son más impermeables al agua y pierden menos humedad. También difieren en la estructura y funcionamiento de los estomas. Las plantas *in vitro* muestran una capacidad de cerrar sus estomas y como consecuencia pierden mucha humedad, no siendo así en las plantas *ex vitro*.

Herman (1991) citado por Trigo (1994), menciona que las raíces de las plántulas *in vitro* contienen mayor tejido cortical, menor tejido vascular y pocas raicillas bien

desarrolladas y durante la rizogénesis forman mas raíces primaria que secundarias en comparación a las plantas *ex vitro*.

Debereg (1991) y Quesada (1992) citado por Sánchez (1996), reportan que las hojas de plántulas *in vitro* son más pequeñas, más delgadas y se caracterizan por presentar un parénquima de empalizada pobremente desarrollado con una cantidad de espacios aéreos en el mesófilo y un escaso desarrollo cuticular que las plantas *ex vitro*.

2.2.3.1. Ex-plante

Dixon (1987) citado por Sánchez (1996), sostiene que el termino ex-plante se utiliza para describir la parte inicial de una planta introducida *in vitro*. Los tejidos de crecimiento rápido tales como meristemas, yemas axilares y apicales son aptos para la elección de ex-plantas, y se eligen según el propósito.

2.2.3.2. Tasa de crecimiento

López (1988) citado por Sánchez (1996), menciona que la tasa de multiplicación de las plantas es afectada por factores como la temperatura de incubación, la composición de los medios y la variedad. No siendo estas condiciones óptimas, las plantas han demostrado sufrir de un estrés osmótico y a consecuencia reducción de la tasa de multiplicación produciendo entre nudos cortos.

Salaués (1998), indica que la tasa o factor de multiplicación es el número de yemas que una planta puede producir en un determinado tiempo.

Aguirre *et al.* (1994), señalan que para determinar la tasa de multiplicación en papa, utilizaron la siguiente fórmula.

$$\text{Tasa de multiplicación} = \frac{\text{Número de yemas finales}}{\text{Número de yemas iniciales}}$$

2.2.4. Condiciones ambientales para el cultivo in vitro

2.2.4.1. Luz, temperatura y humedad

Agramonte *et al.* (1992), consideran a la luz como un factor imprescindible para el desarrollo del cultivo de la papa, mientras que en otros cultivo no fotoperiódicos juega un papel menor. La recomendación que dan para la micropropagación dependiendo del objetivo y de la especie es de 1.000 – 10.000 Lux, también explican que la duración está relacionado con las especies. Las especies de días largos requieren un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 horas oscuridad y las especies de días cortos 8 horas luz y 16 horas de oscuridad, a una temperatura entre 18 a 22 °C y la humedad relativa de 60 a 70%.

2.2.4.2. pH

Bu'lock *et al.* (1991), indica que el pH ejerce una importante influencia sobre el cultivo de tejidos. El medio nutritivo se ajusta inicialmente a un pH en el rango de 5,2-6,5, por que en las etapas posteriores del crecimiento el pH generalmente se estabiliza entre 6,5 y 7,2.

Por otro lado Preil *et al.* (1991), nombran a Diessel quien recurrió a un sistema computacional MFCS (Multi-Fermeter-Computer-System) y demostró un incremento del pH de 0,1 unidades diariamente en una suspensión no embriogénica de *Poinsettia*. El pH fue influenciado por variaciones de la concentración de oxígeno y presión de dióxido de carbono.

2.3. Plantación en invernadero

El invernadero es un ambiente que cumple con las condiciones requeridas por las plántulas provenientes del laboratorio.

Zandvoort *et al.* (1991), mencionan que es frecuente limpiar el agente gelificante de los ex-plantas antes de ser transferidos al suelo a condiciones *ex-vitro* para el enraizamiento.

Boutherin, *et al* (1994), manifiestan que la plantación en invernadero se realiza en una superficie reducida que permite mantener condiciones climáticas ideales y una vigilancia en el mantenimiento de las plántulas jóvenes.

El paso de las plantas desde las condiciones de cultivo *in vitro* (heterótrofas o mixotróficas), a las ambientales (autótrofas), es el periodo más crítico de la micropropagación y donde ocurre el mayor porcentaje de pérdidas, es por esto que un manejo, que garantice la adaptación de las jóvenes plantas es importante (Agramonte *et al.*, 1998). Las plántulas de papa que han alcanzado una altura de 3 a 5 cm y tienen un buen desarrollo radicular, pueden ser transplantadas a macetas o almácigos que tengan una mezcla adecuada de musgo, arena y tierra (López, 1988 mencionado por Sotomayor, 2000).

Brotes adultos *in vitro* con o sin raíces no están adaptados fisiológicamente a la vida en el suelo, deben habituarse gradualmente para aceptar las nuevas condiciones (Sotomayor, 2000). Aunque la multiplicación via cultivo *in vitro* es una técnica relativamente baja en costos, el enraizamiento y endurecimiento son pasos laboriosos y costosos. Estos pasos pueden ser obviados, por el enraizamiento directo de brotes propagados *in vitro* en suelo o por transferencia directa de plantas propagadas en el campo (Herman, 1991). Se ha demostrado que las características de las hojas son fundamentales para una buena adaptación de las *in vitro* plantas y para crear condiciones adecuadas en las fases de endurecimiento (Perez, 1998).

2.3.1. Cambios en la morfología y fisiología de las plantas

Según Deng *et al.* (1993), las plántulas *in vitro* poseen tallos más delgados, menor cantidad de ceras cuticulares y epicuticulares, reducción de los tejidos mecánicos de soporte, incremento del contenido de agua en las células, escasa capacidad fotosintética, estomas con baja funcionalidad y crecimiento heterótrofo o mixótrofo.

2.3.1.1. Función estomática

Sotomayor (2000), menciona que al remover plántulas micropropagadas *in vitro* y transferirse a condiciones de invernadero, estas tienden a deshidratarse. La pérdida de agua de las plántulas es tal, que ha sido atribuida a la escasa función estomática y al anormal desarrollo de la cutícula bajo condiciones de humedad alta del cultivo de tejidos.

El pobre funcionamiento de los estomas se atribuye al desarrollo anormal de las microfibrillas de celulosa de la capa celular, como también a la pobre selectividad en la acumulación de Na, K y Mg en la capa celular, durante el cultivo *in vitro* (Debergh, 1991 mencionado por Sotomayor, 2000).

En condiciones de invernadero, estomas de hojas se cerraron casi instantáneamente al ser expuesta a una humedad relativa baja, en cambio el 75 % de estomas de hojas crecidas en condiciones *in vitro*, se cerraron a los 15 minutos (Herman, 1991).

2.3.1.2. Cera epicuticular

BIOTOL (1993), menciona que debido a la alta humedad relativa que se da *in vitro*, la capa de cera epicuticular es delgada y los espacios intercelulares de las hojas son largos.

Para Pierik (1990), cuando se transfiere la planta al suelo, se produce una transpiración cuticular extra, ya que la humedad del aire de las condiciones *ex-vitro* es menor.

Las restricciones de estomas y cutícula en la pérdida de agua, parece ser importante en la determinación de balance de agua, pero esto en condiciones de cultivo *in vitro* no necesariamente resulta de propiedades anormales cuticulares (Debergh, 1991 mencionado por Sotomayor, 2000).

2.3.1.3. Fotosíntesis en micropropagación

Bajo condiciones estándar la micropropagación de plantas no es fotoautotrófica sino mixotrófica o heterotrófica, por consiguiente los factores que afectan la fotosíntesis pueden jugar un rol importante en su aclimatización y supervivencia (Debergh, 1991 mencionado por Sotomayor, 2000).

Según Sotomayor (2000), las hojas de las plantas *in vitro*, son frecuentemente finas y blandas, fotosintéticamente poco activas. Tienen las células empalizadas (las que utilizan la luz) más pequeñas y en menor cantidad.

BIOTOL (1993), menciona que en condiciones naturales la fotosíntesis necesita la luz y relativamente de altas concentraciones de CO₂, el cual es reducido en los recipientes *in vitro* por lo que es necesario adicionar carbohidratos (sacarosa) al medio de cultivo.

Wittwer (1990), indica que la fotosíntesis es el proceso bioquímico más importante en la tierra, si se mejora la eficiencia bioquímica mejorará también nuestro suministro de alimentos, por lo tanto se ha comunicado en conferencias y publicaciones que estudios sobre la fotosíntesis continua siendo uno de los puntos más importantes en relación con el aumento de producción agrícola.

Asimismo indica que, se ha reconocido como la principal fuente de energía para el crecimiento de las plantas, rendimiento y fijación biológica del nitrógeno, sin embargo las investigaciones de superar la eficiencia fotosintética no han sido aun exitosas debido a que la relación entre la fotosíntesis y el rendimiento del cultivo es muy compleja. No obstante se puede aprovechar mejor la conversión de la energía solar, mediante la agricultura y la forestería.

2.3.1.4. Tallos y raíces

Para Smith (1991), la forma de las raíces *in vitro* contiene un exceso de tejido cortical, poco tejido vascular y escaso desarrollo de pelos radiculares, de igual

manera poseen baja resistencia a la tracción. La conducción de agua entre vástagos y raíces puede verse reducida por una pobre conexión vascular.

2.3.2. Ecofisiología del cultivo de la papa

Huaman *et al.* (1987), señalan que el crecimiento de las plantas y su productividad es resultado de la interacción de dos principales determinantes, como la herencia de la planta y el medio ambiente. La dotación genética se mantiene relativamente constante en comparación del medio ambiente. En consecuencia los cambios morfológicos y fisiológicos ocurren en respuesta a los cambios del medio ambiente y en la planta se expresan de diferentes formas y magnitudes tanto fenotípica como genotípicamente.

Lara (1999), citando a Martínez (1987) indica que este cultivo exhibe un amplio rango de respuestas varietales a cambios del medio ambiente. El crecimiento de las plantas y su productividad, es resultado de la interacción genotipo- medio ambiente.

Ezeta (1968), menciona que los factores ambientales de cuya interacción depende la Ecofisiología de adaptación de un determinado cultivo son: Temperatura, fotoperiodo, anhídrido carbónico y ventilación; humedad y luminosidad.

2.3.2.1. Intensidad de luz

Midmore (1989), señala que el desarrollo de la papa si bien es dependiente de la cantidad de energía luminosa disponible, puede estar limitado por una excesiva energía luminosa.

Según Beukema *et al.* (1990), la necesidad de energía para el proceso de fotosíntesis se recibe directa e indirectamente de la luz solar. Aproximadamente la mitad del espectro de la radiación solar (400 -700 nm) es la longitud apropiada, para la realización de fotosíntesis, sin embargo una pequeña fracción de esta radiación es empleada. La intensidad de luz depende: del ángulo de incidencia de los rayos solares sobre el follaje de la planta que depende de la hora del día, de la latitud y de la distribución del ángulo de las hojas en el follaje.

2.3.2.2. Fotoperiodo

La influencia del fotoperiodismo en la papa es marcada en el crecimiento vegetativo, el crecimiento de los estolones, la floración y la tuberización. Todas las especies y variedades de papas crece más en días más largos y disminuye su crecimiento cuando los días se acortan (Montaldo, 1984).

2.3.2.3. Temperatura

Huaman *et al.* (1987), indican que la temperatura, tiene un efecto morfogenético importante sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, también afecta a la tasa fotosintética de aquellas.

Hartmann *et al.* (1976) menciona que todos los procesos fisiológicos de las plantas, tales como la absorción de los minerales por raíces, el crecimiento y expansión de tejidos vegetales, movimiento de los minerales y agua en las raíces, tallos y hojas, depende de la temperatura, que afecta directamente la velocidad con que las plantas crecen, pero su sobrevivencia no depende necesariamente de ella.

Al respecto Beukema *et al.* (1990), señalan que las temperaturas entre 20 y 25 °C son óptimas para el desarrollo del cultivo de la papa, sin embargo dependen de la intensidad de luz. Mayores intensidades de luz requieren mayores temperaturas.

A si mismo Ezeta (1968) citado por Lara (1999), mencionan que a medida que se incrementa la temperatura, la fotosíntesis (asimilación neta) disminuye y la respiración aumenta.

Lara (1999), citando a Martínez (1987), reporta que la temperatura óptima para la fotosíntesis en papa tiene un alto rango (entre 16 a 25 °C), sin embargo la producción de materia seca es más rápida en temperaturas alrededor de 20 °C, temperatura a la cual la tasa de fotosíntesis neta es alta, porque la tasa respiratoria aun se mantiene baja.

Según Martínez (1987), citado por Lara (1999), la temperatura es un factor condicionante en el manejo de invernaderos, pero no el único. La temperatura puede afectar a la morfogénica de la planta además de la tasa fotosintética, las temperaturas elevadas pueden resultar negativas, y las plantas pueden sufrir deficiencia, si no se proporciona suficiente agua.

2.3.2.4. Humedad y disponibilidad de agua

Huaman *et al.* (1987), indica que las plantas de papa como otras plantas mesófitas, disminuyen su crecimiento a medida que aumenta el estrés hídrico. El déficit hídrico en la planta tiene como consecuencia cierre de estomas, disminución del potencial de agua de hoja y disminución en la tasa fotosintética. Por consiguiente un adecuado suministro de agua en cantidad y momento oportuno es fundamental para alcanzar altos rendimientos en el cultivo de papa.

Por otro lado señala Beukeman (1990), que una alta humedad relativa estimula la formación de raíces y brotes, y acompañado de temperaturas altas induce el crecimiento y desarrollo de los vástagos.

2.3.3. Aspectos fisiológicos del cultivo

2.3.3.1. Tuberización

Birrer (1986), señala que los tubérculos son partes vivas de las plantas adaptadas para el almacenaje y la producción. Como tales respiran, se deshidratan y brotan en relación a las condiciones del medio ambiente (Humedad, temperatura, iluminación, etc.). El tubérculo es un órgano de almacenamiento de materiales de reserva y por su contenido de agua y de nutrientes es el más apropiado para la propagación vegetativa de la planta, de tal manera que permita mantener casi inalterable su constitución genética.

Huaman *et al.* (1987), indica que a diferencia de otros cultivos alimenticios, la parte económica más importante en la papa, es el tejido somático; el tubérculo es un tallo modificado, que ha sido diferenciado para constituir en un órgano de reserva de

almidón y proteínas. Además señala que existen diferentes teorías sobre el mecanismo de la tuberización. Una de ellas es que la tuberización es resultado de la acumulación de fotosíntesis y nutrientes en el ápice del estolón y la otra teoría propone la participación de las hormonas giberelina y citoquinina asociada con el fotoperiodo.

Evans (1975) citado por Murillo (1993), reporta que existen dos tipos de reacciones que favorecen a la tuberización: una de índole hormonal y asociada con el fotoperiodo: la otra de naturaleza nutritiva.

2.3.3.2. Desarrollo de tubérculos

Huaman *et al.* (1987), explican que una vez iniciada la tuberización, en la parte aérea decrece la producción de ramas axilares y se incrementa la forma gradual la senescencia de las hojas. Observándose una migración de N, P, K desde la parte aérea a los tubérculos.

Beuquema *et al.* (1990), señala que una semana después de la emergencia se afirman los estolones y se inicia el periodo de formación de tubérculos. En condiciones favorables este periodo está entre la segunda y tercera semana. Dependiendo mucho de los factores como variedad, duración del día y temperatura.

2.3.3.3. Estolones

Huaman *et al.* (1987), señalan que los estolones se diferencian en las primeras etapas del crecimiento del brote y se extienden rápidamente a medida que crece la planta. Su crecimiento es complejo por que crecen a diferentes ritmos.

2.3.3.4. Senescencia

Beukema *et al.* (1990), menciona que la fotosíntesis disminuye considerablemente al envejecer las hojas, debido a que las hojas jóvenes respiran más rápido que las hojas viejas y son las primeras en expandirse por completo. Demostró en un ensayo que en el periodo entre 25 y 75 días la capacidad fotosintética declina hasta un tercio

de su valor inicial, también observo que las temperaturas altas durante el periodo de crecimiento y una deficiencia de nutrientes acelera la edad de las hojas.

2.3.4. Practicas agronómicas del cultivo en la jaula antiáfidos

2.3.4.1. Aporque

Cuando las plantas tienen entre 15 y 20 cm. La finalidad de esta operación es facilitar el desarrollo y reagrupamiento de los tubérculos y evitar su verdeamiento (www.hort@mail.unlu.edu.ar).

Esta labor se realiza a medida que las plantas lo requieren. Su función primordial es darle mayor anclaje a la planta, proteger a los tubérculos de la radiación solar y evitar el ataque de patógenos (www.ceniap.gov.ve/pbd/fd48).

Salaues *et al.* (1998), Indica que los aporques se realizan a medida que las plantas se desarrollan pudiendo efectuarse dos o tres hasta el llenado de la cama; sin embargo, por razones económicas se vio la posibilidad de simplificar los procesos y reducir los volúmenes de sustrato previo estudio de su efecto sobre el rendimiento, la reducción del número de aporques incremento el número de tubérculos por metro cuadrado estableciendo que es necesario solo un aporque.

2.3.4.2. Control fitosanitario

Para Salaues *et al.* (1998), se realizan dos tipos de control: virosis: patógenos del follaje y suelo. Para tener la certeza de ausencia de virus se realiza controles cada tres semanas en invernadero por medio del test de ELISA (Enzyme Linked Immuno sorbedt Assay) para los siguientes virus: PVX, PVY, PLRV, PVS, APMV y APLV. Se aplica Monceren al transplante y en el aporque para asegurar el control de *Spongospora*, *Sinchytrium* y *Rhizoctonia* en las camas del cultivo.

Se emplean fungicidas preventivos para las tres enfermedades más frecuentes en la época lluviosa: *Alternaria*, *Erishiphe*, y *Phytophthora* además en caso de ser necesario se aplican insecticidas.

2.3.4.3. Riego

En los primeros días del trasplante se mantiene la humedad de las camas con un fino rocío de agua que se aplica hasta tres veces diarias (Salaues *et al*, 1998).

Deben realizarse riegos frecuentes al inicio de la germinación, verificando que se logre alcanzar una adecuada profundidad de mojado. El mejor indicativo de necesidad de riego es la planta (www.ceniap.gov.ve/pbd/fd48).

2.3.4.4. Fertilización

Barreira (1978), indica que una buena fertilización de suelos está compuesta por un conjunto de propiedades químicas, físicas y biológicas influidas por factores del ambiente.

Horton (1987), señala que el nitrógeno estimula el crecimiento del follaje, pero retrasa la formación de tubérculos. De ahí que un cultivo con un buen nivel de nitrógeno madura más tarde, pero con más rendimiento que un cultivo con menos cantidad. Mientras que una aplicación de fósforo contribuye a un buen desarrollo del cultivo y una tuberización temprana. A la vez señala que un incremento de potasio tiene menor efecto sobre el rendimiento que una adición de nitrógeno o fósforo.

Villagarcía (1987), menciona que las variaciones de la cantidad extraída de nutrientes minerales por la papa dependen de la riqueza natural del sustrato, de la fertilización practicada y de la variedad.

2.3.4.5. Defoliación

Villarreal (1988), indica que la defoliación se debe realizar por la susceptibilidad de las plantas viejas a las enfermedades y el momento oportuno es cuando la mayor parte de los tubérculos alcanzan un tamaño de 35 a 55 mm de diámetro.

UPS-SEPA (1994), indica que la defoliación consiste en la eliminación de la vegetación aérea, cuyo objetivo es de evitar un ataque tardío de enfermedades y obtención de una mayor proporción de tubérculos tamaño semilla.

2.4. Ambientes atemperados

Hartman (1990) citado por Lara (1999), afirma que un ambiente atemperado, es un elemento colector de energía solar con una geometría, una utilización de materiales y ubicación definidos en función del máximo aprovechamiento de la intensidad de la radiación solar y una alta producción. Brinda la oportunidad de aprovechar las condiciones climáticas adecuadas, conteniendo el dióxido de carbono, porcentajes de humedad relativa e intensidad luminosa y rango de temperaturas adecuadas para una producción sostenida y eficiente.

La Casa de Malla, es una instalación aislada, para evitar la entrada y el desarrollo de insectos transmisores de virus y de otros insectos plaga del cultivo

SEMTA (1989) define una cama orgánica protegida como una superficie de terreno que responde a un sistema de cultivo atemperado y a los conceptos orgánicos que dirigen su producción. Su principal función es la de contrarrestar las bajas temperaturas producidas por las heladas.

2.5. Métodos de siembra y densidad

Las diferencias expuestas por las plantas se explican teniendo en cuenta que los principios que regulan la respuesta vegetal frente a la densidad de población como un factor cambiante, determinan la utilización y aprovechamiento de recursos, debido a que aumentando o disminuyendo la densidad de plantas se afecta la competencia vegetal por recursos disponibles (Rodríguez *et al.*, 2000).

Una evaluación realizada por Allen (1978) en varios experimentos, determinó que al sembrar tubérculos de mayor tamaño se incrementa la densidad de plantas y se obtienen plantas con tallos principales y secundarios más largos con menor número de ramificaciones. Cualquier cambio en la densidad de población afecta la habilidad

del cultivo para interceptar y utilizar radiación fotosintéticamente activa (RFA). En cultivos con altas densidades es posible restringir la captación de radiación fotosintéticamente activa (RFA), al reducir el espacio entre plantas por sombreado entre plantas.

2.5.1. Competencia y densidades de individuos

De una manera general se dice que dos especies compiten cuando utilizan un mismo recurso, de manera que cualquier ventaja adicional y persistente que consiga una de las especies en la utilización del recurso (Mayor eficiencia, mayor capacidad para ocupar espacio, etc.), decide en un determinado tiempo, la eliminación de la otra (Margalef, 1977).

La competencia es más intensa dentro una misma especie (Curtis *et al.*, 1987). Es una interacción entre individuos, provocada por la necesidad común de un recurso limitado, y conducente a la reducción de la supervivencia, el crecimiento y/o la reproducción de los individuos competidores (Begon *et al.*, 1987).

Los organismos crecen, se reproducen, mueren, y emigran; se ven afectados por las condiciones en que viven y por los recursos que obtienen, pero ningún organismo vive aislado. Todos ellos por lo menos durante una parte de su vida, son miembros de una población compuesta por individuos de una misma especie, quienes tienen necesidades muy similares para sobrevivir; pero la necesidad combinada de todos ellos por un recurso, puede exceder la oferta del mismo. Los individuos compiten entonces por dicho recurso y por lo menos algunos de ellos quedan privados de él (Begon *et al.*, 1987).

En la competencia que realizan individuos de la misma especie se pueden notar cuatro rasgos importantes (Begon *et al.*, 1987):

El primero indica que el efecto último de la competencia es una menor contribución a la generación siguiente, en comparación con lo que habría sido dicha contribución si no hubieran existido competidores. La competencia entre individuos de la misma

especie (intraespecífica), conduce a una disminución de las tasas de ingestión de los recursos por individuo, quizás a una disminución de las tasas de crecimiento o desarrollo individual, o a una reducción de las reservas almacenadas. Esto puede conducir a su vez a una reducción de la supervivencia y/o de la fecundidad.

El segundo rasgo, es que el recurso por el que compiten los individuos debe hallarse en cantidad limitada. La luz, el alimento, el espacio o cualquier otro recurso solo son disputados por los competidores si se encuentran en cantidad limitada. Una planta herbácea competitiva se ve afectada adversamente por la presencia de plantas próximas, ya que la zona de la que extrae los recursos (luz, agua, nutrientes) ha quedado afectada por la "Zonas de privación de recurso" de las plantas vecinas.

El tercer rasgo de la competencia intraespecífica estriba en que los individuos competidores son en esencia equivalentes, pero no lo son en la práctica. El mismo hecho que hayan sido clasificados como de la misma especie implica que poseen muchas características fundamentales en común y que cabe esperar que utilicen recursos similares y reaccionen de modo muy parecido a las condiciones. Sin embargo, es importante no llevar demasiado lejos la idea de que los efectos entre los individuos competidores son recíprocos. Existen muchas ocasiones en las que la competencia intraespecífica es muy desequilibrada: una plántula precoz, robusta, probablemente hará sombra a otra plántula enana más tardía. Además, las diferencias hereditarias entre los individuos pueden asegurar con certeza que las interacciones competitivas no son recíprocas. Los genotipos altos de maíz, por ejemplo, habitualmente harán sombra y suprimirán a los genotipos bajos de la misma especie. Por consiguiente, no podemos decir que los individuos competidores de una misma especie son enteramente equivalentes. Lo que podemos decir es que los miembros de la misma especie tienen más probabilidades que los miembros de especies distintas de necesitar el mismo recurso y de reaccionar recíprocamente uno en la presencia del otro (Begon *et al.*, 1987).

Finalmente, el cuarto rasgo de la competencia intraespecífica es que su efecto probable sobre cualquier individuo es mayor cuando más elevado es el número de

competidores. Por ello se dice que los efectos de la competencia intraespecífica dependen de la densidad (Begon *et al.*, 1987).

La densidad poblacional de un cultivo, significa un efecto competitivo entre plantas por luz, agua, nutrientes y espacio físico sobre y debajo de la superficie del suelo (Holle, 1985: citado por Jurado, 1994).

El éxito o fracaso de una población depende de su capacidad para competir en el aspecto biológico, según Jurado (1994), y esta dado por:

- ❖ Competencia intraespecífica dada entre plantas de un mismo cultivo, y por una misma planta entre sus distintas partes. Cuando la población está por debajo del nivel de competencia, el rendimiento por unidad de superficie se incrementa en razón al aumento de número de plantas.
- ❖ Competencia interespecífica dada entre otras especies.

En el cultivo *in vitro*, la competencia debida a la densidad ha sido poco estudiada.

Los criterios para establecer la misma se toman a veces de la experiencia práctica teniendo en cuenta el comportamiento de especies afines o simplemente se establece una densidad sobre la base de que el ex - plante disponga de una determinada cantidad de medio de cultivo. En otros casos se considera el diámetro del recipiente y se maneja la misma densidad para todas las especies. Estos criterios empíricos, aunque a veces resulta, deben tomarse a partir de ensayos y experimentos debidamente evaluados donde deben tenerse en cuenta los siguientes factores: (Pérez, 1998).

- ❖ Tiempo que media entre cada cultivo.
- ❖ Habilidad de la especie para proliferar *in vitro*.
- ❖ Volumen interno, transparencia, capacidad de intercambio y forma del recipiente de cultivo.
- ❖ Estado físico, composición y cantidad del medio de cultivo en el recipiente.
- ❖ Dimensiones del ex plante inicial que se utiliza.

- ❖ Desarrollo foliar y habito de crecimiento de las plantas de cada especie in vitro.
- ❖ Densidad de luz disponible en las áreas de crecimiento.

La no valoración experimental de estos parámetros, puede acarrear múltiples problemas, una baja densidad ocasiona perdida de espacio y medio de cultivo, subutilización de recipientes, demanda mayor capacidad de mano de obra, entre otros, mientras que ocasiona un crecimiento limitado de propágulos e insuficiente proliferación, sub cultivos más frecuentes, poco desarrollo de los brotes para ser transferidos a la fase de enraizamiento, etc. Cuando la densidad es demasiado alta (Pérez, 1998).

2.5.2. Distancia y características de siembra

Según Montero (1990), la distancia de siembra en un cultivo de papa depende, entre otras cosas, de la variedad utilizada, del tamaño de la semilla y la finalidad del cultivo.

- ❖ **Según la variedad:** las variedades de las subespecies andígena e híbridos de la misma requieren mayores distancias de siembra. Como por ejemplo tenemos las variedades 'ICA-Purace', 'ICA-Guantina', 'OIACOL- Monserrate' y 'Atzimba', que necesitan de 90 cm a 100 cm en hileras o surcos y de 30 a 40 cm entre plantas.

Las variedades de la subespecie tuberosum como 'Granola', 'Anosta', 'Baraka', etc., requieren de 0,70 a 0,80 m entre surcos y de 20 a 30 cm entre tubérculo o planta.

- ❖ **Según el tamaño:** las semillas, antes de sembrar, se deben separar las pequeñas de las grandes. Las pequeñas se siembran a distancias menores entre plantas y las grandes, a distancias mayores en lotes de terreno separados. La distancia entre surco es la misma indicada para el caso de las variedades y dependerá de la distancia necesaria para realizar las labores de cultivo.

- ❖ **Según la finalidad del cultivo:** en la producción de semilla certificada se debe tomar en cuenta que se producirán tubérculos de menor tamaño y peso (30 - 80 g), a diferencia de la producción de papa que se destina al consumo. Por lo tanto, podemos asegurar un tamaño uniforme y mediano, sembrando los tubérculos-semilla a menor distancia que en el caso de producción de papa destinada al consumo. Para la producción de semilla certificada de variedades como 'Granola', se recomienda una distancia entre hilos o surcos de 0,70 a 0,80 m y de 25 a 30 cm entre plantas.

Devaux (1995), la distancia entre surcos, provee mas tierra para los camellones; previene el daño de los implementos a las plantas, raíces u tubérculos durante el cultivo y facilita el descarte (roguing) de las plantas no deseables. Sin embargo distancias estrechas entre surcos, permite que el agua de riego alcance fácilmente a las raíces; aumenta la eficiencia del empleo del terreno, luz y nutrientes.

Montaldo (1984), señala que la densidad influye en:

- La cantidad de semilla requerida por hectárea.
- Rendimiento del cultivo.
- Tamaño de los tubérculos a la cosecha.

Asimismo indica que con la variedad Pucaré se obtiene los mayores rendimientos a distancias de siembra entre plantas de 20 a 30 cm que con 40 y 50 cm y con la semilla 90 a 120 g que la de tamaño inferior.

Al respecto Cortbaoui (1988) , señala que la distancia de siembra depende de la variedad de papa, las condiciones de crecimiento y el tamaño deseado del tubérculo, si la fertilidad y humedad del suelo son bajas, el suelo puede mantener menos plantas. A mayor densidad del cultivo menos será en tamaño de los tubérculos cosechados. Generalmente para la producción de tubérculos semilla. Se recomienda una mayor densidad de tallos que para la producción de papa de consumo.

En la Estación Experimental La Molina, Vásquez (1990) citado por Foronda (1999), señala que trabajos con diferentes combinaciones de variedades mejoradas,

distanciamientos-tamaños de semilla llegaron a la conclusión de que el mayor rendimiento se obtiene con mayor densidad de siembra; encontrando diferencias significativas por efecto de distanciamiento de siembra y no significativo por el tamaño de la semilla en la mayoría de los experimentos realizados tanto en la costa como en la sierra.

Foronda (1999) afirma cuando se trabaja en la producción de papa comercial la distancia de siembra entre plantas es mayor en algunas variedades como Sani Imilla para obtener tubérculos mayores con la siembra a una distancia de 40 a 50 cm entre plantas. La variedad Waycha produce tubérculos mayores al tamaño semilla con una distancia de siembra de 30 cm entre planta. Concluyendo que a medida que aumenta el distanciamiento los rendimientos son mayores, pero con mayores porcentajes de tubérculos tamaño II, I y mayores a primera.

2.6. Rendimiento

2.6.1. Número de tubérculos

Wiersema (1987), indica que el número de tubérculos producidos depende de la competencia entre los tallos por los factores de crecimiento como nutrientes agua y luz. La competencia es menor cuando la densidad de tallos es baja, lo cual conduce a un número mayor de tubérculos por tallo, pero también a un número menor de tubérculos por unidad de área. Por otro lado cuando aumenta la densidad de tallos, disminuye el número de tubérculos por tallo, pero aumenta el número de tubérculos por unidad de área.

Midmore (1988), reporta que el número de tubérculos por planta y la tasa de crecimiento del tubérculo disminuye a temperaturas altas, debido a los efectos directos de la temperatura sobre la fotosíntesis, la respiración y tasa de conversión de azúcares almidón, dentro del tubérculo. Quispe (2002), con respecto a los resultados de rendimientos obtenidos en campo, muestra que la densidad de siembra de 0,30 m entre plantas obtuvo el mayor rendimiento con 4.86 t/hectárea

adicionales con relación a 0,20 m de distancia con una distancia de 0,70 m entre surco.

Además, indica que el porcentaje de emergencia no está relacionado con la densidad de siembra. La cobertura de planta está en función a la densidad de siembra, a densidades bajas mayor cobertura y en consecuencia está altamente correlacionado con el rendimiento, así como el índice de área foliar.

Según Bryan *et al*, (1981) y Ramos (1988), el rendimiento promedio de una planta proveniente de un esqueje enraizado y transplantado al campo es de 500 g de tubérculos normales.

Aguilera (1995), en su ensayo realizado en camas protegidas de la Estación de Toralapa, encontró rendimiento de 3,1 a 3,9 kg/m² con plántulas provenientes de brotes de la variedad Imilla Negra.

Canaviri (1995) en la misma Estación encontró rendimientos de 5,1 kg /m² en ensayos con la variedad Runa Toralapa, en el sistema de camas protegidas a partir de brotes. Buitrago (1995), menciona rendimientos de 3,67 kg/m² en ensayos con la variedad Revolución de plantas provenientes de brotes, en la Estación Experimental de Chinoli. Cardozo H. (1995), menciona rendimientos de 5,89 y 2,00 kg/m² para las variedades Revolución y Americana respectivamente. Para Ayala (1999), las plantas in Vitro de la variedad imilla negra reportaron un 142,33 tubérculos/m², Revolución 129,67 tubérculos/m² y Americana 0,36 tubérculos/m² menor producción de tubérculos.

2.6.2. Tamaño de tubérculo

Wiersema (1987), menciona que los factores de crecimiento también afectan al tamaño de los tubérculos que están limitados cuando la competencia entre los tallos es alta. Los tubérculos producidos con densidades altas de tallos serán más pequeños que los producidos con densidades bajas de tallos.

Dodds (1986), indica que el rendimiento y el tamaño de los tubérculos por m^2 dependen del genotipo y de la densidad de siembra. Respecto a la cosecha los mismos autores indican que los tubérculos se separan según el peso del tubérculo semilla menos de 1 g, 1 a 5 g, 5 a 10 g, 10 a 20 g, y más de 40 g, los tubérculos de cinco gramos, y los más pesados, pueden ser sembrados en el campo para una mayor multiplicación. Aquellos de menos de cinco gramos pueden ser sembrados en los almácigos, a una mayor densidad, para producir tubérculos de semilla pre-básica.

Según Quispe (2002), a mayor densidad de siembra se establece claramente, mayor peso y menor número total de tubérculos de tamaño superior a 45 mm o igual; y menor peso de tubérculos de tamaño III y IV que es apropiado para semilla.

Las plántulas in Vitro para la variedad Revolución reportaron un rendimiento de 1,81 kg/m^2 en el calibre III (45 – 35 mm).

Las plántulas in Vitro de la variedad Americana reportaron un 0,36 kg/m^2 permiten una menor producción de tubérculos III.

Cardozo (1995) reportó un rendimiento de 0,81 kg/m^2 con plántulas in Vitro.

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en los invernaderos de la Unidad de Producción de Semilla de Papa (SEPA-SAM), ubicada en la zona de “El Paso” de la provincia de Quillacollo a 15 km de la ciudad de Cochabamba.

La institución tiene sus oficinas en la Av. Elías Meneses Km. 4 s/n, donde también funcionan el Laboratorio de Cultivo de Tejidos y los invernaderos (estructuras antiafidos) donde se realiza la producción (Anexos 3, 4, 5) de semilla *pre- básica* (Frías, 2006).

Geográficamente se encuentra ubicada a 17° 20.93' L. S. y 66° 15.535' L. O. a una altitud de 2.620 m.s.n.m. (Trujillo *et al*, 2008).

3.2. Características ecológicas

3.2.1. El clima

La zona de El Paso presenta un clima templado y la temperatura promedio máxima alcanza a 30 °C y la mínima media a 0 °C.

Presenta una precipitación mínima anual de 360 mm, máxima anual de 780 mm y de promedio anual de 570 mm, la humedad relativa promedio anual 52,4 % (Frías, 2006).

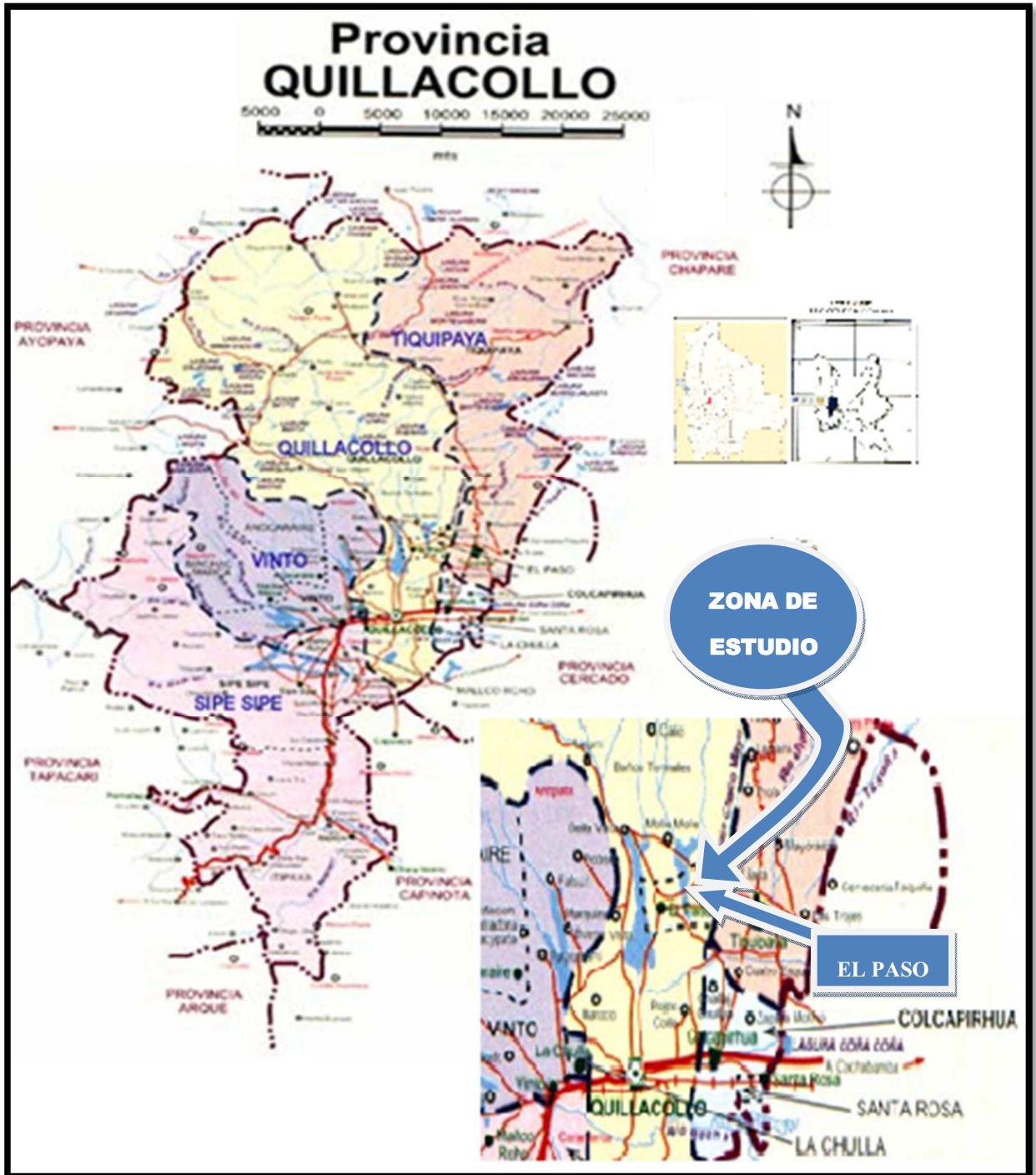


Figura 1. Ubicación de la Provincia Quillacollo del Departamento de Cochabamba

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Material de gabinete

- Equipo de computación, CD's
- Material de escritorio
- Material bibliográfico

4.1.2. Material de campo

- Estructuras antiáfidos
- Pala
- Carretilla
- Manguera
- Horqueta
- Cintas de riego por goteo
- Balanza
- Mallas semisombra 50 %
- Rejillas de drenaje
- Bandejas de madera
- Estanques para desinfección de las bandejas de madera
- Caldera de esterilización
- Substrato esterilizado
- Malla tutora
- Mochila para fumigar
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica
- Vernier
- Agroquímicos (Anexo 6)
 - **Bravo 500**
 - **Maxim XL**

- **Engeo**
- **Fastac**
- **Biestimulantes**
 - **Kelpak**
- **Mesa de clasificación de tubérculos por calibre**

4.1.3. Material biológico

- En el trabajo de investigación se utilizó 5.140 plántulas propagadas *in vitro* de la Variedad Ágata producida en el Laboratorio cultivo de tejido de SEPA
- El medio de cultivo que se utilizó fue W5 y R1 con carbón los cuales fueron determinados por SEPA (Anexo 9). Se transplantaron las yemas de las plántulas madre a las magentas con medio, a 20 yemas por magenta, identificadas con la variedad, medio de cultivo y la fecha de siembra correspondiente. La multiplicación del material vegetal Ágata en fecha 12 - 23 de enero 2009.



Figura 2. Tubérculos de la variedad Ágata

Características variedad Ágata

Esta variedad es de origen Holandes (Figura 2) presenta:

Fuente: www.nivaa.nl

- Desarrollo del follaje: bueno
- Tamaño de los tubérculos: grandes
- Rendimientos: altos
- Contenido de materia seca: bajo
- Resistencia a virus de enrollado: medianamente
- Resistencia para virus Yn: muy buena
- Phytophthora de la hoja: bastante sensible
- Resistente a Phytophthora del tubérculo: medianamente
- Sarna verrugosa: inmune
- Sarna común: bastante sensible
- Nematodos del quiste Patotipo A: resistencia
- Consumo fresco: apta (www.nivaa.nl).

SEPA (1996), indica las siguientes características para la variedad Ágata (Anexo 7, 8):

- Planta muy pequeña (+/- 36 cm.)
- Periodo vegetativo precoz (100 días o 3 meses) precoz, temprana o muy temprana.

Henk *et al.* (s/f) indica las siguientes características:

- Planta – corta; tallos extendidos, de medianos a delgados, coloración antocianinica de muy ligera a ninguna; hojas de grandes a medianas, de color verde a verde claro; silueta de semiabierta a cerrada; inflorescencia poco numerosas, flores de color blanco; bayas de poco numerosas a muy poco numerosas.
- Tubérculos – oval de forma; piel amarilla y lisa a bastante lisa; carne amarilla clara, ojos superficiales.

- Brote – mediano, en forma de cilindro grueso, de color rojo violáceo a pálido o muy pálido y pubescencia del brote poco veloso; yema terminal mediana y color antocianínica ligera; puntas radicales bastante numerosas.

4.2. Metodología

4.2.1. Procedimiento experimental

a) Características de los invernaderos

Por sus características particulares, los “invernaderos” son más bien estructuras “ANTIÁFIDOS” o “casas de malla” que es la traducción de su nombre en inglés. Hasta 1996, SEPA cuenta con seis de estas estructuras, construidos con una orientación este-oeste, constan de un basamento periférico de un metro de hormigón ciclópeo que soporta los grandes marcos de aluminio sobre los que se dispone la malla antiáfidos, en la actualidad contamos con ocho invernaderos (Frías, 2006).

Al respecto Salgues *et al.* (1998), indica que los invernaderos o estructuras antiáfidos (4 con una superficie de 300 m², 2 de 260 m² y 2 de 240 m²), con una superficie útil de 968 m² por ciclo, cada estructura dividida en dos compartimentos; un vestíbulo en la entrada (1,8 m x 10 m) cubierto parcialmente tanto en la fachada como en la pared divisoria de mampostería de ladrillo, con dos juegos de puertas para evitar la entrada de insectos al ingresar el personal.

Las plántulas *in vitro* son trasladadas a las jaulas antiáfidos donde se dispone de camas preparadas con rejillas filtradoras, mallas, sustrato estéril y condiciones de asepsia necesarios para el trasplante y producción de tubérculos. La superficie distribuida en ocho invernaderos con 242 camas de tuberización, el número de veces que se puede utilizar por año varía de acuerdo al ciclo de desarrollo de las variedades y al objetivo, ya sea de producción para uso nacional o para exportación. (3,5 a 4,7 ciclos/año), la modalidad de producción en SEPA es continua o secuencial, lo que significa que hay una actividad continua de producción en las 52 semanas del año tanto en el laboratorio como en los invernaderos.

b) Preparación de camas

Las camas formadas por marco de madera (4m de largo* 1m de ancho), rejilla y mallas de material plástico, para su esterilización fueron lavadas con agua caliente y detergente a presión, además sumergidas en un estanque con un fungicida Cúprico de baja toxicidad al interior de un estanque.



Figura 3. Armado de cama

c) Preparación y desinfección del sustrato

El sustrato que se utilizó para la producción de semilla consistió en una mezcla de dos tipos de arena, procedentes de las localidades de Cliza y Vinto, más una parte de tierra vegetal, mantillo de bosque precedente de la localidad de Tablas Monte.



Figura 4. Sustrato y molino de mantillo

En una proporción de dos partes de arena (una de cada tipo) por una de materia orgánica (mantillo de bosque). El sustrato fue esterilizado a 93 °C y a 4 atmósferas de presión durante una hora, en forma fraccionada por 30 minutos por vez en el caldero y coches de vapor, posteriormente el sustrato fue depositado en las camas.



Figura 5. Esterilización en caldero y coche de vapor

d) Trasplante

El 2 de febrero del 2009, se demarcaron los tratamientos con los letrerines en las respectivas camas según el croquis de ubicación, con una engrampadora para madera.



Figura 6. Demarcado de los tratamientos

En las camas preparadas primero se humedeció el sustrato y se fumigo con un fungicida (Maxim), se marcaron distancias de las líneas y luego las distancias entre plantas con reglones ya marcados con las distancias para cada tratamiento a las densidades planteadas con ayuda de punzones.



Figura 7. Marcado de las distancias

Se procedió a la plantación en los diferentes tratamientos: Después de punzonear las distintas distancias. Se trajo material vegetal del laboratorio de cultivo *in vitro*, para la plantación total se requirió de 257 magentas de las cuales se selecciono el material.



Figura 8. Trasplante de las plantas in vitro

Se utilizó la variedad de papa Ágata, (semilla de exportación) este material proveniente del laboratorio de cultivo de tejido de SEPA. Estas plántulas, fueron tomadas de las magentas para limpiar el medio de cultivo (Anexo 9), sin dañar las raicillas se las plantó en los hoyos ya preparados en el sustrato a una densidad de 50 plántulas por m^2 correspondiente al T- 4 (0,25 m entre línea y 0,10 m entre planta), 37,5 plántulas por m^2 correspondiente al T- 5 (0,25 m entre línea y 0,13 m entre planta), 32,5 plántulas por m^2 correspondiente al T- 6 (0,25 m entre línea y 0,15 m entre planta), estos en el caso de 5 líneas y 40 plántulas por m^2 correspondiente al T-1 (0,20 m entre línea y 0,10 m entre planta), 30 plántulas por m^2 correspondiente al T-2 (0,20 m entre línea y 0,13 m entre planta), 26 plántulas por m^2 correspondiente al T-3 (0,20 m entre línea y 0,15 m entre planta), en el caso de 4 líneas.



Figura 9. Cobertura con la malla semisombra

Realizada la plantación se procedió a cubrir con malla semisombra (al 50 % de sombra) para evitar el stress por la radiación solar que se podría producir debido al cambio de cultivo in vitro a ex vitro durante la primera semana.

e) Prácticas culturales

Fertilización: Se utilizó el fertilizante triple 15 (150-150-150) con una dosis de 400 g por cama (4m^2), el cual se aplicó en dos oportunidades, la primera 150 g en el momento del trasplante y la segunda 250 g durante el aporque

Se realizó una aplicación del bioestimulante Kelpac a los 29 días después de la plantación.



Figura 10. Fertilizante triple 15

Aporque: Se realizó un solo aporque durante el desarrollo del cultivo, a los 21 días después del trasplante. Este consistió en la adición de sustrato con la ayuda de una pala el mismo que se distribuyó uniformemente.



Figura 11. Aporque manual

Control fitosanitario: Se realizaron 3 fumigaciones preventivas periódicamente durante el ciclo del cultivo de acuerdo a las necesidades se utilizaron fungicidas como: Maxim XL (en la plantación), Bravo 500 (a 11 días de la plantación) e insecticidas como Fastac (a 12 días de la plantación) y Engeo (a 19 días de la plantación).



Figura 12. Fumigación

Asimismo a los 35 días después del trasplante, se realizó el muestreo, la prueba de verificación sanitaria para detectar presencia de virus por medio del prueba de ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbedt Assay) para los siguientes virus: PVX, PVY, PLRV, PVA, PVS, APMV y APLV. Se tomaron muestras de cada uno de los tratamientos, cada muestra con aproximadamente cinco folíolos, para la realización del mencionado análisis (Anexos 10, 11 y 12).



Figura 13. Prueba de ELISA

Riego: Se utilizó el sistema de riego por goteo, con goteros a 25 cm de distancia, en la primera semana se regó dos veces por día, a partir de la segunda semana se regaron las camas pasado un día y se suspendió el riego días antes de la defoliación.



Figura 14. Riego por goteo

Defoliación: Se realizó a los 54 días después de la plantación cuando los tubérculos alcanzaron los tamaños establecidos para la comercialización (Anexo 13), y se procedió al arranque manual del follaje.



Figura 15. Tratamientos antes de la defoliación

f) Cosecha

La cosecha se realizó a los 79 días después de la plantación. Cuando la piel del tubérculo se presentó suficientemente consistente. Con la ayuda de palas y horquetas, se sacaron los tubérculos del sustrato en cajas de plástico los cuales después de dos semanas fueron lavados, para posteriormente pesar.

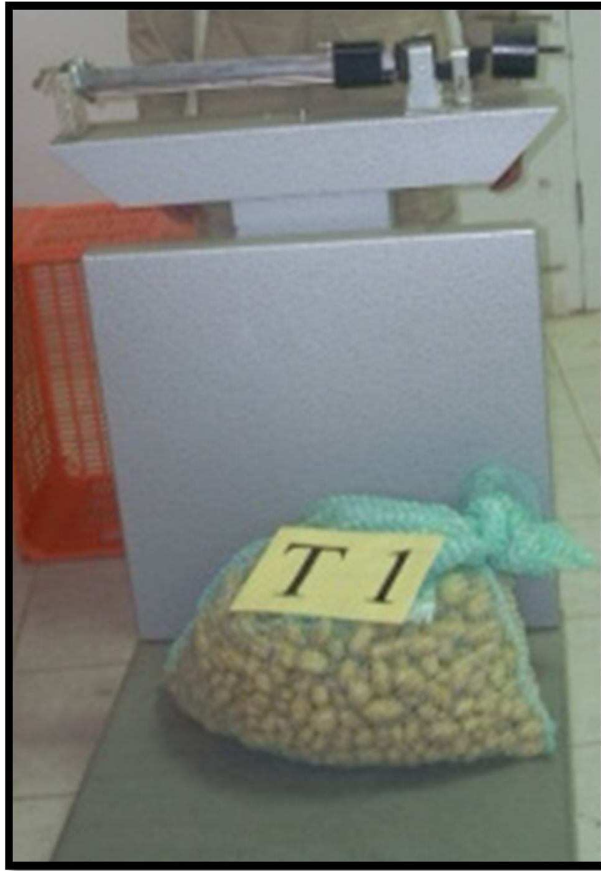


Figura 16. Pesado de la producción de papa en los tratamientos

g) Selección

Se seleccionaron los tubérculos según la clasificación preestablecida por SEPA (Anexo 14): diámetro mayor a 40 mm corresponden al calibre I, 30 - 40 mm calibre II, 20 - 30 mm calibre III, 12 - 20 mm calibre IV, 10 a 12 mm calibre V, menor a 10 mm calibre VI. En un lapso de 2 semanas se obtuvo el rendimiento (Anexo 15) y número de tubérculos por m².



Figura 17. Selección de minitubérculos por calibres

h) Almacenaje

La semilla cosechada y clasificada (Anexo 16) fue almacenada inicialmente en una cámara de pre enfriamiento, con temperatura de 10 - 12 °C y 60 % de humedad relativa en la cual permaneció 10 días, para luego ser trasladada a la otra cámara donde la temperatura es de 2 – 4 °C y 80 % de humedad relativa.

4.2.2. Diseño Experimental

El diseño experimental que se utilizó en el estudio fue Completamente al Azar (DCA) y experimento bifactorial (Montgomery, 2003; Steel y Torrie, 1992) Donde el factor A (distancia entre líneas) correspondiente a 4 y 5 líneas el factor B (distanciamiento entre plantas sobre línea) a 10, 13, 15 cm de distancia entre plantas, con cuatro repeticiones.

4.2.2.1. Factores de estudio

Metodología estadística

Factor A: Distancia entre líneas

Factor B: Distancia entre plantas sobre línea

$$a_1 = 0,25 \text{ m}$$

$$b_1 = 0,10 \text{ m}$$

$$a_2 = 0,20 \text{ m}$$

$$b_2 = 0,13 \text{ m}$$

$$b_3 = 0,15 \text{ m}$$

Cuadro 2. Descripción de factores

Factor	Nivel	Descripción
Distancia entre líneas "a"	2	a1: 0,25 m
		a2: 0,20 m
Distancia entre plantas "b"	3	b1: 0,10 m
		b2: 0,13 m
		b3: 0,15 m
Repeticiones	4	

Tratamientos Combinados.

Donde:

a = Distancia entre líneas

b = Distancia entre plantas sobre línea

$$T 1 = a_1, b_1 = 160 \text{ plantas}$$

$$T 4 = a_2, b_1 = 200 \text{ plantas}$$

$$T 2 = a_1, b_2 = 120 \text{ plantas}$$

$$T 5 = a_2, b_2 = 150 \text{ plantas (Testigo)}$$

$$T 3 = a_1, b_3 = 104 \text{ plantas}$$

$$T 6 = a_2, b_3 = 130 \text{ plantas}$$

4.2.3. Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \tau\alpha_{ij} + \xi_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots$ a de distancia entre líneas

$j = 1, 2, \dots$ b de distancia entre plantas

$k = 1, 2, \dots$ c de replica

Y_{ijk} = Valor de una variable de respuesta de la unidad experimental ubicada en la k-esima replica y que recibe la j-esima distancia entre plantas y la i-esima distancia entre líneas

μ = Media general de todo el experimento

τ_i = Efecto fijo de la i-esima distancia entre líneas

α_j = Efecto fijo de la j-esima distancia entre plantas

$\tau\alpha_{ij}$ = Efecto fijo de la interacción de la i-esima distancia entre líneas y la j-esima distancia entre plantas

ξ_{ijk} = Error experimental o efecto de las medias no controladas

4.2.4. Características del área experimental

Las dimensiones del ensayo fueron las siguientes: (detalle Anexo 17)

Número de repeticiones	4
Número de platabandas	24
Superficie unidad experimental	4 m ²
Número de líneas por unidad experimental	4 y 5
Área de cada repetición	55 m ²
Distancia entre unidad Experimental	2 m ²
Superficie total del experimento	300 m ²
Parcela útil	4 m ²

4.2.4.1. Croquis del experimento

La distribución de los tratamientos se realizó de la siguiente manera:

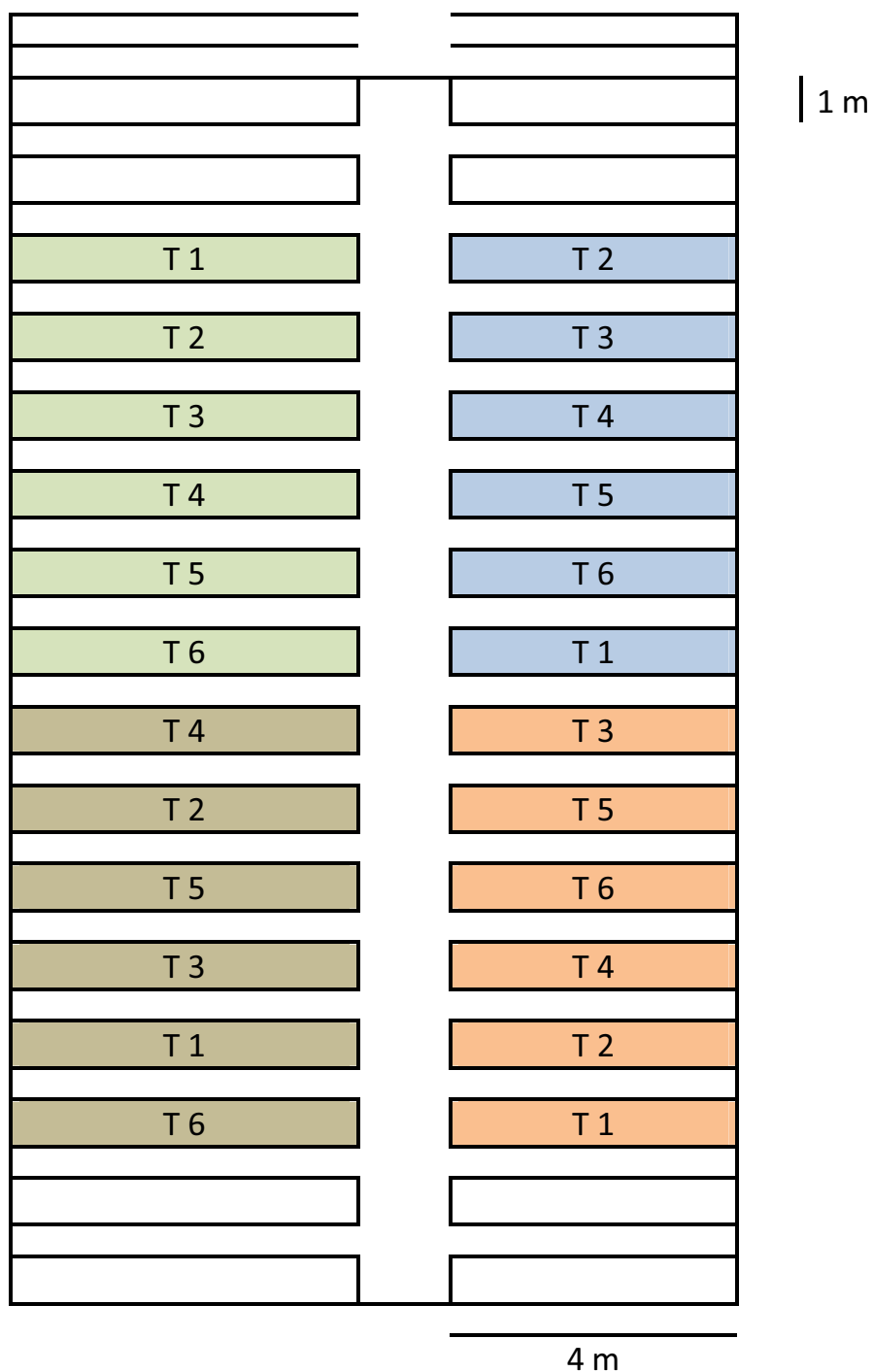
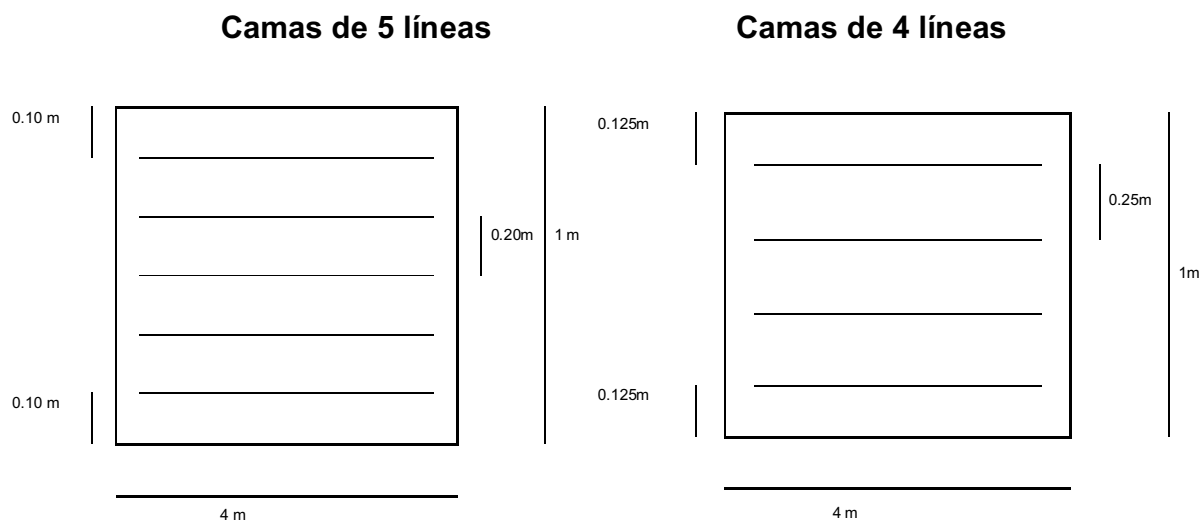


Figura 18. Croquis de campo del experimento

Este esquema representa las camas en cuanto a disposición de líneas, la de cinco líneas presenta una distancia de 20 cm entre líneas y la de cuatro líneas presenta distancias de 25 cm entre líneas.



4.2.5. Variables de respuesta

4.2.5.1. Altura de planta

La altura de planta se evaluó utilizando un flexómetro realizada la medición desde el cuello de la planta hasta el ápice expresado en cm.

4.2.5.2. Diámetro de tallo

La medición se realizó con un vernier expresado en cm, al mismo tiempo que se tomó la altura de planta, un día antes de la defoliación.

4.2.5.3. Porcentaje de prendimiento en invernadero

La evaluación de prendimiento se llevó a cabo a los 30 días después del trasplante, tomando como base toda la población de plántulas trasplantadas a las unidades experimentales los cuales se expresó en porcentaje.

4.2.5.4. Número de tubérculos producidos por metro cuadrado

Para evaluar esta variable se tomó el dato de la superficie de cada tratamiento y se promedió por metro cuadrado.

4.2.5.5. Número de tubérculos producidos por tratamiento

Una vez realizada la clasificación se realizó el conteo del número de tubérculos total por unidad experimental.

4.2.5.6. Número de tubérculos por calibre por tratamiento

La selección de tubérculos se realizó en forma manual en la mesa de clasificación de tubérculos por calibre para evaluar el número de tubérculos en cada unidad experimental.

4.2.5.7. Peso de tubérculos por metro cuadrado

Los rendimientos fueron determinados mediante el clasificado y pesaje de tubérculos luego de la cosecha mediante el uso de una balanza y promediado para un metro cuadrado expresado en kg.

4.2.5.8. Peso de tubérculos por tratamiento

Los rendimientos fueron determinados mediante el clasificado y pesaje expresado en kg por unidad experimental.

4.2.5.9. Peso de tubérculos por calibre por tratamiento

Un vez seleccionados por calibre se peso en la balanza para obtener los rendimientos por calibre de cada unidad experimental.

4.2.5.10. Análisis económico

La evaluación económica se realizó con el fin de identificar los tratamientos con más rentabilidad, en términos económicos, para realizar el análisis económico se tomo en cuenta tanto los costos fijos, que básicamente son representados por la infraestructura fueron incorporados en el ítem de alquileres.

4.2.5.10.1. Beneficio Bruto

El beneficio bruto (BB) se obtiene multiplicando el rendimiento promedio en unidades obtenido por tratamiento por el precio actual de venta al mercado.

$$BB = R * P \quad (1)$$

Donde:

BB : Beneficio Bruto

R : Rendimiento

P : Precio

4.2.5.10.2. Beneficio Neto

Se obtiene restando al Beneficio bruto los Costos de producción, el resultado nos da la ganancia neta. La estimación de los beneficios netos se calcula a través de la siguiente formula.

$$BN = BB - C \quad (2)$$

Donde:

BN : Beneficio Neto

BB : Beneficio Bruto

CV : Costos que Varían

4.2.5.10.3. Relación beneficio costo

Esta relación muestra la ganancia que se puede lograr. Cuando este valor da menor a uno indica que no existe ganancia, hay pérdida en la producción por el alto costo de producción ya sea en los costos variables o los costos fijos. Cuando se tiene valor de uno, indica que se recupera los gastos de producción pero no existe beneficio neto. Si el valor es mayor a uno significa que hay rentabilidad en el trabajo de producción.

$$B/C = \frac{BBT}{CT} \quad (3)$$

Donde:

B/C = Relación beneficio costo

BBT = Beneficio bruto total

CT = Costo total

Si:

$B / C > 1$ → Existe beneficio, se trata de un índice satisfactorio

$B / C = 1$ → No existe beneficio ni perdida, los beneficios y los costos son equivalentes

$B / C < 1$ → No existe beneficio, el proyecto no es rentable

$B / C < 0$ → El proyecto no es rentable debe descartarse

4.2.5.11. Análisis estadístico

El proceso estadístico consistió en un análisis de varianza (ANVA), para poder tener una comparación de medias y determinar las significancias estadísticas, se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de probabilidad del 5 %. Apoyado con el programa SAS (www.v8doc.sas.com).

Los datos de las variables número de tubérculos calibre II, número de tubérculos calibre V, número de tubérculos calibre VI, peso de tubérculos calibre II, peso de tubérculos calibre V por tratamiento, peso de tubérculos calibre VI, fueron ajustados con $\sqrt{x + 1}$, debido a que no presentaron distribución normal.

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Según a los procedimientos descritos en el capítulo de metodología, los resultados obtenidos en el trabajo, analizando las siguientes variables de respuesta son:

5.1. Condiciones del ensayo

5.1.1. Condiciones climatológicas

En el cuadro 3, se reportan los datos meteorológicos obtenidos durante el ciclo del cultivo, en lo que respecta a temperatura.

Cuadro 3. Descripción climatológica promedios mensuales gestión 2009

MES	TEMPERATURA (°C)						
	Año 2009			Normal	Ciclo del cultivo		
	Min.	Máx.	Media		Máx.	Min.	Media
Enero	12,10	25,66	18,88	19,00			
Febrero	12,18	25,79	18,98	18,50	32,57	12,00	22,29
Marzo	11,43	25,34	18,39	18,60	31,94	12,23	22,08
Abril	9,43	25,38	17,41	18,00	32,00	9,80	20,90
Mayo	5,81	26,79	16,30	15,90			
Junio	1,04	26,07	13,56	14,00			
Julio	4,05	26,18	15,12	14,10			
Agosto	4,08	27,41	15,75	16,20			
Septiembre	7,80	28,73	18,26	18,40			
Octubre	10,49	29,77	20,13	20,20			
Noviembre	13,33	29,23	21,28	20,60			
Diciembre	13,14	27,60	20,37	19,60			

Fuente: SENAMHI 2009

Las temperaturas del ambiente protegido (Anexo 18) son superiores a las del medio ambiente y la temperatura normal ya que presenta la función de contrarrestar las bajas de temperaturas.

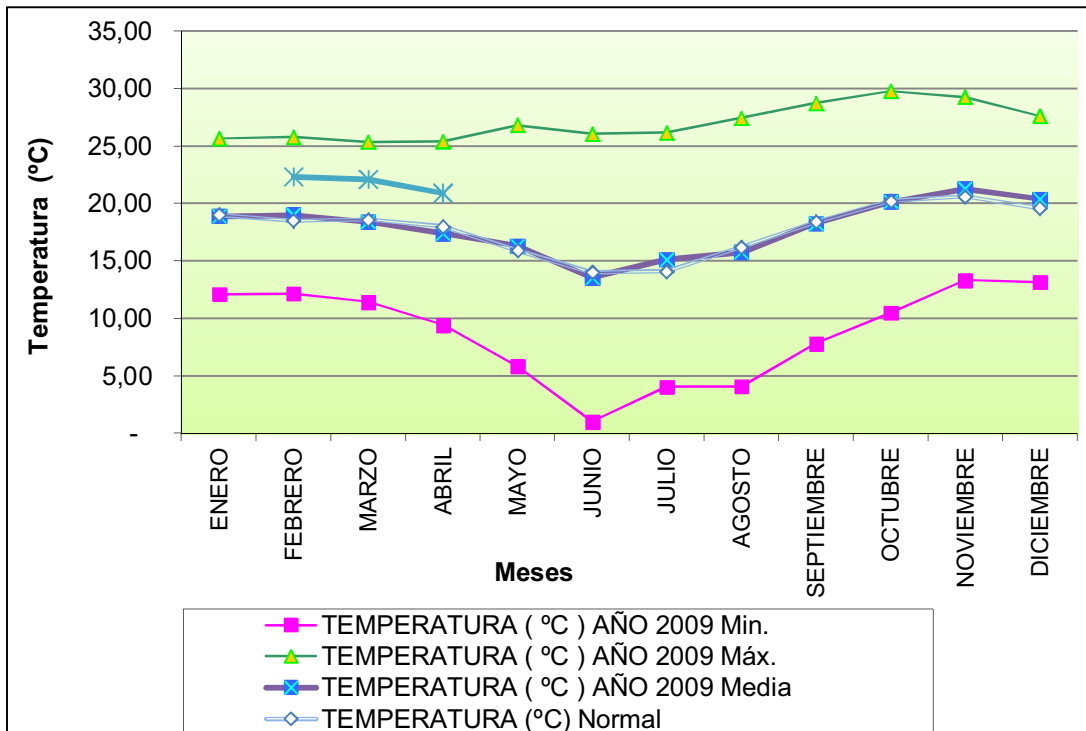


Figura 19. Variación de temperatura °C

De acuerdo a las precipitaciones se muestra que la precipitación total acumulada para la gestión 2009 es de 397,7 mm siendo esta menor a la precipitación normal de 482,5 mm.

Cuadro 4. Comparación de la precipitación (mm)

MES	PRECIPITACIÓN 2009 (mm)	PRECIPITACIÓN NORMAL (mm)
Julio	7,50	1,80
Agosto	0,20	5,00
Septiembre	3,90	8,10
Octubre	31,10	18,10
Noviembre	41,70	44,30
Diciembre	66,60	94,10
Enero	49,30	122,10
Febrero	102,10	96,20
Marzo	56,30	67,00
Abril	38,90	19,60
Mayo	0,10	4,10
Junio	0,00	2,10

Fuente: SENAMHI 2009

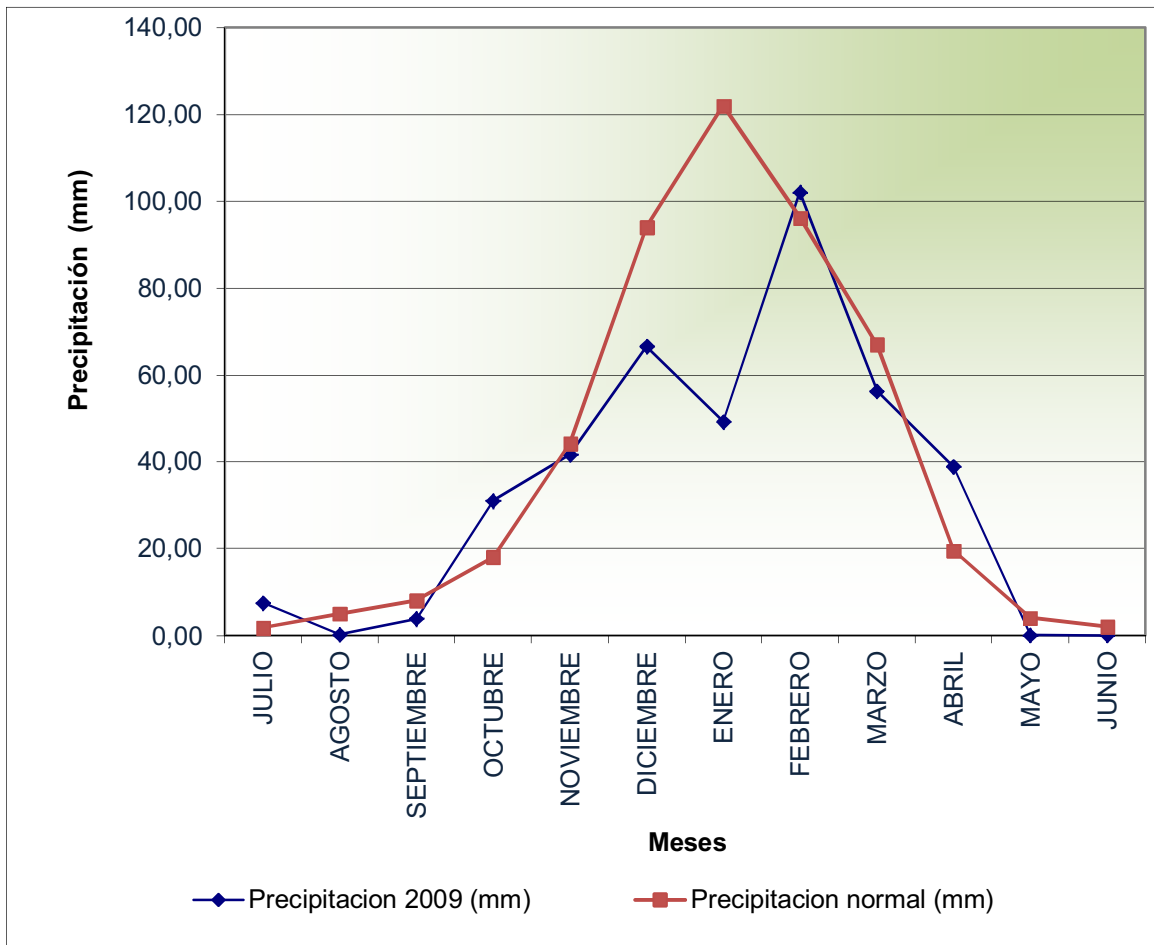


Figura 20. Comparación de la precipitación (mm)

Se puede observar que el mes de febrero y abril tuvo una mayor precipitación que la normal, en marzo fue menor a la normal. La precipitación durante todo el ciclo de cultivo fue de 196,4 mm que fue mayor a la precipitación normal de 182,8.

5.2. Altura de planta

Los datos de esta variable de respuesta se observan en el Anexo 19 y fueron evaluados con Análisis de Varianza (Cuadro 5), que determinó que no existe diferencia significativa en las alturas de planta, por efecto de las distancias entre líneas, considerando que los resultados son similares.

Cuadro 5. Análisis de varianza para altura de planta (cm)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	0,00	0,00	0,00	1,000	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	13,59	6,80	2,86	0,084	ns
Interacción (A x B)	2	1,39	0,70	0,29	0,750	ns
Error	18	42,78	2,38			
Total	23	57,76				
	C.V. =	3,21	%	Media =	48,10	cm

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

A su vez, el efecto de las distancias entre plantas no influyó estadísticamente en las alturas de plantas.

Respecto a la interacción de los factores, distancia entre líneas (FA) y distancia entre plantas (FB), el ANVA determinó que estos no se influyen entre sí, lo cual indica que los factores se comportan de manera independiente como efecto en la altura de planta.

El coeficiente de variación para esta variable fue de 3,21 %, cuyo valor indica que el trabajo tuvo un buen manejo.

Con una media de 48,10 cm, la misma que se encuentra dentro de los parámetros consultados en SEPA (1996), que indica que es una planta pequeña (+/- 36 cm).

Cuadro 6. Promedios de altura de planta para el factor distancia entre líneas (cm)

Distancia entre líneas	Promedio (cm)
$a_1 = 0,25 \text{ m}$	48,10
$a_2 = 0,20 \text{ m}$	48,10

Los promedios para altura de planta (Cuadro 6), en ambas distancias entre líneas es de 48,10 cm.

Cuadro 7. Promedios de altura de planta para el factor distancia entre plantas (cm)

Distancia entre plantas	Promedio (cm)
<i>b1 = 0,10 m</i>	48,78
<i>b2 = 0,13 m</i>	48,48
<i>b3 = 0,15 m</i>	47,05

En el Cuadro 7 se observa los promedios de altura de planta de las tres distancias entre plantas donde se observa que, la distancia entre plantas de 10 cm presentó un promedio es de 48,78, seguida por un promedio de 48,48 cm para la distancia de 13 cm y por último se obtuvo un promedio de 47,05 cm para la distancia de 15 cm.

Cuadro 8. Promedios de altura de planta por tratamiento (cm)

Tratamiento	Promedio (cm)
T 1	49,10
T 2	48,40
T 3	46,80
T 4	48,45
T 5	48,55
T 6	47,30

El cuadro 8, muestra los promedios de los tratamientos para altura de planta.

Asimismo Lara (1999), determino que no existen diferencias significativas en las alturas utilizando vitro plantas, encontrando promedios de 33,44 cm para una densidad de 0,15*0,30 m, 32,28 cm para 0,15*0,20 m y 31,28 cm a 0,15*0,15 m.

La diferencia de alturas se atribuye a características varietales, debido a su hábito de crecimiento. Es decir la variable altura es inversamente proporcional a la densidad de

transplante. Estas diferencias se deben a: condiciones agroclimáticas (temperatura, humedad), culturales (aporque, riego), el tipo de propagación, la competencia entre plantas por la luz, cuya carencia de luminosidad causa una mayor elongación de los entrenudos y en consecuencia mayor altura de plantas.

Este resultado en altura de planta, por efecto de los distanciamientos entre líneas y plantas, probablemente fue influenciado por la luminosidad; el crecimiento puede ser igual por efecto de búsqueda de luz. Además se puede atribuir esto a que las plántulas siguen sus características genéticas de crecimiento, por ser una misma variedad, no debería presentar diferencias en crecimiento ya que el material de donde proviene es uniforme.

5.3. Diámetro de tallo

Los resultados encontrados en el Análisis de varianza (Cuadro 9) para los datos de diámetro de tallo (Anexo 20), indican que el factor A (distancia entre líneas), al igual que el factor B (distancia entre plantas) no presentaron diferencias significativas, por tanto no influyen en el diámetro de tallo.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el diámetro de tallo

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	0,0004	0,0004	0,34	0,57	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	0,0025	0,0013	1,03	0,38	ns
Interacción (A x B)	2	0,0040	0,0020	1,64	0,22	ns
Error	18	0,0220	0,0012			
Total	23	0,03				
	C.V. =	5,96	%	Media =	0,59	cm

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

Respecto a la interacción de los factores distancia entre líneas (FA) y distancia entre plantas (FB), el ANVA determino que estos no existen diferencias en el diámetro de tallo, lo cual indica que los factores se comportan de manera independiente.

El coeficiente de variación para esta variable expresó un valor de 5,96 %, indica que estos datos son permisibles para el manejo de las unidades experimentales en condiciones de campo.

La media general para el diámetro de tallo fue de 0,59 cm.

Cuadro 10. Promedios de diámetro de tallo para el factor distancia entre líneas (cm)

Distancia entre líneas	Promedio (cm)
<i>a₂ = 0,20 m</i>	0,591
<i>a₁ = 0,25 m</i>	0,583

Al igual que en la variable altura de planta, las distancias entre líneas no influyeron en el diámetro de tallo (Cuadro 10). El diámetro de tallo para el factor distancia entre líneas, obtuvo una media de 0,591 cm para la distancia de 20 cm y la media de la distancia de 25 cm presento un valor promedio de 0,583 cm.

Cuadro 11. Promedios de diámetro de tallo para el factor distancia entre plantas (cm)

Distancia entre plantas	Promedio (cm)
<i>b₃ = 0,15 m</i>	0,596
<i>b₁ = 0,10 m</i>	0,591
<i>b₂ = 0,13 m</i>	0,573

Se puede observar (Cuadro 11), que las distancias entre plantas no influyeron en el diámetro de tallo para una distancia de 15 cm se obtuvo un promedio de 0,596 cm seguido de 0,591 cm para 10 cm y finalmente 0,573 cm para 13 cm de distancia. El cuadro 12, muestra los promedios de diámetro de tallo para los tratamientos.

Cuadro 12. Promedios de diámetro de tallo por tratamiento (cm)

Tratamiento	Promedio (cm)
T 1	0,57
T 2	0,56
T 3	0,61
T 4	0,61
T 5	0,58
T 6	0,58

Lara (1999), determinó que no existen diferencias por efecto de las densidades en el diámetro de tallo igualmente afirmó que las densidades altas presentan plantas con menor diámetro de tallo; es decir plantas de tallo delgado y más pequeñas, debido a que el incremento de la población por parcelas es proporcional al aumento de la competencia de nutrientes en la misma.

5.4. Porcentaje de prendimiento en invernadero

Los datos de campo para porcentaje de prendimiento en invernadero (Anexo 21), fueron evaluados en un análisis de varianza (Cuadro 13), el cual determino que no existe diferencia significativa en el porcentaje de prendimiento, por efecto de las distancias entre líneas, por lo tanto se puede utilizar ambos, considerando que los resultados son los mismos.

A su vez, el efecto de las distancias entre plantas no influyó estadísticamente en el porcentaje de prendimiento en invernadero.

También el ANVA reportó que no existen diferencias significativas en la interacción de los factores distancias entre líneas y distancias entre plantas, lo cual señaló que ambos factores actuaron de forma independiente en el porcentaje de prendimiento en invernadero.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	1,26	1,26	1,11	0,305	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	2,39	1,20	1,06	0,369	ns
Interacción (A x B)	2	3,11	1,56	1,37	0,279	ns
Error	18	20,39	1,13			
Total	23	27,15				
	C.V. =	1,07	%	Media =	99,37	%

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación para esta variable emitió un valor de 1,07 %, el cual está dentro el rango de aceptación.

La media general para el porcentaje de prendimiento fue de 99,37 %.

Cuadro 14. Promedios de porcentaje de prendimiento para el factor distancia entre líneas (%)

Distancia entre líneas	Promedio (%)
$a_2 = 0,20 m$	99,60
$a_1 = 0,25 m$	99,14

Se muestra los promedios obtenidos tanto en las distancias entre líneas (Cuadro 14) como entre plantas (Cuadro 15), a la distancia entre líneas de 20 cm con un valor de 99,60 % seguida de un promedio de 99,14 % para la distancia de 25 cm.

Cuadro 15. Promedios de porcentaje de prendimiento para el factor distancia entre plantas (%)

Distancia entre plantas	Promedio (%)
$b_1 = 0,10\ m$	99,80
$b_2 = 0,13\ m$	99,26
$b_3 = 0,15\ m$	99,05

La distancia entre plantas de 10 cm presento un promedio en porcentaje de prendimiento con un valor de 99,80 % seguida de un promedio de 99,26 % para la distancia de 13 cm finalmente el promedio de 99,05 % para la distancia de 15 cm.

Cuadro 16. Promedios de porcentaje de prendimiento por tratamiento (%)

Tratamiento	Promedio (%)
T 1	99,84
T 2	98,54
T 3	99,04
T 4	99,75
T 5	100,00
T 6	99,04

El cuadro 16, muestra los promedios de porcentaje de prendimiento para los tratamientos.

Bryan *et al.* (1981), indican que el enraizamiento óptimo se logra con esquejes jóvenes que crecen rápidamente, pero algunas variedades por naturaleza producen raíces con más facilidad que otras. Ayala (1999) reporto un porcentaje de 73,01 % de prendimiento en la variedad América siendo este menor en relación a las variedades Imilla negra y Revolución con 99 % a 100 % de prendimiento proveniente de plantas in vitro.

Al respecto son atribuibles estos resultados a las labores culturales para la adaptación en el cambio, evitando el stress por la radiación solar que se podría

producir debido al cambio de cultivo *in vitro* a *ex vitro* cubriendo con malla semisombra además de riego para mantener la humedad evitando de este modo la deshidratación de las plántulas. Asimismo los resultados encontrados por Ayala en distintas variedades son similares los determinados en el estudio por efecto de las densidades de plantación.

5.5. Número de tubérculos producidos por metro cuadrado

Los datos para esta variable, en el análisis de varianza (Cuadro 17), llegó a ser significativo para el factor distancia entre líneas, por otro lado para el factor distancia entre plantas y la interacción estos no presentaron un efecto significativo en el número de tubérculos por m².

Cuadro 17. Análisis de varianza para número de tubérculos producidos por metro cuadrado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	5.310,38	5.310,38	8,19	0,010	*
Distancia entre Plantas (FB)	2	2.172,95	1.086,48	1,68	0,215	ns
Interacción (A x B)	2	1.482,67	741,34	1,14	0,341	ns
Error	18	11.675,28	648,63			
Total	23	20.641,28				
	C.V. =	11,03	%	Media =	231	Tubérculos

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación para esta variable reportó un valor de 11,03 %, el cual está dentro el rango de tolerancia para el manejo de las unidades experimentales en condiciones de campo.

La media general para el número de tubérculos por metro cuadrado fue de 231 tubérculos.

Cuadro 18. Comparación de medias por el método de Tukey, número de tubérculos producidos por metro cuadrado para el factor distancia entre líneas

Distancia entre líneas	Promedio (Tubérculos)	Prueba de Tukey ($\alpha= 5\%$)
$a_2 = 0,20\ m$	246	A
$a_1 = 0,25\ m$	216	B

Las medias evaluadas por Tukey (Cuadro 18 y Figura 21) brinda un mayor detalle del factor distancia entre líneas indicando que la distancia de 20 cm presentó mayor cantidad de tubérculos con un promedio estadísticamente superior de 246 tubérculos y en la distancia de 25 cm con un promedio de 216 tubérculos.

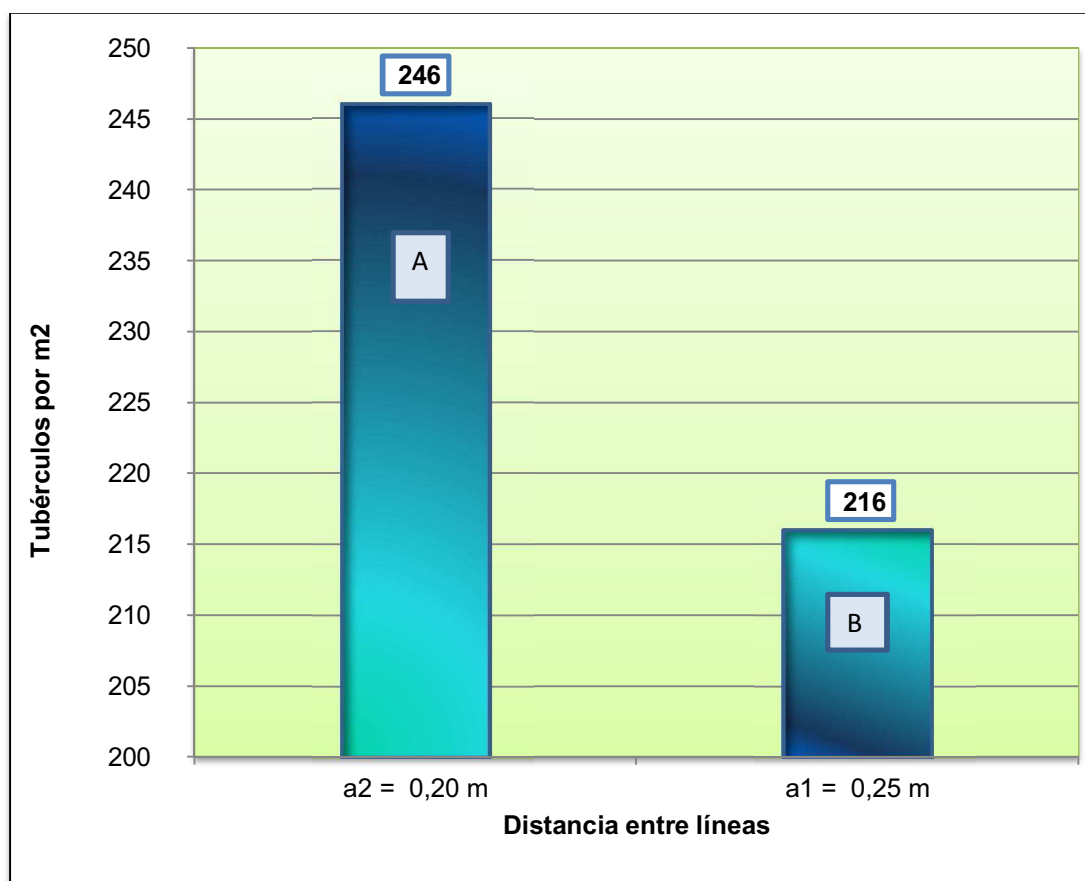


Figura 21. Efecto de la distancia entre líneas sobre número de tubérculos producidos por metro cuadrado

El que tuvo mejor producción en las dos distancias entre líneas, para la variedad Ágata es el de menor distancia.

Al respecto Gallardo *et al.* (1997), en un evaluación de la utilización de microtubérculos en remplazo de *vitro* plantas determino los mayores promedios 291,3 y 327,5 minitubérculos por m² (utilizando 2 y 3 microtubérculos por punto) estos resultados a una densidad de 15 cm x 10 cm en la variedad Andinita. En comparación al estudio se puede decir que a menores distanciamientos entre líneas se tiene un mayor número de mini tubérculos.

Utilizando la variedad "Atzimba", evaluaron las siguientes distancias: 10 x 10, 10 x 15 y 10 x 20 cm entre plantas y entre hileras, respectivamente, sembradas en canteros y Los resultados obtenidos demuestran que la distancia en la cual se obtuvo mayor número de tubérculos por área, fue la de 10 x 10 cm entre plantas y entre hileras, respectivamente, con un total de 413 tubérculos/ m², existiendo una relación directa entre densidad y rendimiento por área (www.ceniap.gov.ve/fd32).

Cuadro 19. Promedios de número de tubérculos producidos por metro cuadrado para el factor distancia entre plantas

Distancia entre plantas	Promedio (Tubérculos)
$b_1 = 0,10\ m$	244
$b_2 = 0,13\ m$	227
$b_3 = 0,15\ m$	221

La distancias entre plantas no influyeron (Cuadro 19), en el numero de tubérculos por m² aunque no se observaron diferencias entre los promedios La distancia entre plantas de 10 cm presento un promedio de 244 tubérculos seguida de un promedio de 227 tubérculos para la distancia de 13 cm y un promedio de 221 tubérculos para la distancia de 15 cm.

Cuadro 20. Promedios de número de tubérculos producidos por metro cuadrado por tratamiento.

Tratamiento	Promedio (tubérculos)
T 1	219
T 2	212
T 3	216
T 4	268
T 5	243
T 6	226

El cuadro 20, muestra los promedios de número de tubérculos para los tratamientos.

Al respecto Duran (2000), determinó que el rendimiento en número no fueron influenciados por los factores aplicados en la variedad Alpha. El mismo encontró que las densidades en la etapa in vitro sobre el número total de tubérculos fue significativa en la variedad Romano el cual no los atribuye a la densidades in vitro sino al efecto indirecto del porcentaje de prendimiento a una densidad de 150 vitro plantas en 4 m².

5.6. Número de tubérculos producidos por tratamiento

En el análisis de varianza con referencia al número de tubérculos por tratamiento para los datos registrados (Anexo 23), se halló significancia para el factor distancia entre líneas (Cuadro 21), por otro lado para el factor distancia entre plantas y la interacción no presentaron un efecto significativo en el número de tubérculos por tratamientos.

Cuadro 21. Análisis de varianza para número de tubérculos por tratamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	132.016,67	132.016,67	7,66	0,013	*
Distancia entre Plantas (FB)	2	81.612,58	40.806,29	2,37	0,122	ns
Interacción (A x B)	2	60.888,08	30.444,04	1,77	0,199	ns
Error	18	310.180,50	17.232,25			
Total	23	584.697,83				
	C.V. =	14,00	%	Media =	938	Tubérculos

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación presenta un error con un valor de 14,00 %, considerado aceptable por ser bajo en relación al permitido para investigaciones agrícolas (30 %).

La media general para el número de tubérculos por tratamiento fue de 938 tubérculos.

Cuadro 22. Comparación de medias por el método de Tukey, número de tubérculos producidos por tratamiento para el factor distancia entre líneas

Distancia entre líneas	Promedio (Tubérculos)	Prueba de Tukey ($\alpha= 5\%$)
a₂ = 0,20 m	1012	A
a₁ = 0,25 m	864	B

La prueba de Tukey para el número de tubérculos por tratamiento, por efecto de la distancia entre líneas (Cuadro 22), indica que hubo mayor número de tubérculos a una distancia de 20 cm con un promedio de 1012 tubérculos mientras que el promedio inferior se generó en la distancia de 25 cm con un promedio de 864 tubérculos.

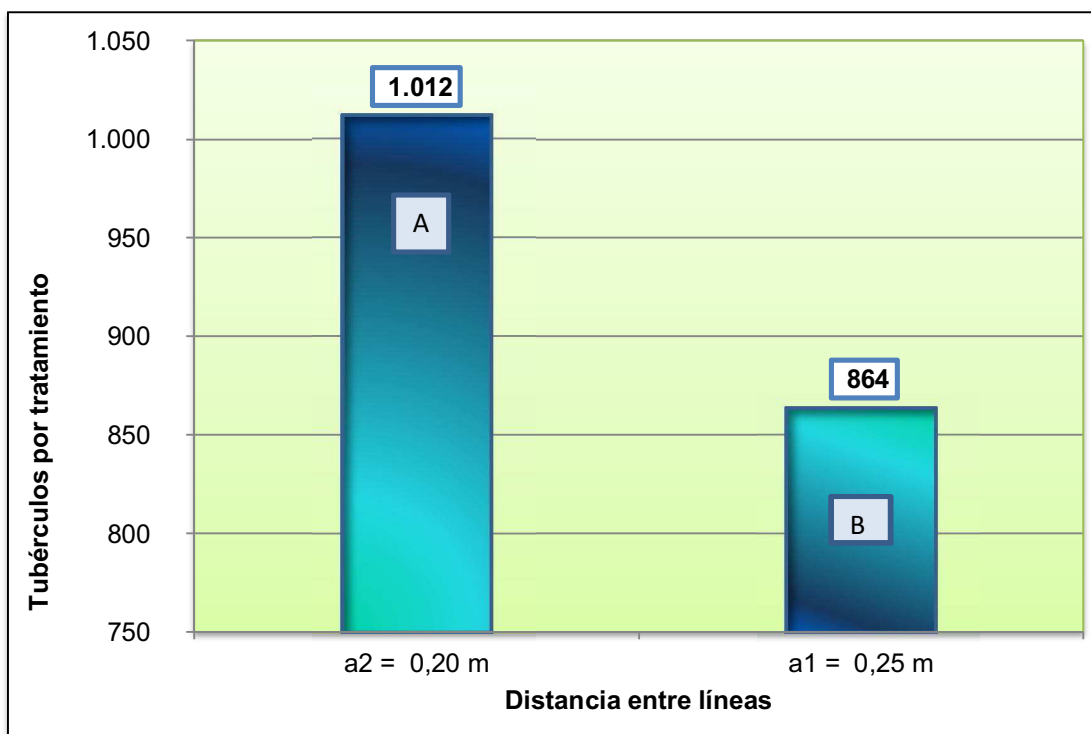


Figura 22. Efecto de la distancia entre líneas sobre número de tubérculos producidos por tratamientos

Estos resultados son similares a los obtenidos por m^2 ya que cada tratamiento presenta $4 m^2$.

La mejor producción en las dos distancias entre líneas (Figura 22), para la variedad Ágata se obtuvo con la distancia de 20 cm.

Al igual que la anterior variable de respuesta estos resultados se atribuyen a las características genéticas en la variedad y al material de donde proviene.

Cuadro 23. Promedios de número de tubérculos producidos por tratamiento para el factor distancia entre plantas

Distancia entre plantas	Promedio (Tubérculos)
$b_1 = 0.10 m$	1019
$b_2 = 0.13 m$	910
$b_3 = 0.15 m$	885

Las tres distancias entre plantas no presentaron diferencias significativas (Cuadro 23), la distancia entre planta con mayor promedio en número de tubérculos por tratamiento es 1019 tubérculos para una distancia de 10 cm seguida por un promedio de 910 tubérculos para la distancia de 13 cm por último se obtuvo el menor promedio de 885 tubérculos para la distancia de 15 cm.

Cuadro 24. Promedios de número de tubérculos producidos por tratamiento

Tratamiento	Promedio (tubérculos)
T 1	878
T 2	850
T 3	864
T 4	1.161
T 5	970
T 6	906

El cuadro 24, muestra los promedios de número de tubérculos para los tratamientos. Se puede observar que la mayor producción de tubérculos se presentó en T - 4 siendo de 1.161 tubérculos y la menor producción en T - 2 siendo de 850 tubérculos.

5.6.1. Número de tubérculos por calibre

5.6.2. Número de tubérculos calibre II

En el Análisis de varianza (Cuadro 25) para los datos del número de tubérculos de calibre II (Anexo 24), con un nivel de significancia del 5 % indican que el factor A (distancia entre líneas), al igual que el factor B (distancia entre plantas) y la interacción de estos no presentaron diferencias significativas, por tanto no influyen.

Cuadro 25. Análisis de varianza para número de tubérculos calibre II

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	0,00	0,00	0,01	0,939	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	1,01	0,50	0,72	0,501	ns
Interacción (A x B)	2	1,57	0,79	1,12	0,348	ns
Error	18	12,65	0,70			
Total	23	15,24				
	C.V. =	17,51	%	Media =	23	Tubérculos

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación presenta un valor de 17,51 %, considerado aceptable en relación al permitido para investigaciones agrícolas.

La media general para el número de tubérculos de calibre II fue de 23 tubérculos.

Cuadro 26. Promedios de número de tubérculos producidos calibre II para el factor distancia entre líneas

Distancia entre líneas	Promedio (Tubérculos)
$a_1 = 0,25 m$	23
$a_2 = 0,20 m$	22

El número de tubérculos (Cuadro 26), a una distancia de 25 cm obtuvo un promedio de 23 tubérculos mientras que el promedio en la distancia de 20 cm fue de 22 tubérculos no siendo significativos en la distancia entre líneas.

Cuadro 27. Promedios de número de tubérculos producidos calibre II para el factor distancia entre plantas

Distancia entre plantas	Promedio (Tubérculos)
$b_1 = 0.10\ m$	25
$b_2 = 0.13\ m$	23
$b_3 = 0.15\ m$	20

Como las tres distancias entre plantas no presentaron diferencias significativas en número de tubérculos de calibre II (Cuadro 27), los promedios son 25 tubérculos para una distancia de 10 cm seguida por un promedio de 23 tubérculos para la distancia de 13 cm por último se obtuvo el promedio de 20 tubérculos para la distancia de 15 cm. El cuadro 28, muestra los promedios de número de tubérculos calibre II para los tratamientos.

Cuadro 28. Promedios de número de tubérculos producidos calibre II por tratamiento

Tratamiento	Promedio (tubérculos)
T 1	28
T 2	17
T 3	23
T 4	16
T 5	23
T 6	23

Ayala (1999), determinó promedios de 49 tubérculos en la variedad Imilla Negra, 46 en la variedad Revolución y 9 en la variedad Americana en diámetros correspondientes a un tamaño III que es de 35 a 45 mm en más aproximado al calibre II. En la cual se puede decir que cada variedad es distinta en cuanto al rendimiento en número de tubérculos.

Duran (2000), encontró resultados de 51 tubérculos en la variedad Alpha y 31 para la variedad Romano en este calibre II a una densidad de plantación de 150 vitro plantas en 4 metros cuadrados.

A mayor densidad del cultivo menos será en tamaño de los tubérculos cosechados. Generalmente para la producción de tubérculos semilla. Se recomienda una mayor densidad para la producción de tubérculos de mayor tamaño (para papas de consumo).

5.6.3. Número de tubérculos calibre III

Los datos de campo de esta variable de respuesta (Anexo 25), fueron evaluados por Análisis de Varianza (Cuadro 29), con un nivel de significancia de ($\alpha = 5\%$) que determino que no existe diferencia significativa en el numero de tubérculos de calibre III, por efecto de las distancias entre líneas, entre plantas y la interacción, por lo tanto se pueden utilizar indistintamente, considerando que los resultados son los mismos.

Cuadro 29. Análisis de varianza para número de tubérculos calibre III

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	477,04	477,04	1,07	0,314	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	1.450,33	725,17	1,63	0,223	ns
Interacción (A x B)	2	1.109,33	554,67	1,25	0,311	ns
Error	18	7.995,25	444,18			
Total	23	11.031,96				
	C.V. =	18,05	%	Media =	117	Tubérculos

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación presento un valor de 18,05 %, considerado aceptable en relación al permitido para investigaciones agrícolas.

La media general para el número de tubérculos de calibre III fue de 117 tubérculos.

Cuadro 30. Promedios de número de tubérculos producidos calibre III para el factor distancia entre líneas

Distancia entre líneas	Promedio (Tubérculos)
$a_1 = 0,25\ m$	121
$a_2 = 0,20\ m$	112

Las distancias entre líneas no influyeron en el número de tubérculos para el calibre III (Cuadro 30). Para este factor se obtuvo una media de 121 tubérculos para la distancia de 25 cm y la media de la distancia de 20 cm que presentó 112 tubérculos.

Cuadro 31. Promedios de número de tubérculos producidos calibre III para el factor distancia entre plantas

Distancia entre plantas	Promedio (Tubérculos)
$b_2 = 0,13\ m$	123
$b_3 = 0,15\ m$	121
$b_1 = 0,10\ m$	106

En las distancias entre plantas (Cuadro 31) se observó que entre los promedios la distancia de 13 cm presentó 123 tubérculos seguido de 121 tubérculos para 10 cm de distancia y finalmente a 10 cm un promedio de 106 tubérculos.

Cuadro 32. Promedios de número de tubérculos producidos calibre III por tratamiento

Tratamiento	Promedio (tubérculos)
T 1	117
T 2	119
T 3	128
T 4	95
T 5	128
T 6	114

El cuadro 32, muestra los promedios de número de tubérculos calibre III para los tratamientos.

Ayala (1999), determinó promedios de 49 tubérculos en la variedad Imilla Negra, 36 en la variedad Revolución y 35 en la variedad Americana en diámetros correspondientes a un tamaño IV que es de 25 a 35 mm el más aproximado al calibre III.

Duran (2000), encontró resultados de 178 tubérculos en la variedad Alpha y 166 para la variedad Romano en este calibre III a una densidad de plantación de 150 vitro plantas en 4 metros cuadrados.

5.6.4. Número de tubérculos calibre IV

En el análisis de varianza con referencia a esta variable para los datos registrados (Anexo 26), halló significancia para el factor distancia entre líneas (Cuadro 33), y para el factor distancia entre plantas.

La interacción no presentó un efecto significativo en el número de tubérculos de calibre IV, lo cual indica que ambos factores actuaron de forma independiente.

Cuadro 33. Análisis de varianza para número de tubérculos calibre IV

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	32.487,04	32.487,04	16,14	0,001	**
Distancia entre Plantas (FB)	2	16.755,08	8.377,54	4,16	0,033	*
Interacción (A x B)	2	13.101,08	6.550,54	3,25	0,062	ns
Error	18	36.233,75	2.012,99			
Total	23	98.576,96				
	C.V. =	9,98	%	Media =	450	Tubérculos

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación para esta variable pronunció un valor de 9,98 %, el cual está dentro el rango de aceptación en campo.

La media general para el número de tubérculos de calibre IV fue de 450 tubérculos.

Cuadro 34. Comparación de medias por el método de Tukey, número de tubérculos producidos de calibre IV para el factor distancia entre líneas

Distancia entre líneas	Promedio (Tubérculos)	Prueba de Tukey ($\alpha= 5\%$)
$a_2 = 0.20 \text{ m}$	487	A
$a_1 = 0.25 \text{ m}$	413	B

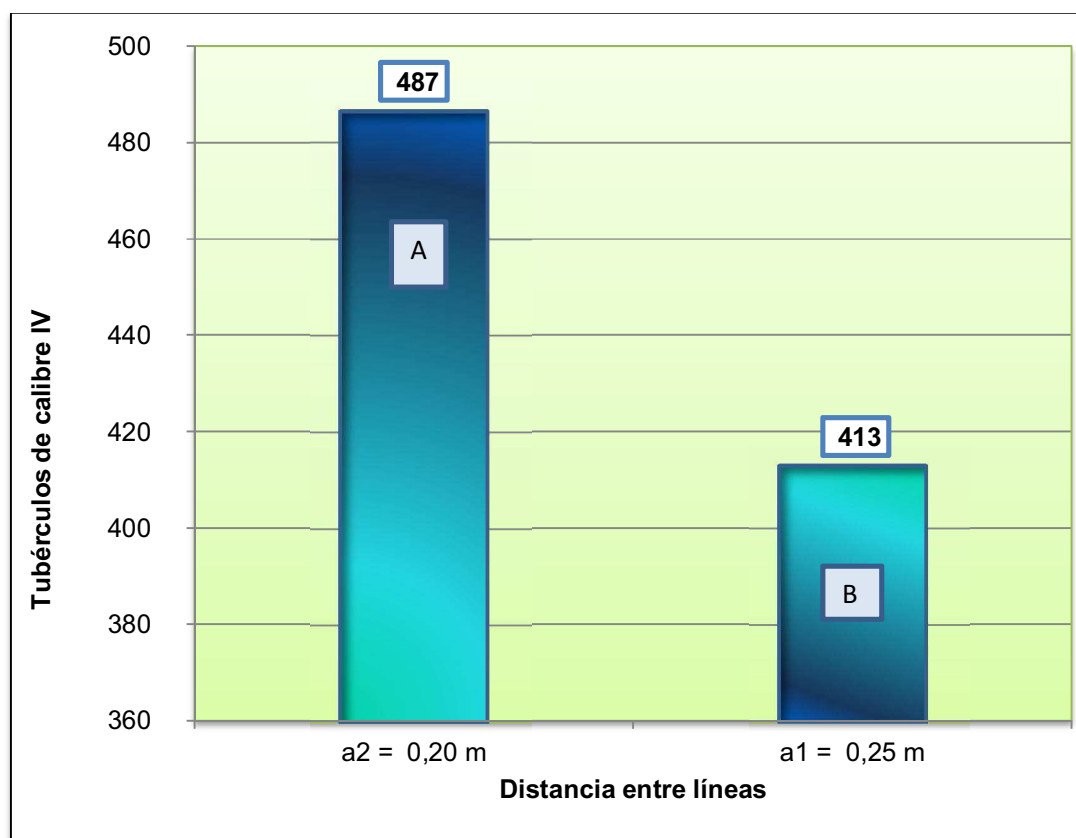


Figura 23. Efectos de la distancia entre líneas sobre número de tubérculos producidos de calibre IV

La prueba de Tukey para el número de tubérculos calibre IV, por efecto de la distancia entre líneas (Cuadro 34), indica que hubo mayor número de tubérculos a una distancia de 20 cm con un promedio de 487 tubérculos mientras que el promedio inferior se generó en la distancia de 25 cm con un promedio de 413 tubérculos.

La mejor producción de las dos distancias entre líneas (Figura 23), para la variedad Ágata es la de 20 cm.

Cuadro 35. Comparación de medias por el método de Tukey, número de tubérculos producidos de calibre IV para el factor distancia entre plantas

Distancia entre plantas	Promedio (Tubérculos)	Prueba de Tukey ($\alpha= 5\%$)
<i>b₁ = 0,10 m</i>	486	A
<i>b₂ = 0,13 m</i>	439	AB
<i>b₃ = 0,15 m</i>	424	B

Para determinar en qué nivel se produjeron los mayores promedios, se realizó la prueba de Tukey a un nivel del 5% para la comparación de medias para el número de tubérculos calibre IV, por efecto de la distancia entre plantas (Cuadro 35). Se estableció que la mayor producción de tubérculos se produjo donde se utilizó 10 cm de distancia entre plantas con un promedio de 486 tubérculos mientras que el promedio inferior se generó en la distancia de 15 cm con un promedio de 424 tubérculos en cambio a una distancia de 13 cm tuvieron un comportamiento intermedio con 439 tubérculos.

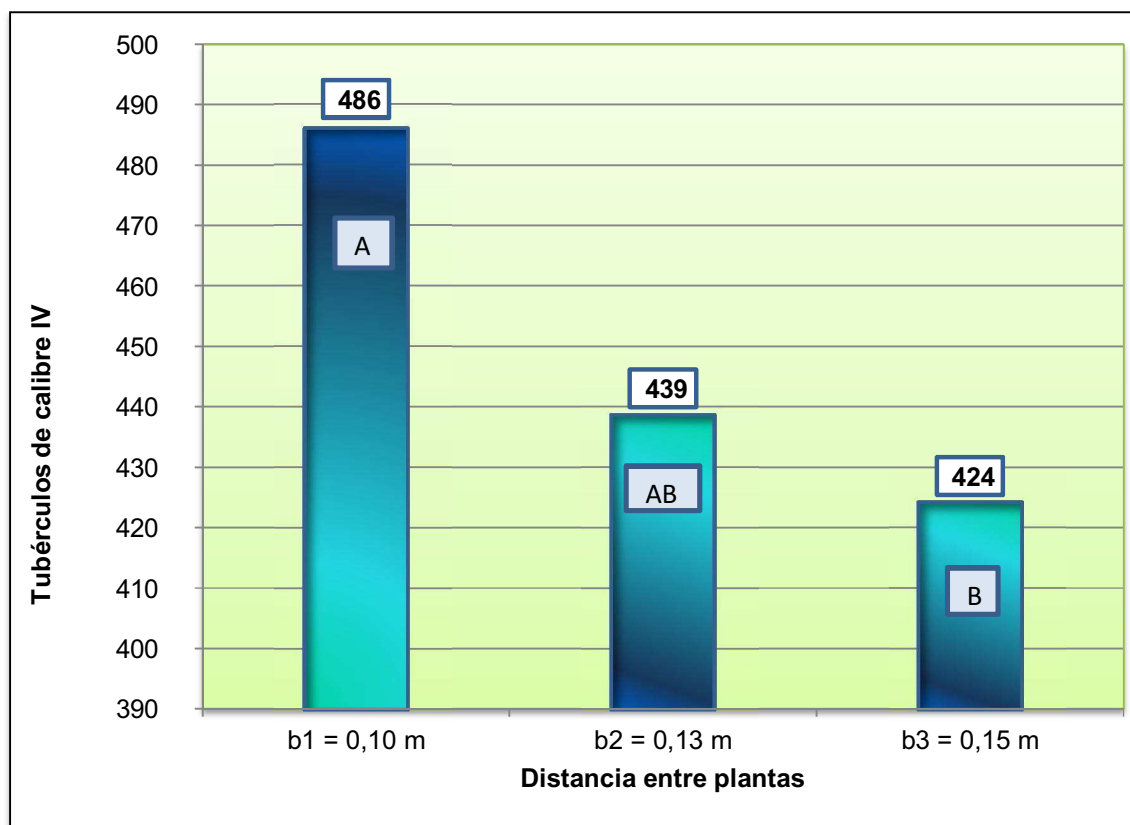


Figura 24. Efectos de la distancia entre plantas sobre número de tubérculos producidos de calibre IV

La mayor producción de tubérculos (Figura 24), se produjo con el 10 cm de distancia entre plantas con un promedio de 486 tubérculos.

Cuadro 36. Promedios de número de tubérculos producidos calibre IV por tratamiento

Tratamiento	Promedio (tubérculos)
T 1	417
T 2	414
T 3	409
T 4	556
T 5	464
T 6	440

El cuadro 36, muestra los promedios de número de tubérculos calibre IV para los tratamientos.

Al respecto Duran (2000), encontró un promedio de 133 tubérculos par la variedad Alpha además de 186 tubérculos en la variedad Romano. Ayala (1999), determino promedios de 20 tubérculos en la variedad Imilla Negra, 13 en la variedad Revolución y 38 en la variedad Americana en diámetros correspondientes a un tamaño V que es de 15 a 25 mm el más aproximado al calibre IV.

La producción y exportación considera fundamentalmente los calibres menores (IV, V y VI) que tienen mayor importancia por el área que abarca en su remultiplicación en la generación siguiente. En relación a ello para el análisis de resultados se tomaron en cuenta la expresión de rendimiento por calibre, con relación a estos resultados podríamos decir que se debe de utilizar la distancia entre plantas de 20 cm entre líneas y 10 cm entre plantas para obtener mayor número de tubérculos de este calibre. Al respecto Martínez (1987) reporta que en consecuencia que la densidad de tallos y/o plantas debe ser relativamente alta, cuando el tamaño pequeño de tubérculos tiene prioridad.

5.6.5. Número de tubérculos calibre V

Los datos de campo de esta variable de respuesta (Anexo 27), fueron evaluados por Análisis de Varianza (Cuadro 37), que determinó que no existe diferencia significativa en el número de tubérculos de calibre V, por efecto de las distancias entre líneas, entre plantas y la interacción, por lo tanto se puede utilizar indistintamente, considerando que los resultados son los mismos.

Cuadro 37. Análisis de varianza para número de tubérculos calibre V

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	13,98	13,98	2,39	0,140	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	12,49	6,24	1,07	0,037	ns
Interacción (A x B)	2	6,38	3,19	0,54	0,589	ns
Error	18	105,47	5,86			
Total	23	138,32				
C.V. =		16,09	%	Media =	231	Tubérculos

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación presentó un valor de 16,09 %, considerado aceptable en relación al permitido para investigaciones agrícolas.

La media general para el número de tubérculos por tratamiento fue de 231 tubérculos.

Cuadro 38. Promedios de número de tubérculos producidos calibre V para el factor distancia entre líneas

Distancia entre líneas	Promedio (Tubérculos)
$a_2 = 0,20 \text{ m}$	256
$a_1 = 0,25 \text{ m}$	206

Las distancias entre líneas no influyeron en el número de tubérculos para el calibre V (Cuadro 38). Para este factor se obtuvo una media de 256 tubérculos para la distancia de 20 cm, superior a la media de la distancia de 25 cm que presentó 206 tubérculos.

Cuadro 39. Promedios de número de tubérculos producidos calibre V para el factor distancia entre plantas

Distancia entre plantas	Promedio (Tubérculos)
$b_1 = 0,10 \text{ m}$	265
$b_2 = 0,13 \text{ m}$	215
$b_3 = 0,15 \text{ m}$	214

En la distancias entre plantas (Cuadro 39) se observó que los promedios para una distancia de 10 cm es de 265 tubérculos, seguido 215 tubérculos para la distancia 13 cm de distancia y finalmente a 15 cm un promedio de 214 tubérculos.

Cuadro 40. Promedios de número de tubérculos producidos calibre V por tratamiento

Tratamiento	Promedio (tubérculos)
T 1	212
T 2	206
T 3	201
T 4	317
T 5	224
T 6	228

El cuadro 40, muestra los promedios de número de tubérculos calibre V para los tratamientos.

Al respecto Duran (2000), encontró un promedio de 155 tubérculos par la variedad Alpha además de 84 tubérculos en la variedad Romano.

Considerando los resultados en este calibre para la producción y exportación podríamos decir que se debe de utilizar indistintamente las distancias entre plantas y entre líneas ya que para esta variable de respuesta los resultados son similares.

5.6.6. Número de tubérculos calibre VI

Los resultados encontrados en el Análisis de varianza (Cuadro 41) para los datos de número de tubérculos calibre VI (Anexo 28), con un nivel de significancia del 5 % indican que el factor A (distancia entre líneas), al igual que el factor B (distancia entre plantas) y la interacción de los factores, no presentaron diferencias significativas, por tanto no influyeron en el rendimiento.

Cuadro 41. Análisis de varianza para número de tubérculos calibre VI

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	12,63	12,63	2,47	0,133	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	11,04	5,52	1,08	0,360	ns
Interacción (A x B)	2	8,92	4,46	0,87	0,434	ns
Error	18	91,92	5,11			
Total	23	124,51				
	C.V. =	21,13	%	Media =	119	Tubérculos

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación presentó un valor de 21,13 %, considerado aceptable en relación al permitido para investigaciones agrícolas.

La media general para el número de tubérculos de calibre VI es de 119 tubérculos.

Cuadro 42. Promedios de número de tubérculos producidos calibre VI para el factor distancia entre líneas

Distancia entre líneas	Promedio (Tubérculos)
$a_2 = 0.20 m$	137
$a_1 = 0.25 m$	101

Las distancias entre líneas no influyeron en el número de tubérculos para el calibre V (Cuadro 42). Para este factor se obtuvo una media de 137 tubérculos para la distancia de 20 cm y una media de 101 tubérculos en la distancia de 25 cm.

Cuadro 43. Promedios de número de tubérculos producidos calibre VI para el factor distancia entre plantas

Distancia entre plantas	Promedio (Tubérculos)
<i>$b_1 = 0.10 m$</i>	141
<i>$b_2 = 0.13 m$</i>	113
<i>$b_3 = 0.15 m$</i>	102

En la distancias entre plantas (Cuadro 43) se observó que los promedios para una distancia de 10 cm es de 141 tubérculos, seguido 113 tubérculos para 13 cm de distancia y finalmente 102 tubérculos para una distancia de 15 cm.

Cuadro 44. Promedios de número de tubérculos producidos calibre VI por tratamiento

Tratamiento	Promedio (tubérculos)
T 1	103
T 2	95
T 3	104
T 4	178
T 5	131
T 6	100

El cuadro 44, muestra los promedios de número de tubérculos calibre VI para los tratamientos.

Los resultados en este calibre para la producción y exportación, reportan que se podríamos utilizar indistintamente las distancias entre plantas y entre líneas ya que para esta variable de respuesta los resultados son similares.

5.7. Peso de tubérculos por metro cuadrado

Los datos de campo de esta variable de respuesta (Anexo 29), fueron evaluados por Análisis de Varianza (Cuadro 45), con un nivel de significancia de ($\alpha = 5\%$) que determinó que no existe diferencia significativa en el peso de tubérculos por m^2 , por efecto de las distancias entre líneas, entre plantas y la interacción, por lo tanto se puede utilizar indistintamente, considerando que los resultados son los mismos.

Cuadro 45. Análisis de varianza para el peso de tubérculos por m^2

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	0,08	0,08	2,64	0,122	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	0,09	0,05	1,55	0,240	ns
Interacción (A x B)	2	0,04	0,02	0,76	0,481	ns
Error	18	0,53	0,03			
Total	23	0,74				
C.V. =		6,42	%	Media =	2,663	kg

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación para esta variable fue de 6,42 %, el cual está dentro el rango de aceptación para el manejo de las unidades experimentales en condiciones de campo. La media general para el peso de tubérculos por m^2 fue de 2,663 kg.

Cuadro 46. Promedios de peso de tubérculos por m^2 para el factor distancia entre líneas (kg)

Distancia entre líneas	Promedio (kg)
$a_2 = 0,20 m$	2,720
$a_1 = 0,25 m$	2,607

El factor distancia entre líneas (Cuadro 46) indica que la distancia de 20 cm presento un peso con un promedio de 2,720 kg mientras que el promedio seguida de la distancia de 25 cm con un promedio de 2,607 kg.

Cuadro 47. Promedios de peso de tubérculos por m² para el factor distancia entre plantas (kg)

Distancia entre plantas	Promedio (kg)
<i>b₁ = 0,10 m</i>	2,750
<i>b₃ = 0,15 m</i>	2,625
<i>b₂ = 0,13 m</i>	2,615

La distancia entre plantas no influyo en el peso de tubérculos por m² (Cuadro 47), aunque no se observaron diferencias entre los promedios. La distancia entre plantas de 10 cm presento un promedio en el peso de tubérculos por m² con un valor de 2,750 kg, seguida de un promedio de 2,625 kg para la distancia de 15 cm y finalmente el promedio de 2,615 kg para la distancia de 13 cm.

Cuadro 48. Promedios de peso de tubérculos por m² por tratamiento

Tratamiento	Promedio (kg)
T 1	2,725
T 2	2,494
T 3	2,594
T 4	2,769
T 5	2,731
T 6	2,650

El cuadro 48, muestra los promedios de peso de tubérculos por m² para los tratamientos.

Ayala (1999), determinó promedios de 4,480 kg/m² en la variedad Imilla Negra, 5,540 kg/m² en la variedad Revolución y 0,930 kg/m² en la variedad Americana. Duran

(2000), encontró resultados de 10,123 kg/m² en la variedad Alpha y 10,233 kg/m² para la variedad Romano a una densidad de plantación de 150 vitro plantas en 4 metros cuadrados.

Al respecto Gallardo (1997), determinó que en relación al peso no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos, variando el promedio de 4,060 a 4,420 kg/m² para 1 y 3 microtubérculos por punto, respectivamente, en la variedad Andinita el cual atribuye a la tendencia de la especie *Solanum tuberosum*, de disminuir el peso individual de los tubérculos al aumentar su número, manifestándose el balance en el peso total.

Este mismo autor menciona a Lommen y Struik (1992), quienes reportan haber obtenido mayor número de tubérculos por m² a medida que la densidad en los cultivares Ostara, Bintje y Elkana, se incrementó de 50 a 800 vitroplantas por m²; sin embargo, no obtuvieron diferencias en cuanto al peso. De igual modo, Regan *et al.* (1995), encontraron que la producción por m² del cv. Désirée se incrementó, al aumentar el número de vitroplantas por m², mientras que el peso de tubérculos por planta disminuyó. Resultados contrarios fueron señalados por Ranalli *et al.* (1994), quienes obtuvieron mayor producción de tubérculos en toneladas por hectárea, cuando los microtubérculos del cv. Monalisa se plantaron en campo a un menor espaciamiento entre hileras; igual tendencia fue registrada para el número total de tubérculos por m².

5.8. Peso de tubérculos por tratamiento

Los resultados encontrados en el Análisis de varianza (Cuadro 49) para los datos de peso de tubérculos por tratamiento (Anexo 30), con un nivel de significancia del 5 % indican que el factor A (distancia entre líneas), al igual que el factor B (distancia entre plantas) y la interacción no presentaron diferencias significativas, por tanto no influyen en el peso de tubérculos por tratamiento.

Cuadro 49. Análisis de varianza para peso de tubérculos por tratamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	1,22	1,22	2,60	0,124	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	1,44	0,72	1,54	0,241	ns
Interacción (A x B)	2	0,75	0,38	0,81	0,462	ns
Error	18	8,41	0,47			
Total	23	11,82				
	C.V. =	6,42	%	Media =	10,642	kg

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación para esta variable obtuvo un valor de 6,42 %, el cual está dentro el rango de tolerancia para el manejo de las unidades experimentales en condiciones de campo.

La media general para el peso de tubérculos por tratamiento fue de 10,642 kg.

Cuadro 50. Promedios de peso de tubérculos por tratamiento para el factor distancia entre líneas (kg)

Distancia entre líneas	Promedio (kg)
$a_2 = 0,20\ m$	10,867
$a_1 = 0,25\ m$	10,417

La producción en las dos distancias entre líneas (Cuadro 50), para la variedad Ágata a 20 cm un promedio de 10,867 kg, seguida de la distancia de 25 cm con 10,417 kg.

Cuadro 51. Promedios de peso de tubérculos por tratamiento para el factor distancia entre plantas (kg)

Distancia entre plantas	Promedio (kg)
$b_1 = 0,10 m$	10,988
$b_3 = 0,15 m$	10,488
$b_2 = 0,13 m$	10,450

La distancias entre plantas no influyó en el peso de tubérculos por tratamiento (Cuadro 41), aunque no se observaron diferencias entre los promedios, la distancia entre plantas de 10 cm presento un promedio en el peso de tubérculos de 10,988 kg seguida de un promedio de 10,488 kg para la distancia de 15 cm finalmente el promedio de 10,450 kg para la distancia de 13 cm.

Cuadro 52. Promedios de peso de tubérculos por tratamiento

Tratamiento	Promedio (kg)
T 1	10,900
T 2	9,975
T 3	10,375
T 4	11,075
T 5	10,925
T 6	10,600

El cuadro 52, muestra los promedios de peso de tubérculos para los tratamientos.

El peso de los tubérculos por tratamiento no mostró diferencia significativa en relación a las densidades evaluadas.

5.9. Peso de tubérculos por calibre

5.9.1. Peso de tubérculos calibre II

Esta variable de respuesta (Anexo 31), fue evaluada (Cuadro 53), determino que no existe diferencia significativa en el peso de tubérculos de calibre II, por efecto de las distancias entre líneas, entre plantas y la interacción, por lo tanto se pueden utilizar indistintamente, considerando que los resultados son los mismos.

Cuadro 53. Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre II

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	0,01	0,01	0,66	0,426	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	0,03	0,01	0,83	0,451	ns
Interacción (A x B)	2	0,05	0,03	1,53	0,243	ns
Error	18	0,31	0,02			
Total	23	0,41				
	C.V. =	9,20	%	Media =	1,067	kg

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación presento un valor de 9,20 %, considerado aceptable en relación al permitido para investigaciones agrícolas.

La media general para el peso de tubérculos calibre II fue de 1,067 kg.

Cuadro 54. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre II para el factor distancia entre líneas (kg)

Distancia entre líneas	Promedio (kg)
$a_1 = 0,25 \text{ m}$	1,142
$a_2 = 0,20 \text{ m}$	0,992

El peso de tubérculos (Cuadro 54), a una distancia de 25 cm obtuvo un promedio de 1,142 kg mientras que el promedio en la distancia de 20 cm fue de 0,992 kg no siendo significativos en la distancia entre líneas.

Cuadro 55. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre II para el factor distancia entre plantas (kg)

Distancia entre plantas	Promedio (kg)
<i>b₁ = 0,10 m</i>	1,1375
<i>b₃ = 0,15 m</i>	1,1375
<i>b₂ = 0,13 m</i>	0,925

Como las tres distancias entre plantas no presentó diferencias significativas en peso de tubérculos calibre II (Cuadro 55), los promedios son 1,1375 kg para una distancia de 10 cm y 15 cm seguida por un promedio de 0,925 kg para la distancia de 13 cm.

Cuadro 56. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre II por tratamiento

Tratamiento	Promedio (kg)
T 1	1,400
T 2	0,850
T 3	1,175
T 4	0,650
T 5	1,000
T 6	1,100

El cuadro 56, muestra los promedios de peso de tubérculos calibre II para los tratamientos.

Ayala (1999), determinó promedios de 1,720 kg/m² en la variedad Imilla Negra, 1,810 kg/m² en la variedad Revolución y 0,360 kg/m² en la variedad Americana en diámetros correspondientes a un tamaño III que es de 35 a 45 mm en más aproximado al calibre II. En la cual se puede decir que cada variedad es distinta en cuanto al rendimiento en peso de tubérculos.

Duran (2000) reportó rendimientos de 3,197 kg/m² para la variedad Alpha y 2,052 kg/m² en la variedad Romano.

5.9.2. Peso de tubérculos calibre III

Los datos de campo de esta variable de respuesta (Anexo 32), fueron evaluados por Análisis de Varianza (Cuadro 57), con un nivel de significancia de ($\alpha = 5\%$) que determinó que no existe diferencia significativa en el peso de tubérculos de calibre III por efecto de las distancias entre líneas, entre plantas y la interacción, por lo tanto se pueden utilizar indistintamente, considerando que los resultados son los mismos.

Cuadro 57. Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre III

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	0,77	0,77	1,82	0,194	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	0,88	0,44	1,04	0,373	ns
Interacción (A x B)	2	0,58	0,29	0,68	0,518	ns
Error	18	7,60	0,42			
Total	23	9,83				
	C.V. =	20,50	%	Medía =	3,171	kg

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación presentó un valor de 20,50 %, considerado aceptable en relación al permitido para investigaciones agrícolas.

La media general para el peso de tubérculos calibre III fue de 3,171 kg.

Cuadro 58. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre III para el factor distancia entre líneas (kg)

Distancia entre líneas	Promedio (kg)
<i>a₁ = 0,25 m</i>	3,350
<i>a₂ = 0,20 m</i>	2,992

Las distancias entre líneas no influyeron en el peso de tubérculos para el calibre III (Cuadro 58). Para este factor se obtuvo una media de 3,350 kg para la distancia de 25 cm, superior a la media de la distancia de 20 cm que presentó 2,992 kg.

Cuadro 59. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre III para el factor distancia entre plantas (kg)

Distancia entre plantas	Promedio (kg)
<i>b₃ = 0,15 m</i>	3,313
<i>b₂ = 0,13 m</i>	3,300
<i>b₁ = 0,10 m</i>	2,900

En las distancias entre plantas (Cuadro 59) se observó que entre los promedios el mayor valor es para una distancia de 15 cm con 3,313 kg seguido 3,300 kg para 13 cm de distancia y finalmente a 10 cm un promedio de 2,900 kg.

Cuadro 60. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre III por tratamiento

Tratamiento	Promedio (kg)
T 1	3,250
T 2	3,275
T 3	3,525
T 4	2,550
T 5	3,325
T 6	3,100

El cuadro 60, muestra los promedios de peso de tubérculos calibre III para los tratamientos.

Ayala (1999), determinó promedios de 0,850 kg/m² en la variedad Imilla Negra, 0,600 kg/m² en la variedad Revolución y 0,420 kg/m² en la variedad Americana que en diámetros correspondientes a un tamaño IV que es de 25 a 35 mm el más aproximado al calibre III. Duran (2000), encontró resultados de 4,880 kg/m² en la variedad Alpha y 5,519 kg/m² para la variedad Romano en este calibre III a una densidad de plantación de 150 vitro plantas en 4 metros cuadrados.

5.9.3. Peso de tubérculos calibre IV

En el análisis de varianza con referencia a esta variable para los datos registrados (Anexo 33), halló significancia para el factor distancia entre líneas (Cuadro 61), en cambio para el factor distancia entre plantas y la interacción no presentó un efecto significativo en el peso de tubérculos de calibre IV.

Cuadro 61. Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre IV

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	4,08	4,08	10,01	0,005	* *
Distancia entre Plantas (FB)	2	1,25	0,62	1,53	0,243	ns
Interacción (A x B)	2	0,42	0,21	0,52	0,604	ns
Error	18	7,32	0,41			
Total	23	13,08				
	C.V. =	11,68	%	Medía =	5,463	kg

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación para esta variable pronunció un valor de 11,68 %, el cual está dentro el rango de aceptación para el manejo de las unidades experimentales en condiciones de campo.

La media general para el peso de tubérculos de calibre IV fue de 5,463 kg.

Cuadro 62. Comparación de medias por el método de Tukey, peso de tubérculos producidos de calibre IV para el factor distancia entre líneas (kg)

Distancia entre líneas	Promedio (kg)	Prueba de Tukey ($\alpha=5\%$)
$a_2 = 0,20\ m$	5,875	A
$a_1 = 0,25\ m$	5,050	B

La prueba de Tukey para el peso de tubérculos calibre IV, por efecto de la distancia entre líneas (Cuadro 62), indica que hubo mayor peso de tubérculos a una distancia de 20 cm con un promedio de 5,875 kg mientras que el promedio inferior se generó en la distancia de 25 cm con un promedio de 5,050 kg.

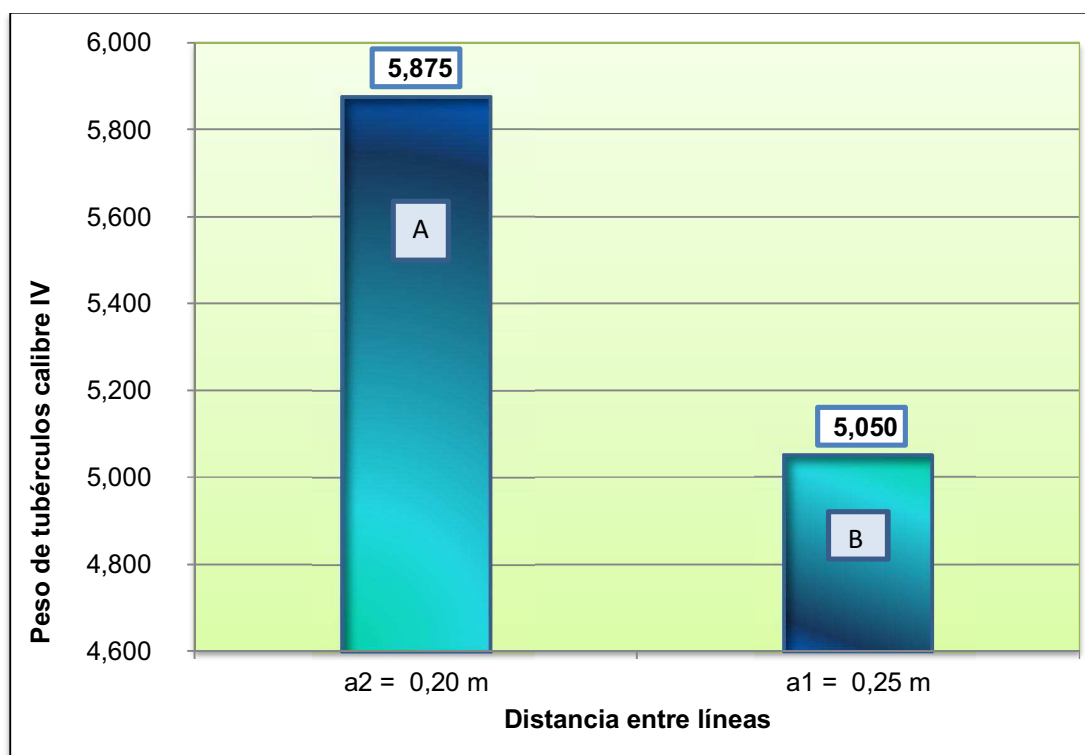


Figura 25. Efecto de la distancia entre líneas sobre peso de tubérculos producidos de calibre IV

El que tuvo mejor producción en las dos distancias entre líneas (Figura 25), para la variedad Ágata fue con la distancia de 20 cm con 5,875 kg.

Al respecto Duran (2000), encontró un promedio de 1,410 kg para la variedad Alpha además de 2,440 kg en la variedad Romano. Ayala (1999), determino promedios de 0,090 kg/m² en la variedad Imilla Negra, 0,060 kg/m² en la variedad Revolución y 0,150 kg/m² en la variedad Americana en diámetros correspondientes a un tamaño V que es de 15 a 25 mm el más aproximado al calibre IV.

Con relación a estos resultados podríamos decir que se debe de utilizar la distancia entre plantas de 20 cm entre líneas para obtener mayor peso de tubérculos de este calibre.

Cuadro 63. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre IV para el factor distancia entre plantas (kg)

Distancia entre plantas	Promedio (kg)
<i>b₁ = 0,10 m</i>	5,775
<i>b₂ = 0,13 m</i>	5,375
<i>b₃ = 0,15 m</i>	5,238

Para el número de tubérculos calibre IV, por efecto de la distancia entre plantas (Cuadro 63), indica que los promedio en peso de tubérculos a una distancia de 10 cm con un promedio de 5.775 kg, seguida de la distancia de 13 cm con el promedio de 5.375 kg por último el promedio en la distancia de 15 cm con 5.238 kg.

El cuadro 64, muestra los promedios de peso de tubérculos calibre IV para los tratamientos.

Cuadro 64. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre IV por tratamiento

Tratamiento	Promedio (kg)
T 1	5,175
T 2	5,050
T 3	4,925
T 4	6,375
T 5	5,700
T 6	5,550

5.9.4. Peso de tubérculos calibre V

Los datos de campo de esta variable de respuesta (Anexo 34), fueron evaluados por Análisis de Varianza (Cuadro 65), que determinó que no existe diferencia significativa en el peso de tubérculos de calibre V, por efecto de las distancias entre líneas, distancia entre plantas y la interacción, por lo tanto se puede utilizar indistintamente, considerando que los resultados son los mismos.

Cuadro 65. Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre V

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	0,04	0,04	3,40	0,082	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	0,05	0,02	2,17	0,143	ns
Interacción (A x B)	2	0,01	0,01	0,60	0,559	ns
Error	18	0,20	0,01			
Total	23	0,30				
C.V. =		7,53	%	Media =	0,967	kg

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación presentó un valor de 7,53 %, aceptable en relación al permitido para investigaciones agrícolas.

La media general para el peso de tubérculos calibre V fue de 0,967 kg.

Cuadro 66. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre V para el factor distancia entre líneas (kg)

Distancia entre líneas	Promedio (kg)
<i>a₂ = 0,20 m</i>	1,083
<i>a₁ = 0,25 m</i>	0,850

Las distancias entre líneas no influyeron en el peso de tubérculos para el calibre V (Cuadro 66). Para este factor se obtuvo una media de 1,083 kg para la distancia de 20 cm y una distancia de 25 cm que presentó una media de 0,850 kg.

Cuadro 67. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre V para el factor distancia entre plantas (kg)

Distancia entre plantas	Promedio (kg)
<i>b₁ = 0,10 m</i>	1,150
<i>b₂ = 0,13 m</i>	0,900
<i>b₃ = 0,15 m</i>	0,850

En las distancias entre plantas (Cuadro 67) se observó que los promedios para una distancia de 10 cm es de 1,150 kg seguido 0,900 kg para 13 cm de distancia y finalmente a 15 cm un promedio de 0,850 kg.

El cuadro 68, muestra los promedios de peso de tubérculos calibre V para los tratamientos.

Al respecto Duran (2000), encontró un promedio de 0,518 kg para la variedad Alpha además de 0,326 kg en la variedad Romano.

Considerando los resultados en este calibre para la producción y exportación podríamos decir que se debe de utilizar indistintamente las distancias entre plantas y entre líneas ya que para esta variable de respuesta los resultados son similares.

Cuadro 68. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre V por tratamiento

Tratamiento	Promedio (kg)
T 1	0,925
T 2	0,825
T 3	0,800
T 4	1,375
T 5	0,975
T 6	0,900

El cuadro 68, muestra los promedios de peso de tubérculos calibre V para los tratamientos.

5.9.5. Peso de tubérculos calibre VI

Los resultados encontrados en el Análisis de varianza (Cuadro 69) para los datos de peso de tubérculos calibre VI (Anexo 35), con un nivel de significancia del 5 % indican que el factor A (distancia entre líneas), al igual que el factor B (distancia entre plantas) y la interacción de los factores A x B, no presentaron diferencias significativas, por tanto no influyeron.

Cuadro 69. Análisis de varianza para peso de tubérculos calibre VI

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr >F	Significancia
Distancia entre Líneas (FA)	1	0,00004	0,00004	0,02	0,90	ns
Distancia entre Plantas (FB)	2	0,00151	0,00076	0,36	0,70	ns
Interacción (A x B)	2	0,00018	0,00009	0,04	0,96	ns
Error	18	0,03820	0,00212			
Total	23	0,03992				
	C.V. =	4,06	%	Media =	0,29	kg

ns = No significativo a P: 0,05

* = Significativo a P: 0,05

** = Significativo a P: 0,01

El coeficiente de variación para esta variable pronunció un valor de 4,06 %, que está dentro el rango de aceptación para el manejo de las unidades experimentales en condiciones de campo.

La media general para el peso de tubérculos de calibre IV fue de 0,288 kg.

Cuadro 70. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre VI para el factor distancia entre líneas (kg)

Distancia entre líneas	Promedio (kg)
$a_2 = 0,20 m$	0,292
$a_1 = 0,25 m$	0,283

Las distancias entre líneas no influyeron en el peso de tubérculos para el calibre VI (Cuadro 70). Para este factor se obtuvo una media de 0,292 kg para la distancia de 20 cm, seguida de la media de la distancia de 25 cm que presento 0,283 kg.

Cuadro 71. Promedios de peso de tubérculos producidos por calibre VI para el factor distancia entre plantas (kg)

Distancia entre plantas	Promedio (kg)
<i>$b_2 = 0,13 m$</i>	0,313
<i>$b_1 = 0,10 m$</i>	0,275
<i>$b_3 = 0,15 m$</i>	0,275

En las distancias entre plantas (Cuadro 71) se observó que entre los promedios el mayor valor es para una distancia de 13 cm con 0,313 kg seguido de 0,275 kg para 13 cm y 10 cm de distancia.

Cuadro 72. Promedios de peso de tubérculos producidos calibre VI por tratamiento

Tratamiento	Promedio (kg)
T 1	0,275
T 2	0,300
T 3	0,275
T 4	0,275
T 5	0,325
T 6	0,275

El cuadro 72, muestra los promedios de peso de tubérculos calibre VI para los tratamientos.

Los resultados en este calibre para la producción y exportación, reportan que se podrían utilizar indistintamente las distancias entre plantas y entre líneas ya que para esta variable de respuesta ya que los resultados son similares.

5.10. Análisis económico

El análisis económico realizado para este estudio, tomó en cuenta los costos de producción como egresos y el valor del precio final del producto como ingresos.

El total del egreso fue la suma de los costos fijos y variables en la producción.

Los costos parciales de producción (Anexo 36) tomando en cuenta los costos de materiales, equipos, e insumos, sumando un total de \$us 1398,04 los factores que más influyen en los costos de producción son los costos variables.

5.10.1. Beneficio bruto

El beneficio bruto obtenido resulto del precio por unidad de tubérculo por calibre distribuido en el mercado, con un precio para cada calibre (Anexo 37).

Cuadro 73. Referencia de la relación beneficio bruto del estudio

Detalle	Calibres	Beneficio bruto (\$us)	Beneficio bruto por tratamiento (\$us)
T 1	II	0,00	490,64
	III	88,92	
	IV	250,05	
	V	110,37	
	VI	41,30	
T 2	II	0,00	483,05
	III	90,06	
	IV	248,10	
	V	106,99	
	VI	37,90	
T 3	II	0,00	488,33
	III	97,47	
	IV	245,10	
	V	104,26	
	VI	41,50	
T 4	II	0,00	641,35
	III	72,01	
	IV	333,30	
	V	164,84	
	VI	71,20	

Detalle	Calibres	Beneficio bruto (\$us)	Beneficio bruto por tratamiento (\$us)
T 5	II	0,00	544,72
	III	97,47	
	IV	278,40	
	V	116,35	
	VI	52,50	
T 6	II	0,00	509,3
	III	86,64	
	IV	264,00	
	V	118,56	
	VI	40,10	

5.10.2. Beneficio neto

El beneficio neto que se obtuvo, Cuadro 74, indica que el T - 3 presenta el mayor beneficio con un valor de \$us 76,44 seguida de los tratamientos T - 4 y T - 5 con valores de \$us 64.34 y \$us 53,71 respectivamente.

Cuadro 74. Detalle del beneficio neto del estudio

Tratamiento	Nº de plántulas	Costo de plántulas (c.v.)	Costo de producción (c.f.)	Costo total	Ingresos	Beneficio
T 1	160	275,20	233,01	508,21	490,64	-17,57
T 2	120	206,40	233,01	439,41	483,05	43,64
T 3	104	178,88	233,01	411,89	488,33	76,44
T 4	200	344,00	233,01	577,01	641,35	64,34
T 5	150	258,00	233,01	491,01	544,72	53,71
T 6	130	223,60	233,01	456,61	509,30	52,69

Los menores beneficios netos se consiguieron con las distancias entre líneas de 25 cm en los tratamientos T - 1, T - 2 con valores de \$us -17,57 y \$us 43,64 respectivamente.

5.10.3. Relación beneficio costo

La relación beneficio costo del Cuadro 75, nos revela las ganancias que se obtuvieron al invertir una cierta cantidad de dinero.

Cuadro 75. Detalle del beneficio/costo del estudio

TRATAMIENTO	B/C
T 1	0,97
T 2	1,10
T 3	1,19
T 4	1,11
T 5	1,11
T 6	1,12

Se puede observar que las mayores rentabilidades se obtienen con los tratamientos T - 3, T - 6, T - 4 y T - 5.

El tratamiento 3 con un beneficio costo de 1,19 (Figura 26) lo que significa que por cada dólar de inversión se logra ganar 0,19 dólares.

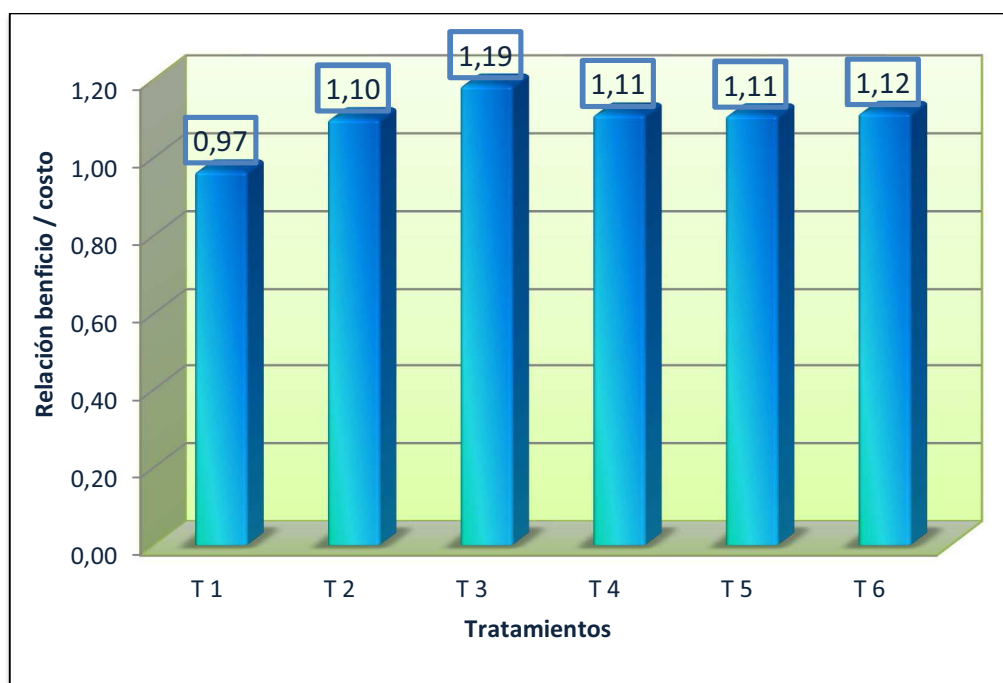


Figura 26. Beneficio/costo obtenido en los tratamientos

En el Cuadro 60, se representa el beneficio costo, ajustando los datos para un total de 1000 plantas para cada tratamiento.

Cuadro 76. Detalle del beneficio/costo ajustado para 1000 plantas

TRAT.	Nº de plántulas	Costo de plántulas (C.V.)	Costo de producción (C.F.)	Costo total	Ingresos	Beneficio	B/C
T 1	1000	1720,00	233,01	1953,01	3066,50	1113,49	1,57
T 2	1000	1720,00	233,01	1953,01	4025,42	2072,41	2,06
T 3	1000	1720,00	233,01	1953,01	4695,48	2742,47	2,40
T 4	1000	1720,00	233,01	1953,01	3206,75	1253,74	1,64
T 5	1000	1720,00	233,01	1953,01	3631,47	1678,46	1,86
T 6	1000	1720,00	233,01	1953,01	3917,69	1964,69	2,01

Se puede observar claramente que el tratamiento 3 presenta un mejor beneficio costo siendo superior a todos los tratamientos con un valor de 2,40 esto representa que por cada dólar de inversión se logra ganar 1,40 centavos de dólar.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos, se concluye que:

- No se encontraron diferencias significativas, tanto en distancia entre líneas como entre plantas con relación a la altura de plantas así como en diámetro de tallos. Asimismo el porcentaje de prendimiento no fue significativo tanto en distancia entre líneas como entre plantas, de esta manera se podría decir que si el interés económico estuviera en estas variables sería indistinto utilizar estos tratamientos para obtener mayor altura, diámetro o prendimiento en la variedad Ágata.
- El número de tubérculo por m² con relación al total indica que el factor distancia entre líneas de 20 cm presentó mayor cantidad de tubérculos con un promedio estadísticamente superior de 246 tubérculos, mientras que el promedio inferior se generó en la distancia de 25 cm con un promedio de 216 tubérculos. Demostrando que a una menor distancia mayor cantidad de tubérculos. Al igual que para el número de tubérculos por tratamiento, por efecto de la distancia entre líneas hubo mayor número de tubérculos a una distancia de 20 cm con un promedio de 1.012 tubérculos, y que el promedio inferior se generó en la distancia de 25 cm con un promedio de 864 tubérculos. No presentando diferencias en las distancias entre plantas.
- El número de tubérculos producidos por calibres tanto II y III indican que el factor distancia entre líneas como entre plantas no presentaron diferencias significativas con una media de 23 tubérculos calibre II y 117 tubérculos calibre III.
- El factor distancia entre líneas como distancia entre plantas, presentan diferencias significativas en cuanto al número de tubérculos producidos en el calibre IV, la prueba de Tukey estableció que hubo mayor número de tubérculos a una distancia de 20 cm con un promedio de 487 tubérculos que en la distancia de 25 cm con 413 tubérculos, además que la mayor producción

de tubérculos se produjo con 10 cm de distancia entre plantas con un promedio de 486 tubérculos, el promedio inferior se generó en la distancia de 15 cm con un promedio de 424 tubérculos, en cambio a una distancia de 13 cm se tuvo un comportamiento intermedio con 439 tubérculos.

- El número de tubérculos producidos por calibres de V y VI nos indica que el factor distancia entre líneas como entre plantas no presentan diferencias significativas obteniendo una media de 231 tubérculos de calibre V y 119 tubérculos de calibre VI.
- Se determinó que no existe diferencia significativa en el peso de tubérculos por m^2 , como efecto de las distancias entre líneas, entre plantas y la interacción de ambos. Por lo tanto se puede utilizar indistintamente, considerando que los resultados son los mismos. La media general para el peso de tubérculos por m^2 fue de 2,663 kg, y el peso de los tubérculos por tratamiento no mostró diferencia significativa en relación a las densidades evaluadas con una media de 10,642 kg.
- No existe diferencia significativa en el peso de tubérculos de calibre II, por efecto de las distancias entre líneas, entre plantas y la interacción. Por consiguiente se pueden utilizar indistintamente, siendo la media general de 1,067 kg, y de la misma forma el peso de tubérculos de calibre III, la media general fue de 3,171 kg.
- En el peso de tubérculos de calibre IV se determinó que existe significancia para el factor distancia entre líneas, indica que hubo mayor peso de tubérculos a una distancia de 20 cm con un promedio de 5,875 kg, y el promedio inferior se generó en la distancia de 25 cm con un promedio de 5,050 kg. En cambio para el factor distancia entre plantas y la interacción no presentó un efecto significativo.
- Se determinó que no existe diferencia significativa en el peso de tubérculos de calibre V, por efecto de las distancias entre líneas, distancia entre plantas y la

interacción. Por lo tanto se puede utilizar indistintamente, considerando que los resultados son los mismos. La media general para el peso de tubérculos calibre V es de 0,967 kg, y el calibre VI fue de 0,288 kg.

- En términos económicos el mayor beneficio bruto se encontró en el tratamiento cuatro con un valor de \$us 641,35 al cual le corresponden las densidades de 50 plantas por m² (10x25cm). El tratamiento tres presenta el mayor beneficio con un valor de \$us 76,44 seguida de los tratamientos cuatro y cinco con valores de \$us 64,34 y \$us 53,71 respectivamente. El tratamiento tres con un beneficio costo de 1,19 lo que significa que por cada dólar de inversión se logra ganar 0,19 dólares.
- Realizando los ajustes de los beneficios costo para un total de 1000 plantas para cada tratamiento, se observa claramente que el tratamiento tres presenta un mejor beneficio costo, siendo superior a todos los tratamientos con un valor de 2,40 esto representa que por cada dólar de inversión se logra ganar \$us 1,40.

7. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda:

- Validar el presente estudio en la variedad Ágata en próximas gestiones agrícolas y trabajar con otras variedades para determinar la respuesta varietal a estas condiciones.
- Determinar la densidad más adecuada respecto a los calibres deseados, para satisfacer la demanda de los clientes.
- Continuar con las investigaciones y difusión de técnicas de producción de semilla pre-básica en las diferentes zonas del país.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AGRAMONTE, P. D.; JIMENES, F.; DITA, M.** 1998. Aclimatización, Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología. Instituto de biotecnología de las plantas Ed. GEO. Santa clara, Cuba.
- AGRAMONTE, P. D.; PÉREZ, P. J.** 1992. Fundamentos teóricos del cultivo *in vitro*. In Conferencia sobre técnicas modernas de mejoramiento y multiplicación de especies agámicas (1., 1992, Santa Clara, Cuba). 1992. Primer curso FAO – Francia – Cuba.) Instituto de biotecnología de las plantas UCLV. Santa clara, Cuba. s.p.
- AGUILERA, J.** 1995. Producción de tubérculos semilla de papa en camas protegidas. PROINPA, CIP, COTESU. Manual técnico 1/95, s.n.
- AGUIRRE, G.; AGUILERA, J.** 1993. Producción de tubérculos semilla de papa en camas rusticas protegidas. III reunión nacional de la papa, PROINPA, UPS/SEPA, PROSEMPA. Compendio de expositores. pp 53-56.
- AGUIRRE, G.; SOTOMAYOR, N.; VILLARROEL, C.** 1994. Determinación de la tasa de multiplicación *in vitro* de nueve cultivares priorizados de papa. Reunion Nacional de la Papa. III., 1994. Cochabamba. 1994. Compendio de exposiciones. PROINPA, UPS – SEPA, PROSEMPA. Cochabamba, Bolivia. p.41.
- ALLEN, E. J.** 1978. The potato. The scientific basis for improvement. Harris and Hall. London. 71-189.
- ALPI, A.; LADO, P.; MARRÉ, E.** 1980. Ormoni delle piante e fitoregolatori sintetici. Ed. Piccin. Padova Italia. pp. 19, 21.
- AVILA, T. M.** 1992. Efecto de 21 medios de cultivo y 3 niveles de luz sobre la tuberización *in vitro* en 3 variedades de papa indígena. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba Bolivia. 121 p.
- AYALA, CH. C.** 1999. Técnicas de propagación vegetativa para la producción de tubérculos – semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) en camas protegidas. Tesis de Grado Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. 116 p.

- BAJAJ, Y. P. S.** 1987. *Biotechnology in Agriculture and Forestry, 3 Potato*. Springer-Verlang, Berlín Heidelberg New York. Germani.
- BARREIRA, E. A.** 1978. *Fundamentos de edafología para la agricultura. Hemisferio Sur*. Buenos Aires, Argentina. p. 3, 26.
- BEGON, M.; HARPER L. J.; Townsend.** 1987. *Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Ed. Omega S. A. Barcelona, España. pp. 680 – 710.
- BEUKEMA, H. P.; VAN DER ZAAG, D. E.** 1990. *Introduction to potato production*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC). Wageningen, Holanda. pp 39,43.
- BIOTOL (Project Biotechnology by Open Learning).** 1993. *In vitro* Cultivation of Plan Cells. Open Universiteit, The Netherland and University of Greenwich. Butterworth- Heinemann. Martins The Printers Gran Bretaña. 199 p.
- BIRRER, F.** 1986. *Punto de partida para la mejorar el cultivo de la papa. COTESU en Bolivia*. La Paz – Bolivia. pp 11-12.
- BOUTHERIN, D.; BRON, G.** 1994. *Multiplicación de plantas hortícolas*. Trad. Por Francisco Fábregas. Zaragoza, España, ACRIBIA. pp. 52, 53, 76, 157.
- BRYAN J.** 1989. *Producción y Control Sanitario de Tubérculos Semilla de Categoría Pre - básica: Algunos Factores comunes. Avances en la Producción de Semilla Tubérculo de Papa en el Cono Sur. Memorias de las Reuniones. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima Perú*. pp. 111
- BRYAN, J. E.; JACKSON, M. T.; QUEVEDO, B. M.; MELENDES, G. N.** 1981. *Esquejes de tallo juvenil una técnica de multiplicación rápida de papa, guía I/2, Centro internacional de la papa (CIP), Lima, Peru*. 8 p.
- BRYAN, J. E.; MELENDES, G. N.; JACKSON, M. T.** 1981. *Esquejes de brotes una técnica de multiplicación rápida de papa, guía I/1, Centro internacional de la papa (CIP), Lima, Perú*. 10 p.
- BU'LOCK, J.; KRISTIANSEN, B.** 1991. *Bioteconología básica*. Trad. Por Paloma Liras Padín. Zaragoza, España. ACRIBIA. 535 p.

- BUITRAGO, D.** 1995. Producción de tubérculos semilla de categoría básica, en camas protegidas de variedades priorizadas. In Informe anual 1994-1995. IBTA, PROINPA, n. irr.
- CANAVIRI CH., E. M.** 1995. Uso de brotes como alternativa para incrementar las unidades de siembra y la multiplicación de semilla de papa en campo y camas protegidas. Tesina técnico superior. ETSA-UMSS. Cochabamba Bolivia. 50 p.
- CARDOZO, H.** 1995. Producción de tubérculos semilla de categoría básica, en camas protegidas de variedades priorizadas. In Informe anual 1994-1995. IBTA, PROINPA, n. irr.
- CORTBAOUI, R.** 1988. Siembra de papa 2da Ed. Revisada Lima. Centro Internacional de la Papa (Boletín de información Técnica n| 11). Pp11-17.
- CURTIS, H. & N. S. BARNES.** 1987. Invitación a la Biología. Ed. Médica. Panamericana. Buenos Aires Argentina. pp. 732-733.
- DEBEREG, P. C.** 1991. Acclimatization Techniques of Plants from *in vitro* In Acta Horticulturae 1991. Ed. por Mascherpa, J.; Moncousin, Ch. n ° 289 1991. Ginebra. Suiza. pp 292,295.
- DEBERGH, P.** 1991. Acclimatization Techniques of Plants from *in vitro*. Laboratory for Horticulture. State University Gent. Gent, Belgium. 10 p.
- DENNG, R.; DONELLY, D. J..** 1993. *In vitro* hardening of red raspberry through CO₂ enrichment and relative humidity reduction on sugar-free medium. Can. J. Plant Science 73: 1105-1113.
- DEVAUX, A.; MAMANI, P.** 1995. Manejo agro fisiológico para la producción de un cultivo sano de papa: memorias del II Curso Internacional de Manejo Integrado de Plagas de Papa. Curso de capacitación a distancia. E. N. Fernandez-Northcote (recolpador), 1995. IBTA-PROIMPA. Cochabamba Bolivia pp 44-65.
- DIXON, R. A.** 1987 Plant cell Culture a Practical Approach. 2 ed. Ed Irl Press. Oxford, Inglaterra. pp. 4, 84.
- DODDS, J. H. & ROBERTS L.W.** 1988. Experiments in *Plant Tissue Culture*. Cambridge University Press NY. USA. II Edición. 231 p.

- DODDS, J. H.; PANTA, A.; BRYAN J. E.** 1991. Transporte, recepción y propagación de plántulas de batata in Vitro, Guía de investigación CIP 38. Centro internacional de la Papa. Lima Perú. 17 p.
- DÖRFFLING, K.** 1984. Il Sistema Hormonale delle Piante. Ed. CLUEB. Bologne. 252 p.
- DURAN, G. C.** 2000. Efecto de un complejo vitamínico y de la densidad de plántulas en el desarrollo *in vitro* y en invernadero de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum ssp. Tuberosum*). Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba Bolivia. pp. 4-16,31 -34.
- ESPIÑOZA, N.; LIZARRAGA, R.; SILVA, RODRIGUEZ.; BUITRON F.; BRYAN, J.; DODDS, J.** 1989. Cultivo de Tejidos: Micropropagación, Conservación y exportación de germoplasma de papa. Guía de investigación. CIP 1 Lima, Perú. 8 p.
- EVANS, L. T.** 1975. Fisiología de los cultivos. Trad. por Héctor Gonzales Iriarte. 1º ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires Argentina. p 245-275.
- EZETA, F. N.** 1968. Aspectos fisiológicos de la producción de papa. In V Curso internacional sobre el cultivo de papa con énfasis en la producción de semilla. Universidad Nacional Agraria. La Molina. Lima Perú. 29 p.
- FORONDA, H.** 1999. Efecto de la distancia de siembra y niveles de fertilización mineral de pequeños tubérculos semilla en el crecimiento y productividad del cultivo de papa. Tesis de grado para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo. La Paz Bolivia. 86 p.
- FRIAS, C.** 2004. Resumen Técnico Para Plan Estratégico. El Plan Estratégico Institucional (PEI) de la UPS – SEPA. Cochabamba Bolivia. 21 p.
- FRIBOURG, C. E.** 1987. Principales virosis de la papa. In. VI Curso internacional sobre el cultivo de papa con énfasis en la producción de semilla. Universidad Nacional Agraria. La Molina- Perú. pp 169-192.
- GALLARDO, M.; MOGOLLON, N.; PIÑERO, Z.; HERNANDEZ, N.** 1997. Densidad de plantas en la producción de tubérculos y semillas de papa (*Solanum tuberosum* L.) a partir de microtubérculos en invernáculos. Campo Experimental Las Cuibas (CIAE Lara). Jimenez – Venezuela. 10 p. (www.redepapa.org)

- GAMBORG, O. L.** 1991. The Nutrition of tissue culture. En: Plant Tissue Culture Manual. Ed. K. Lindsey. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- GARCIA, G.; CEBALLOS, A.; ESTRELLA, D.** 1993. Producción de semilla de papa de alta calidad sanitaria a partir del cultivo de tejidos. Boletín técnico nº 73. Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias. Ecuador. 17 p.
- GEORGE, F.; SHERRINGTON, P. D.** 1984. Plant propagation by tissue culture. Handbook and directory of commercial Laboratories. Exegetic. Tomo 2. pp. 217, 223-225, 372, 284.
- GUOQING, T. Y.; WEIYI, G.; GUOPU & C. CHENG.** 1987. In vitro Production and Release of potato varieties in China. In: Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. 3. ed. By: Y.P.S. Bajaj. Sringer-Verlag Berlin Heidelberg. pp 62-77.
- HARTMAN, H.; KESTER, D.** 1976. Propagación de plantas. Trad. Por Antonio Marino Ambrosio. Cia. Edit. Continental S.A. México D. F. 810 p.
- HARTMMAN, F.** 1990. Invernaderos y ambientes atemperados. FADES (Fondo para alternativas de desarrollo). Offset Bolivia. La Paz- Bolivia. 131 p.
- HENK, B.; SANNE, L.** s/f. The Netherlands Catalogue of Potato Varieties 2000. Trad. Van der Weide V. Netherlands. 255 p.
- HERMAN, E. B.** 1991. Recent Advances in Plant Tissue Culture. Regeneration, Micropropagation and Media 1988 – 1991. by Agritech Consultants, Inc., Shru Oak. New York U.S.A. 93 p.
- HORTON D.** 1987. Potatoes; Production, marketing, and programs for devoloping countries. Londres, Inglaterra. Winrock Internacional. p 39.
- HUAMAN, M. G.; MARTINEZ, C.** 1987. Aspectos fisiológicos en el cultivo de papa. In el cultivo de la papa con énfasis en producción de semilla. Ed. por Programa de Investigación y Proyección social en papa; Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú. p. 46, 49, 55, 56, 58, 61-63.
- JIMÉNEZ, G. E.** 1992. Micropropagación. En Conferencia sobre Técnicas modernas de Mejoramiento y Multiplicación de especies agámicas. Instituto de biotecnología de plantas UCLV. Ed. GEO. Santa Clara Cuba.

- JURADO, R. P.** 1994. Comportamiento de de cinco variedades de Nabo Chino bajo tres densidades de Siembra en el Valle Alto de Cochabamba. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Cochabamba Bolivia. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. pp. 24 -25.
- KLOOS, J. P.; CAERO, G.** 1992. Sistemas de producción de semilla de papa. In. II curso sobre producción de papa con énfasis en semilla. PROSEMPA-CNS-MCTH-EUROCONSULT. Uncía –Potosí. Bolivia. s.p.
- KRIKORIAN, A. D.** 1991. Medios de cultivo: Generalidades, composición y preparación. En: Cultivo de tejidos en la Agricultura, Fundamentos y Aplicaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Ed. por W. Roca, L. Mroginski. Cali, Colombia.
- LARA, E. E.** 1999. Niveles de fertilización mineral y densidades de transplante en plántulas obtenidas de cultivo *in vitro* para producción de semilla pre-básica de papa en invernadero. Tesis de Grado Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. 162 p.
- LOPEZ, D. H.** 1988. Cultivo de tejidos. In Memorias (1988, Toluca) 1988. Curso Internacional de Producción de Papa. Programa Nacional de la Papa; PRECODEPA Programa Regional Cooperativo de Papa. Toluca, México. pp 127 – 131.
- LOREDO, J.** 1990. Elementos del sistema de abastecimiento de semilla. In. Resúmenes I Reunión del Programa Nacional de Investigación de la Papa. PROINPA (IBTA- CIP-COTESU). Cochabamba- Bolivia. pp 34-39.
- MACIAS, E.** 2008. Biotecnología Productos y Equipos de Laboratorio. Resumen Producción de Semilla *pre*-básica. Cochabamba- Bolivia. pp 28-30.
- MARGALEF, R.** 1977. Ecología. Ed. Omega S.A. Barcelona España. pp. 655.
- MARGARA, J.** 1988. Multiplicación vegetativa y *cultivo in vitro*. Los meristemas y la organogénesis. Ed. Mundi prensa. Castellano, Madrid España. 232 p.
- MARTINEZ, C.** 1987. Aspectos fisiológicos en el cultivo de la papa. In. VI Curso internacional sobre el cultivo de la papa, con énfasis en la producción de semilla. Universidad Agraria. La Molina- Perú. pp 37-67.

- MERINO, M.** 1988. Medios de cultivo. Ed. Hurtado, D. V.; M.U. México D.F. Ed. Trillas. pp 67-87.
- MIDMORE, D. J.** 1988. Fisiología de la planta de la papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación Centro Internacional de la Papa (CIP) 24. Lima, Perú. 11 p.
- MIDMORE, D. J.** 1989. Agronomía para la producción de papa en climas cálidos. Guía de Investigación CIP 9. Lima, Perú. p. 41.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA SAG (SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO).** 1994. Normas generales y específicas de certificación de semillas. p. 11.
- MONTALDO, A.** 1984. Cultivo y Mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA). San José, Costa Rica. p. 676.
- MONTERO, F. J.** 1990. Aspectos Agronómicos en la producción de Semilla de Papa. FONAIAP. n ° 33
- MONTGOMERY, D.** 2003. Diseño y análisis de experimentos. Trad. Rodolfo Piña García. Limusa Wiley México DF. 686p.
- MURILLO, H.** 1993. Influencia del desbrote en tres calibres de semilla de papa (*Solanum tuberosum*), variedad Desirée. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba Bolivia. 95 p.
- NOGUERA, C.** 1992. Certificación de semillas. In. II Curso sobre producción de papa con énfasis en semilla. PROSEMPA-CNS-MCTH-EUROCONSULT. Uncía- Potosí. Bolivia. s.p.
- PEREZ, J. N.** 1998. Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología vegetal. Instituto de Biotecnología de las plantas. Ed. GEO. Santa Clara Cuba. pp. s/p.
- PEREZ, J.; AGRAMONTE D.** 1992. Fundamentos teóricos prácticos de cultivo *in vitro*. Curso Internacional sobre Técnicas Modernas de Mejoramiento y Multiplicación de Especies Agámicas. Santa Clara Cuba.

- PERNIA, A.; GONZALES, A.** 1989. Técnicas de producción de semilla básica. Curso sobre producción de papa. FONAIAP-PRACIPA. Barquisimeto-Lara. Venezuela. p. 69-107.
- PIERIK, R. L. M.** 1990. Cultivo in vitro de las plantas superiores. Ed. Mundi Prensa. Madrid España. 326 p.
- PNS.** 1999. Programa Nacional de Semillas UC/PNS. Normas Especificas de Certificación de Semilla de Papa - R.M. de 01-10-1999. Bolivia. 12 p.
- PREIL, W.; BECK, A.** 1991. Somatic embryogenesis in birreactor culture In Acta horticulturae. Ed. Por Mascherpa, J.; Moncousin, Ch. nº 289. 1991. Ginebra Suiza. P. 186 – 187.
- QUESADA, L.** 1992. Manejo de plantas en el invernadero. In Curso Internacional sobre Técnicas Modernas de Mejoramiento y Multiplicación de Especies Agámicas (1., 1992, Santa Clara, Cuba). 1992. Primer curso FAO – Francia – Cuba.) Instituto de biotecnología de las plantas UCLV. Santa clara, Cuba. s.p.
- QUISPE G. A.** 2002. Introducción de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo dos densidades de siembra en la localidad de Phusa – Ichoca Provincia Inquisivi. Tesis de Grado Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. 105 p.
- RAMOS, Z.** 1992. Brotes, nueva alternativa técnica en la producción de semilla de tubérculos de papa. INIAA. Huancayo Perú. Boletín técnico N° 1.
- RODRÍGUEZ, A.; CHANG, M.; HOYOS, M.; FALCON, F.** 2000. Manual práctico de hidroponía. Lima, Universidad Agraria La Molina. p. 5-9, 85-89.
- SALAS J.** 1995. Producción de Semilla *Pre-Básica* de Papa NAIAP. N° 45
- SALAUES R.** 1991. Enfoque matemático de la micropropagación. Documento interno UPS – SEPA Cochabamba, Bolivia.
- SALAUES, R.; ROCABADO, C.; BLANC, D.** 1998. La Producción de Semilla de Papa *Pre-básica*. SEPA Unidad de Producción de Semilla de Papa. Ed. Poligraf. Cochabamba- Bolivia. 57 p.
- SANCHEZ, G. J.** 1996. Desarrollo de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *Tuberosum*) en tres medios de cultivo *in vitro* y su comportamiento en invernadero. Tesis de grado para obtener el título

de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias
Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba Bolivia. 87 p.

SANTOS J. 1989. Producción y Control Sanitario de Tubérculos Semilla de Categoría *Pre- básica*: Algunos Factores comunes. Avances en la Producción de Semilla Tubérculo de Papa en el Cono Sur. Memorias de las Reuniones. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima Perú. pp. 101 – 110.

SENAMHI. 2009

SEPA. 2006. Variedades Comerciales Ofertadas en SEPA. Cochabamba, Bolivia. 5 p.

SEPA. 2007. Informe Anual 2006 – 2007. Cochabamba, Bolivia.

SEPA. 2007. Informe de Evaluación Interna, Campaña Agrícola 2006 – 2007. Cochabamba, Bolivia.

SERVICIOS MULTIPLES DE TECNOLOGIAS APROPIADAS (SEMTA). 1989. Camas orgánicas protegidas. La Paz Bolivia. 11 p.

SMITH, M. 1991. Plant cell cultures. Departament of Horticulture. University of Illinois. Illinois- USA.

SOTOMAYOR, N.S. 2000. Efecto del carbón activo en el cultivo *in vitro* de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum ssp. andígena*) y su influencia en invernadero. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba Bolivia. 91 p.

STEEL R.; TORRIE, J. 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill, México DF. 621 p.

TOLEDO, J. V. 2000. Biotecnología aplicada a la Producción Agrícola. *In vitro* Perú Servicios, Implementación, Productos y Equipos de Laboratorio. Perú. p. 4-7.

TRIGO, T. J. M. 1994. Evaluación en invernadero de plántulas de dos variedades de papa, provenientes de diferentes medios de cultivo *in vitro*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba Bolivia. 13-15,23-29,56-100 p.

- TRUJILLO A.; ROCABADO C.** 2008. Producción de Semilla de Papa en Bolivia a Partir de Cultivo de Tejidos *in vitro*. En Memoria del Simposio. La Papa: Aporte de los Andes a la Alimentación Mundial. Oruro-Bolivia 158 p.
- TRUJILLO A.; ROCABADO C.** 2008. Producción de semilla de papa en Bolivia a partir de cultivo de tejidos *in vitro*. Cochabamba-Bolivia. 27 p.
- UPS – SEPA.** 1994. UNIDAD DE PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA. Informe del Seminario de Evaluación Interna 1993 – 1994. Cochabamba, Bolivia. p. 10, 40, 95, 100.
- VAZQUEZ, V.** 1990. Diseño estadístico para la investigación científica y tecnológica. Lima Perú 1990. pp 14-173.
- VILLAGARCIA, H.** 1987. La nutrición mineral y la fertilización de la papa. In El cultivo de la papa con énfasis en producción de semilla. Ed. por Programa de investigaciones y Proyección social en papa; Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 158.
- VILLAREAL, G. M.** 1988. Métodos de producción y selección de papa para semilla. In Memorias (1988, Toluca) 1988. Curso Internacional de Producción de Papa. Programa Nacional de la Papa; Programa Regional Cooperativo de Papa. Toluca, México. p. 149.
- VILLEE, C. A.** 1974. Biología. Ed. Universal. Buenos Aires Argentina. pp. 24-25, 352-363.
- WIERSEMA, S. G.** 1987. Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. Boletín de Información Técnica 1. Centro Internacional de la Papa (CIP). 3 Ed. Lima, Perú. p. 4, 8.
- WITHE, P. R.** 1934. Potentially unlimited growth of excised tomato root tips in a liquid medium. Plant Physiol, 9: p. 585-600.
- WITTWER, S. H.** 1990. La forma de los prospectos futuros, In Biología de la productividad de cultivos. Ed. por Carlson, P. S. México. Ed. AGT. p. 238, 363-364, 374-375.
- ZANDVOORT, E. A.; HOLDGATE, D. P.** 1991. Mechanization in tissue culture systems In Acta horticulturae. Ed. por Manscherpa, J. P. y Moncousin, Ch. n ° 289. 1991. Ginebra, Suiza. p. 206.

Consultas en internet:

- **SAS Institute Inc. (2004).** Documentation for SAS, Version 8. Disponible en:

www.v8doc.sas.com/sashtml/

[Consulta: 20 febrero, 2009]

- **Catalogo de siembra. Variedad Agata.** Disponible en:

www.nivaa.nl

[Consulta: 25 mayo, 2009]

- **Logros Investigaciones sobre Papa.** Producción de semilla pre-básica de papa a través de plántulas *in vitro*. FONAIAP DIVULGA . N° 32 Julio-Diciembre 1989. Disponible en:

www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd32

[Consulta: 16 de marzo, 2009]

- **Producción de semilla pre-básica de papa.** FONAIAP DIVULGA. N° 48 Abril-Junio 1995. Disponible en:

www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd48

[Consulta: 16 de marzo, 2009]

- **Conceptos Básicos sobre la Producción de Semillas de Papa y de sus Instituciones.** Disponible en:

www.cipotato.orgcsdmaterialstuberculos-semilla

[Consulta: 6 de junio, 2009]

- **Normas Específicas para la certificación de semilla de papa. Programa Nacional de Semillas. UC/PNS. Bolivia.** Disponible en:

www.semillasantacruz.orgpaginaindex.phpoption

[Consulta: marzo, 2009]

- **Problemas de virus en papa.** Mary E. Burrows and Thomas A. Zitter. USDA-ARS and Department of Plant Pathology. Cornell University. Ithaca, NY 14853. April, 2005. Disponible en:

www.vegetablemdonline.ppath.cornell.edu

[Consulta: marzo, 2009]

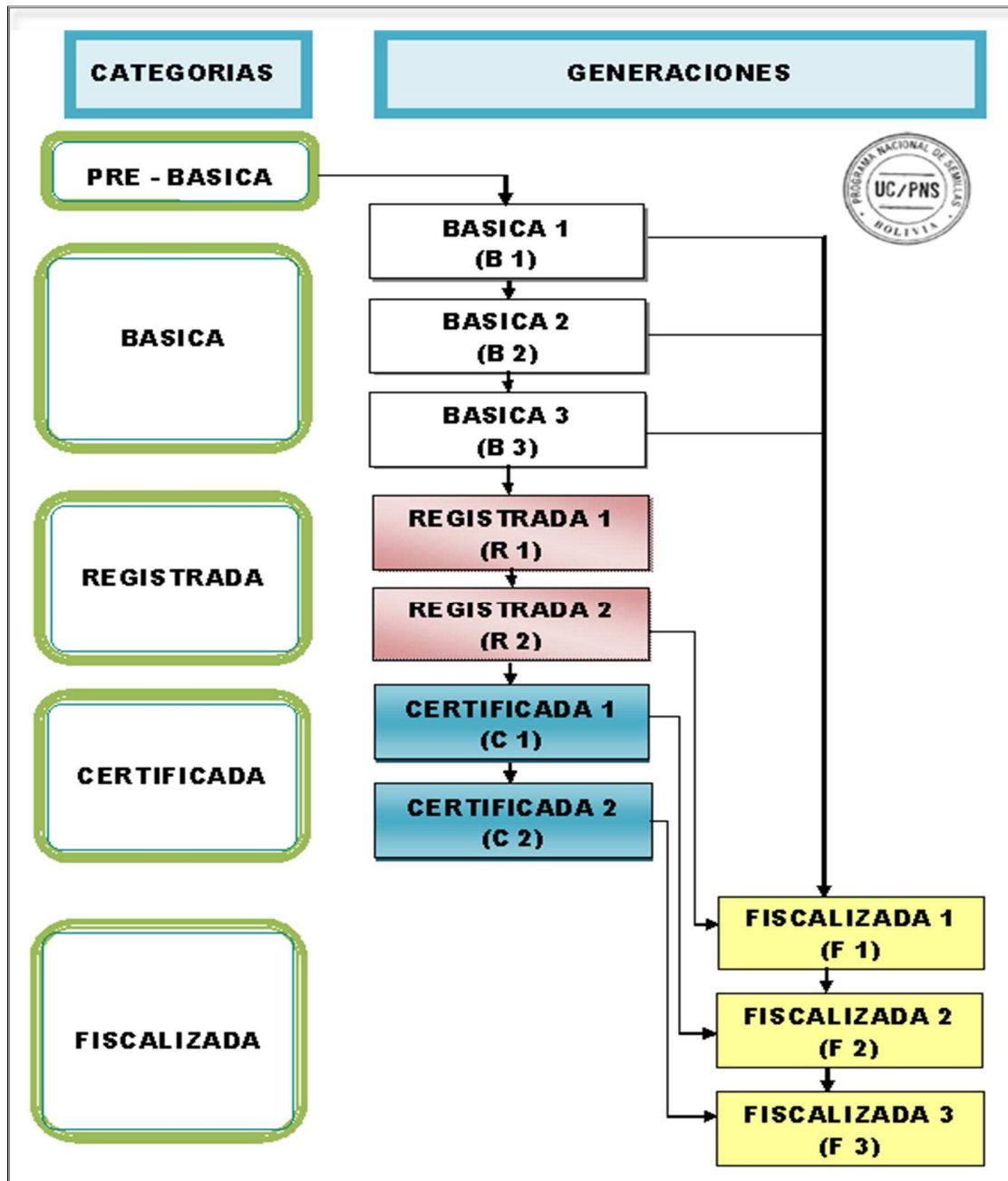
- **Papa.** Garbi Mariana. Universidad Nacional de Luján. Departamento de Tecnología. Producción Vegetal III (Horticultura). Disponible en:

www.hort@mail.unlu.edu.ar

[Consulta: marzo, 2009]

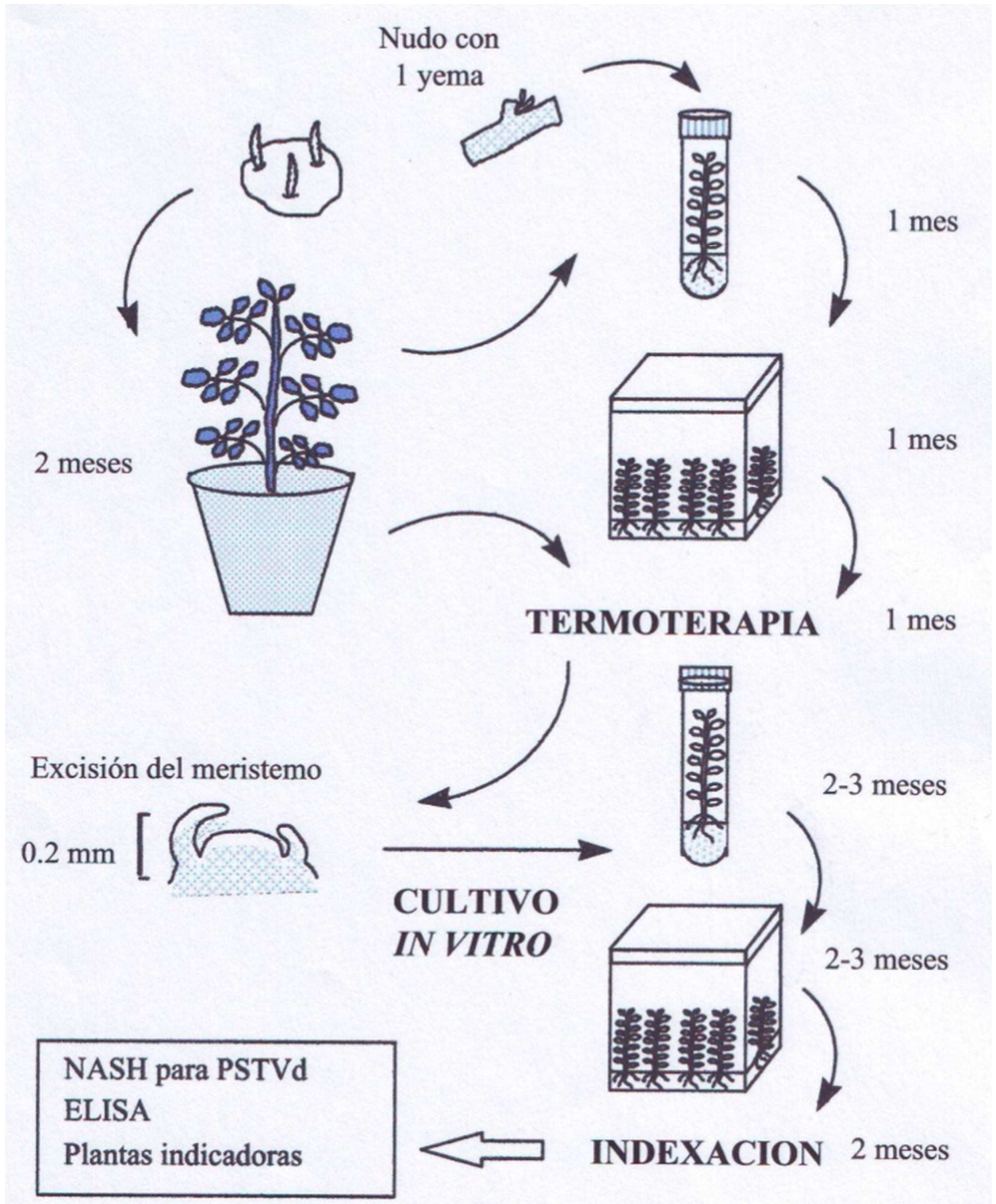
ANEXOS

Anexo 1. Categorías en el sistema de certificación. Por Normas Especificas de Certificación de Semilla de Papa. En el mercado Boliviano.



Fuente: PNS (1999).

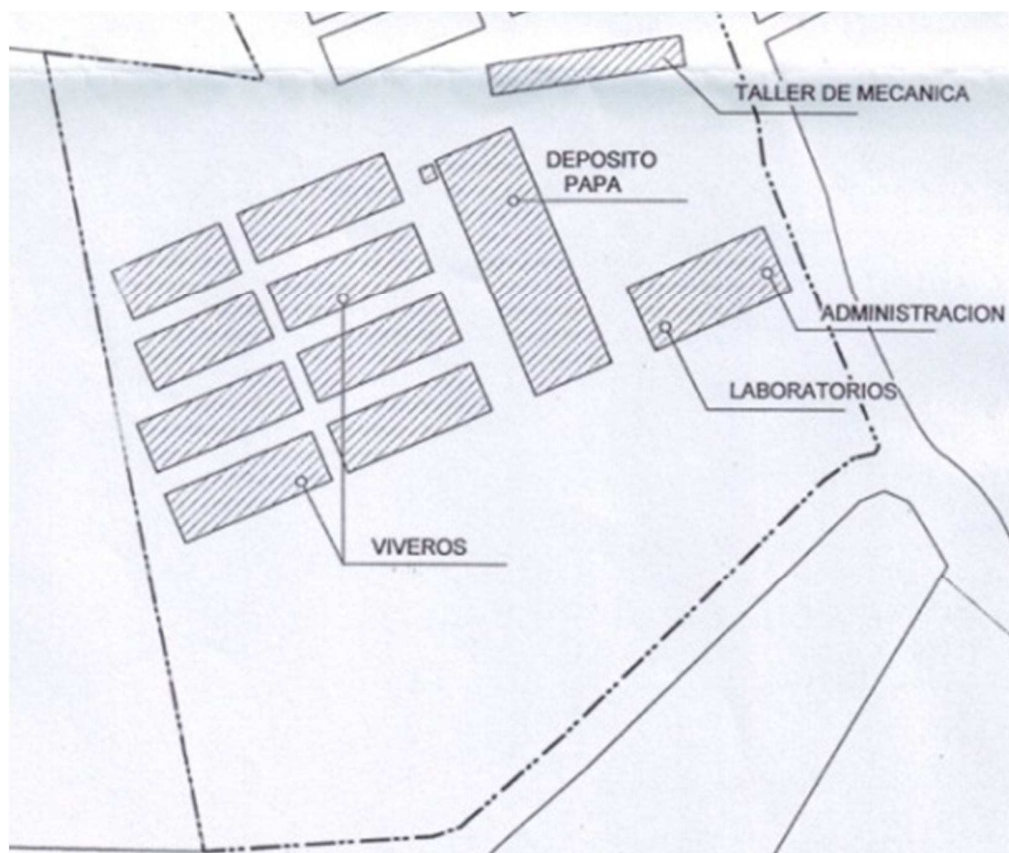
Anexo 2. Esquema del proceso de eliminación de virus que se realiza en el Centro Internacional de la Papa (CIP)



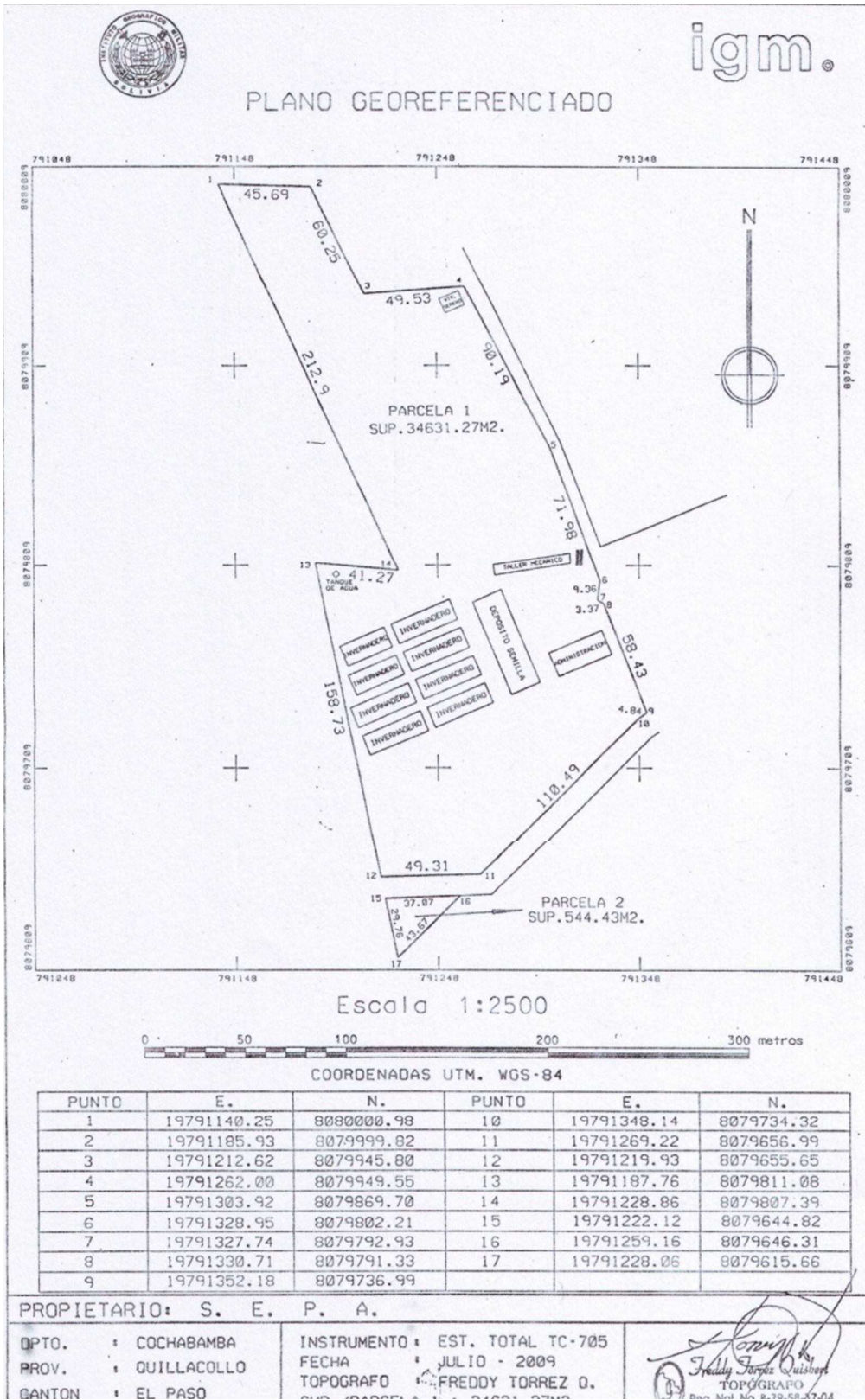
Anexo 3. Croquis de las Instalaciones SEPA-SAM, El Paso, Quillacollo Cochabamba



Anexo 4. Plano de emplazamiento



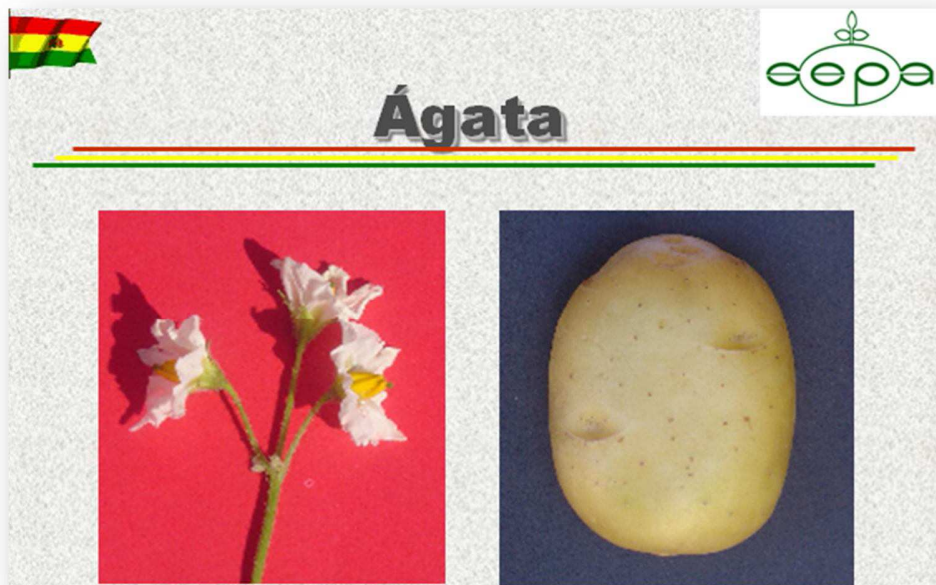
Anexo 5. Plano Georeferenciado



Anexo 6. Agroquímicos utilizados en el ensayo experimental

DESCRIPCIÓN		COMPOSICIÓN QUÍMICA	
Kelpak	Fertilización foliar. Concentrado soluble	❖ Nitrogeno (N).....0,3%	❖ Fosforo (P ₂ O ₅).....1,7%
		❖ Potasio(K ₂ O).....0,6%	❖ Microelementos0,1%
Maxim XL	Fungicida terapico para tratamiento de semilla. Suspensión concentrada para tratamiento de semillas. Uso agrícola no inflamable	❖ Fludioxonil.....2,5 g	❖ Metalaxil-M**.....1,0 g
		❖ Inertes y humectantes c.s.p.100 cm ³	❖ *4 -(2,2 - difluoro- 1,3 -benzodioxol -4- y1)-1 H - pirrol - 3 - carbonitrilo
		❖ N - (2,6dimetilfenil) - N - (2' - metoxiaceotil) - D - alanina metil ester.	
Bravo 500	Fungicida. Suspensión concentrada.	❖ CLOROTALONIL: tetracloroisoftalonitrilo ...500 g/l	❖ Ingredientes inertes.....500 g/l
Engeo	Insecticida suspensión concentrada. Uso agrícola. No inflamable. Fabricación extranjera	❖ Thiamethoxam.....141 g/litro	❖ Lambdahalothrin.....106 g/litro
		❖ 3 - (2 -cloro - tiazol - 5 -ilmetil) - 5 - metil - [1,3,5]oxadiazinan - 4 - eliden - N-nitroamina	❖ Carboxilato de alfa - ciano - 3 - tinoxibencil - 3 - (2 - cloro - 3, 3, 3 - trifluoro proa - 1 - enil) - 2,2 - dimetil - cloro propano.
Fastac	Insecticida piretroide que actua por contacto e ingestión. Concentrado Emulsionable (EC)	Ingrediente activo	❖ ALFACIPERMETRINA: (R,S) - α - cyano- 3 - pnoxybenzy (1S,3S,1R,3R) - 3 - (2,2 - diclorovinyl)- 2,2 dimethylcyclopropanecarboxylate..... 100 g/l
		❖ Ingredientes Inertes..... 813 g/l	

Anexo 7. La variedad que oferta SEPA dentro de las especies *Solanum tuberosum*.



Anexo 8. Brote y hoja de la variedad Ágata.





Anexo 9. Composición de los medios de cultivo

Todas las cantidades de las tablas son para la elaboración de 1lt

MEDIO R1	
Sales minerales MS	4,33 gr
Sacarosa	30 gr
Fosfato Monobásico de Potasio	200 mg
Pantotenato de Calcio	2 cc
ANA	0,25 cc
AG3	2 cc
Gelrite	1,75 gr
PH	5,6 – 5,8
Volumen/magenta	25 cc

MEDIO W5	
Sales minerales MS	4,33 gr
Sacarosa	30 gr
Fosfato Monobásico de Potasio	200 mg
Pantotenato de Calcio	2 cc
ANA	0,5 cc
AG3	2 cc
Gelrite	1,75 gr
PH	5,6 – 5,8
Volumen/magenta	25 cc

Anexo 10. Composición para realizar el test de ELISA

1. SOLUCION PARA SENSIBILIZAR 7 PLACAS (175 ml.)

0.278 gr. Na ₂ CO ₃ (1.59 gr. Na ₂ CO ₃ / 1 lt. de agua destilada)
0.513 gr. NaHCO ₃ (2.93 gr. NaHCO ₃ / 1 lt. de agua destilada)
175 ml. agua destilada
220 µl por muestra

2. PBS

20 gr. Na Cl
0.5 gr. KH ₂ PO ₄
2.88 gr. Na ₂ HPO ₄
0.5 gr. KCl
1.25 ml Tween (0.5 ml. / 1 lt. de agua destilada)
2.5 litros de agua destilada
220 µl por muestra

3. BUFFER DE EXTRACCION

7.0 gr. PVP
3.5 gr. Albúmina de huevo
350 ml. PBS
200 µl por muestra

4. CONJUGADO

3.5 gr. PVP
1.75 gr. Albúmina de huevo
175 ml PBS
200 µl por muestra

5. SUSTRATO ENZIMÁTICO

13.58 ml. Diethanol amina
140 ml. Agua destilada
PH 9.8
180 µl por muestra

Anexo 11. Procedimientos para realizar el test de ELISA

PRUEBA DE ELISA

En el laboratorio de SEPA se realiza la identificación de siete diferentes virus: PVX, PVY, PVS, PVA, PLRV, APMV, y APLV en plantas de: campo, invernadero y laboratorio.



Cada placa tiene un volumen de 25 ml. Un juego completo consta de 7 placas.

Paso 1. **Sensibilizar**

Primer día:

Las cantidades de reactivos mencionados son calculados para un juego de placas (175 ml.).

Solución para sensibilizar:

- 0.2783 gr. Na_2CO_3 (1.59 gr. Na_2CO_3 / litro de agua destilada)
- 0.5128 gr. NaHCO_3 (2.93 gr. NaHCO_3 / litro de agua destilada)
- 175 ml. De agua destilada.



Pesar las sales y verter a un vaso de pp. Con 175 ml. de agua destilada, la mezcla ser fraccionada a razón de 25 ml. en siete pequeños vasos de pp. previamente marcar cada uno de los vasos con el nombre del virus a identificar. Agregar 12.5 μ l. de antisuero en los virus andinos APLV y APMV respectivamente y en los cinco vasos restantes 25 μ l. Agitar cada uno de los vasos por separado y verter el contenido a 7 diferentes recipientes pequeños. El contenido de cada una de los recipientes debe alcanzar para una placa.

Con el pipetor multicanal llenar 220 μ l en cada hoyo de la placa.



Incubar las placas durante 18 horas en refrigerador.

Sacar muestras de 4 – 5 foliolos por bolsa e identificar la muestra.



Lavado de placas

Segundo día:

PBS (2.5 litros)

- 20 gr. NaCl

- 0.5 gr. KH_2PO_4

- 2.88 gr. Na_2HPO_4

- 0.5 gr. KCl

- 1.25 ml. Tween 20

- | | | |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| - 2.5 Lt. agua dest. | - 0.5 gr. KCl | - 0.1 gr. KH_2PO_4 |
| PBS (2.0 litros) | - 1. ml. Tween 20 | - 0.575 gr. Na_2HPO_4 |
| - 16 gr. NaCl | - 2. Lt. agua dest. | - 0.125 gr. KCl |
| - 0.4 gr. KH_2PO_4 | PBS (0.5 litros) | - 0.25 ml. Tween 20 |
| - 2.3 gr. Na_2HPO_4 | - 4 gr. NaCl | - 0.5 Lt. agua dest. |

Diluir todas las sales en 2.5 lt. de agua de con ayuda de un agitador o fraccionar en dos mezclas de 2 litros y 0.5 litros respectivamente por razones de envases. El PBS sirve para lavar las placas 3 veces. Dicha solución debe permanecer en la placa 5 minutos entre lavado. Una vez lavado dejar las placas vacías en el congelador mientras se procede a moler las muestras de los foliolos.

Buffer de extracción (500 ml. de PBS + Tween)

- 10.0 gr. PVP (20 gr. PVP/ 1 Lt. de agua destilada)
- 5.0 gr. De albúmina de huevo (10 gr. Albúmina de huevo / litro de agua)

Colocar en cada muestra de foliolos 5 ml. de buffer de extracción y triturar la muestra extrayendo la savia de los foliolos. Llenar las placas con 200 μl por hoyo. Los últimos hoyos en la placa son destinados para el buffer y los positivos. Tapar las placas y guardar al refrigerador 18 hr. A una temperatura de 4 °C.



Paso 2. conjugar

Tercer día:

Lavar las placas con PBS cinco veces como anteriormente mencionado.



Conjugado: (175 ml. de PBS)

- 3.5 gr. PVP (2 % del volumen de PBS 175 ml.)
- 1.75 gr. De albúmina de huevo (1 % del PBS 175 ml.)
- 175 ml. PBS

Vertir 25 ml. de la mezcla del conjugado a cada uno de los 7 vasitos de pp. Y añadir con ayuda de una jeringa 12.5 μ l/placa de los virus andinos para la conjugación y 25 μ l/placa de los otros virus (PVX, PVY, PVS, PVA). Mezclar dicha solución y verter el contenido a 7 diferentes recipientes pequeños.

Con el pipetor multicanal llenar 220 μ l en cada hoyo de la placa. Mientras tanto estabilizar la temperatura de la estufa a 37°C.

Incubar las placas por 4 horas a 37 °C.



Se requiere 525 ml. de PBS para lavar las placas 3 veces después de la incubación.

Sustrato enzimático

- 140 ml. de agua destilada.
- 13.58 ml. de Diethanol amina (97 ml. / Lt. de agua destilada)

Mezclar la Diethanol amina en 100 ml de agua destilada en un vaso de pp. Y luego corregir el PH con HCl (aprox. 20 gotas) hasta alcanzar un PH de 9.8; vaciar la mezcla a un Erlenmeyer forrado con papel aluminio o estañado y colocar una pastilla de P – Nitrofenyl fosfato por placa, enrazar a 140 ml. con agua destilada. Una vez mezclado vaciar a un frasco oscuro y con ayuda de una pipeta enroscada a la botella oscura llenar las placas con 180 μ l por hoyo.

Dejar las placas en oscuridad por una hora y pasado ese tiempo evaluar los resultados de las muestras. Los positivos deben mostrar un color amarillo y los buffer deben ser incoloros como muestra de un buen trabajo.

Anexo 12. Análisis de resultados para el test de ELISA

Experimento: 3.
 Dato:.....
 γ-globulina:
 γ-globulina enzima:
 Conjugado:.....



1	9	17	25	33	41	49	57	65	73	81	89
2	10	18	26	34	42	50	58	66	74	82	90
3	11	19	27	35	43	51	59	67	75	83	91
4	12	20	28	36	44	52	60	68	76	84	92
5	13	21	29	37	45	53	61	69	77	85	93
6	14	22	30	38	46	54	62	70	78	86	94
7	15	23	31	39	47	55	63	71	79	87	95
8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96

-----1 -----5 -----9 -----13 -----17 -----21 -----25 -----29
 -----2 -----6 -----10 -----14 -----18 -----22 -----26 -----30
 -----3 -----7 -----11 -----15 -----19 -----23 -----27 -----31
 -----4 -----8 -----12 -----16 -----20 -----24 -----28 -----32

Anexo 13. Criterios para la determinación del momento óptimo para la defoliación en los invernaderos. Producción Exportación:

Las variedades denominadas de exportación como, Ágata, Asterix y Cupido se desfoliarán cuando en el muestreo se tenga una relación porcentual de:

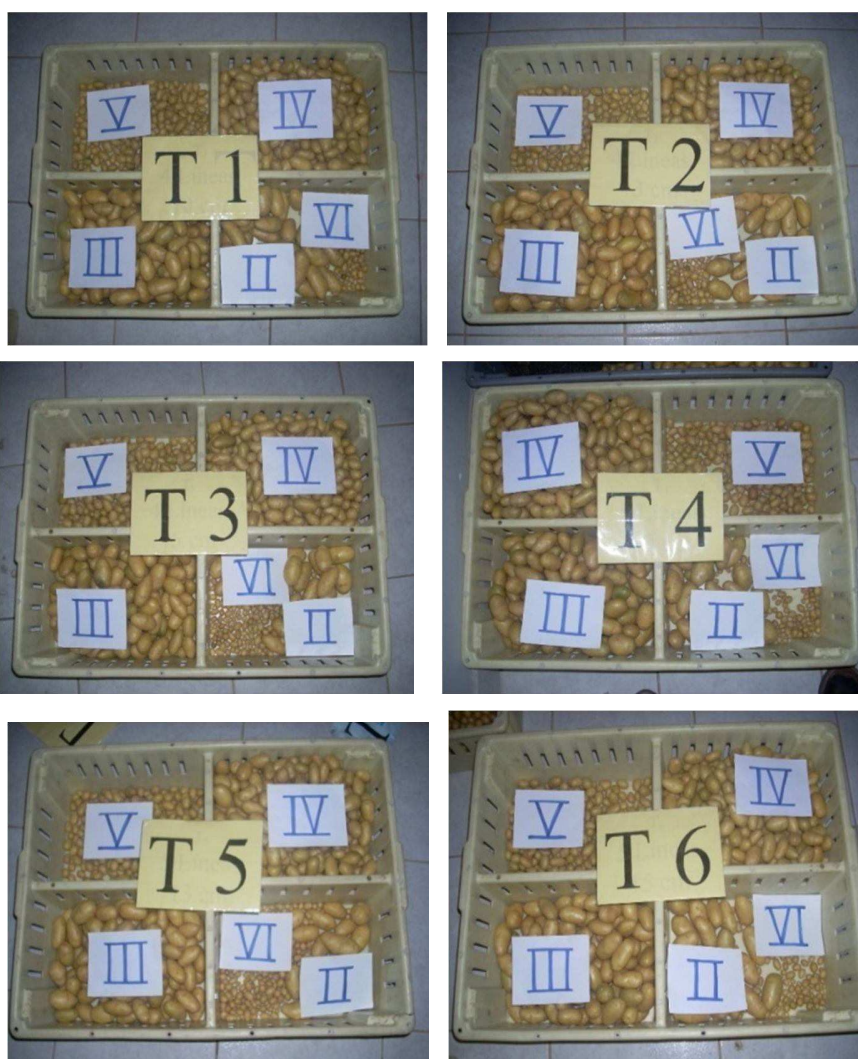
Calibre	I	II	III	IV	V
%	-	5	15	65	15

Anexo 14. Calibres y precio de venta al mercado de la semilla de exportación.

Calibres	II	III	IV	V	IV
Precio por		0.19	0.15	0.13	0.10
Diámetro en	30-40	20-30	20-12	10-12	>10
Preferencia		15-10	60-70	25-20	

Costo de plántulas in vitro: 0.43 \$us/ planta

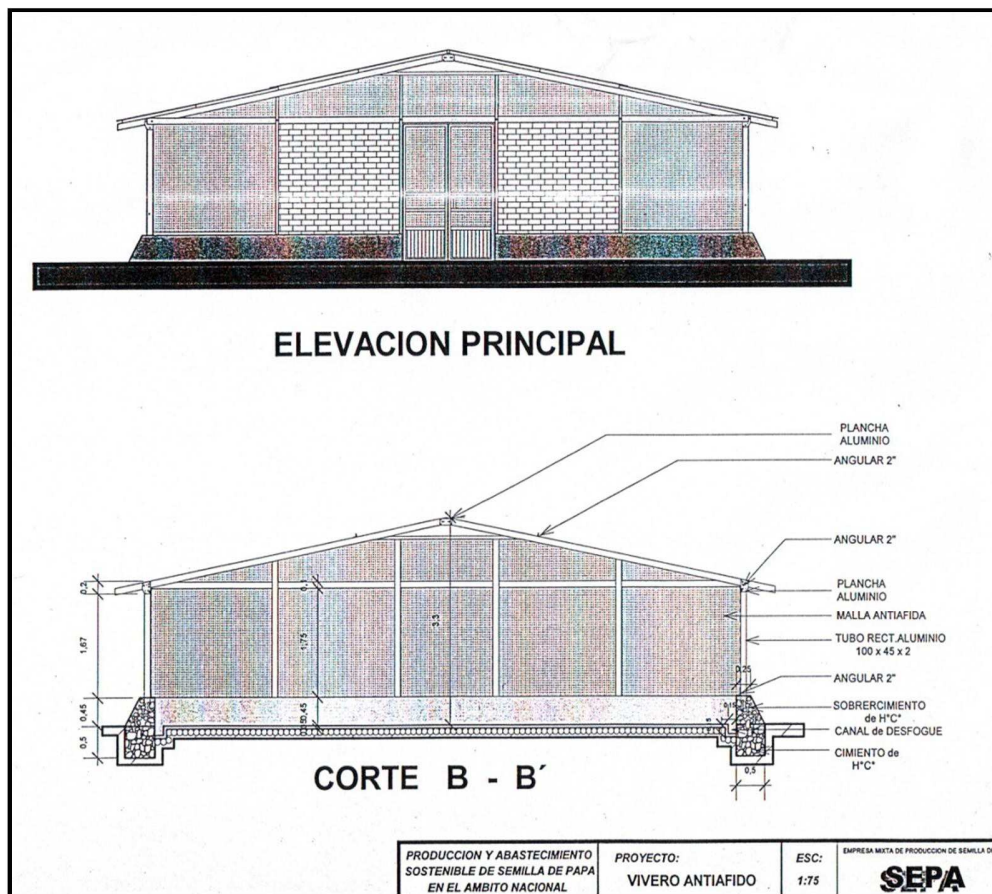
Anexo 15. Selección y pesaje de los tratamientos

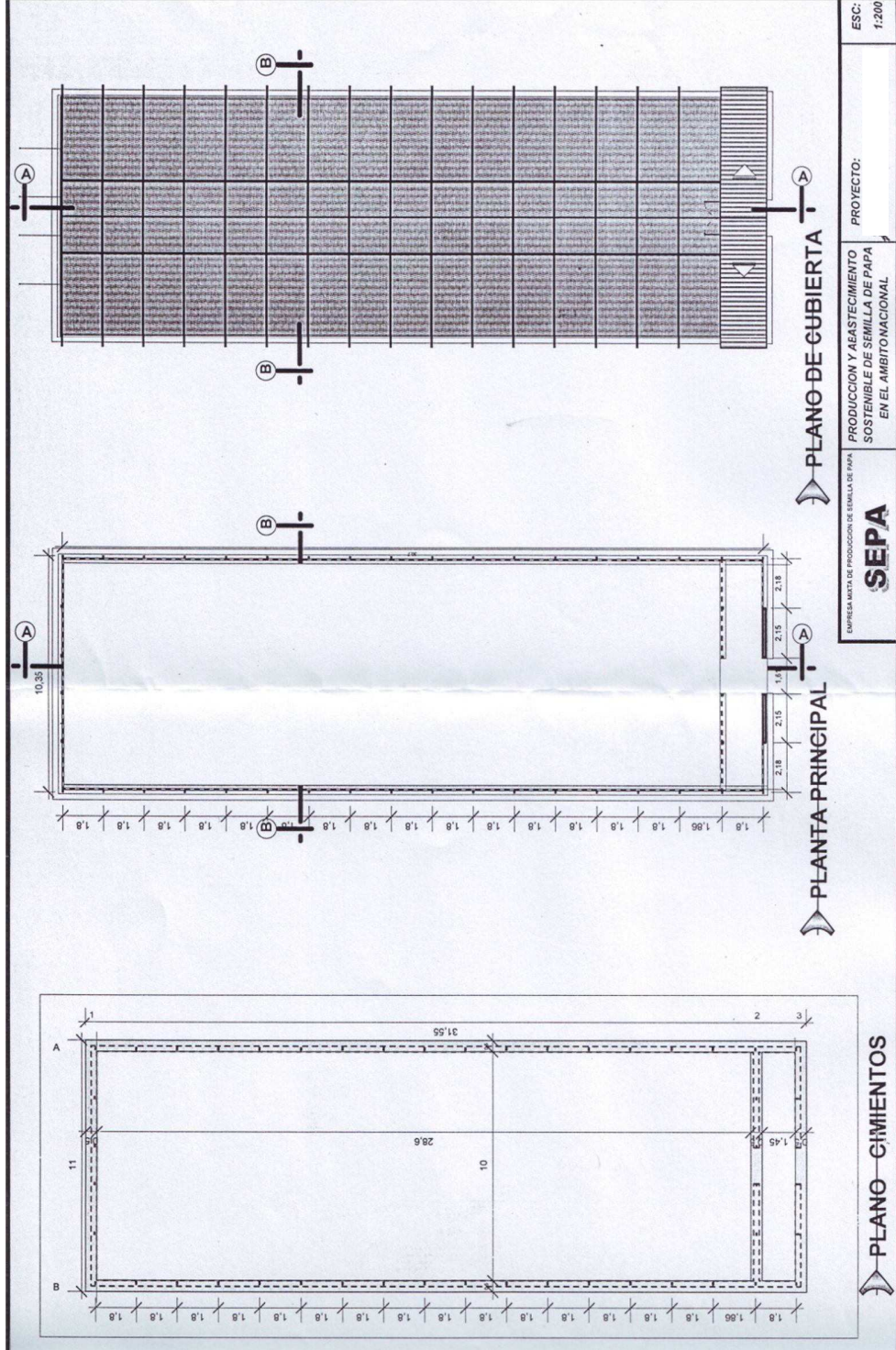


Anexo 16. Selección y pesaje de los tratamientos en cada repetición y preparado para el almacenamiento



Anexo 17. Invernadero de producción de semilla de papa pre-básica





ESC: 1:200

PROYECTO: PRODUCCION Y ABASTECIMIENTO SOSTENIBLE DE SEMILLA DE PAPA EN EL AMBITO NACIONAL

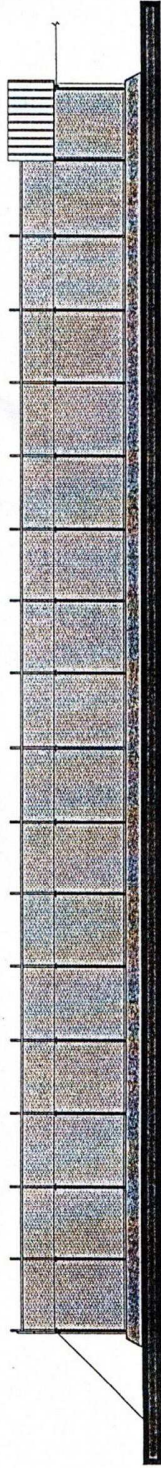
EMPRESA MATRIZ DE PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA

SEPA

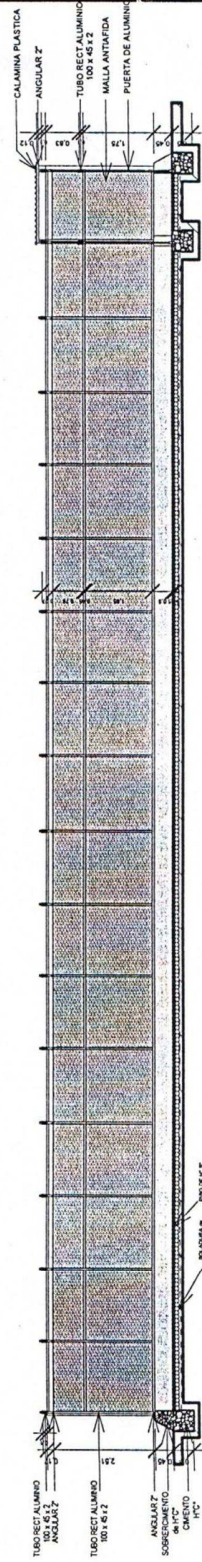
PLANO DE CUBIERTA

PLANTA PRINCIPAL

PLANO CIMIENTOS



ELEVACION LATERAL



CORTE A - A'

PRODUCCION Y ABASTECIMIENTO
SOSTENIBLE DE SEMILLA DE PAPA
EN EL AMBITO NACIONAL

ESC:
1:150

PROYECTO:
VIVERO ANTIFIDO

EMPRESA MIXTA DE PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA



Anexo 18. Registro de temperaturas diarias en el ambiente protegido.

Fecha	Temperaturas en el ciclo del cultivo			Temperaturas año 2009 SENAMHI			Fecha	Temperaturas en el ciclo del cultivo			Temperaturas año 2009 SENAMHI		
	Máx.	Min.	Media	Máx.	Min.	Media		Máx.	Min.	Media	Máx.	Min.	Media
01/02/2009	33,00	12,00	22,50	28,80	10,00	19,40	18/03/2009	31,00	12,00	21,50	22,30	12,40	17,35
02/02/2009	33,00	13,00	23,00	28,90	10,00	19,45	19/03/2009	31,00	14,00	22,50	22,80	11,00	16,90
03/02/2009	34,00	13,00	23,50	31,50	10,30	20,90	20/03/2009	28,00	15,00	21,50	20,00	11,80	15,90
04/02/2009	34,00	12,00	23,00	23,40	15,20	19,30	21/03/2009	32,00	14,00	23,00	22,40	11,60	17,00
05/02/2009	28,00	13,00	20,50	30,20	9,50	19,85	22/03/2009	39,00	10,00	24,50	26,10	10,60	18,35
06/02/2009	32,00	11,00	21,50	30,80	11,70	21,25	23/03/2009	38,00	12,00	25,00	24,00	11,60	17,80
07/02/2009	33,00	11,00	22,00	26,10	13,00	19,55	24/03/2009	26,00	12,00	19,00	20,60	12,50	16,55
08/02/2009	35,00	11,00	23,00	29,40	11,80	20,60	25/03/2009	32,00	13,00	22,50	25,00	13,20	19,10
09/02/2009	33,00	12,00	22,50	23,30	12,30	17,80	26/03/2009	34,00	13,00	23,50	25,20	13,00	19,10
10/02/2009	34,00	15,00	24,50	28,30	13,60	20,95	27/03/2009	34,00	14,00	24,00	26,20	11,60	18,90
11/02/2009	36,00	12,00	24,00	22,30	14,20	18,25	28/03/2009	33,00	16,00	24,50	26,10	13,20	19,65
12/02/2009	33,00	12,00	22,50	23,20	13,20	18,20	29/03/2009	25,00	12,00	18,50	23,90	10,70	17,30
13/02/2009	32,00	12,00	22,00	27,80	12,00	19,90	30/03/2009	27,00	13,00	20,00	27,80	10,90	19,35
14/02/2009	26,00	11,00	18,50	17,20	13,00	15,10	31/03/2009	24,00	10,00	17,00	23,00	10,00	16,50
15/02/2009	36,00	11,00	23,50	21,80	10,90	16,35	Prom.	17.9	6.4	12.2	14.5	6.1	10.3
16/02/2009	35,00	11,00	23,00	27,30	11,00	19,15	01/04/2009	28,00	9,00	18,50	20,60	9,80	15,20
17/02/2009	30,00	11,00	20,50	22,00	11,80	16,90	02/04/2009	32,00	11,00	21,50	26,40	11,40	18,90
18/02/2009	32,00	11,00	21,50	25,00	12,20	18,60	03/04/2009	33,00	10,00	21,50	27,80	9,00	18,40
19/02/2009	34,00	10,00	22,00	26,70	14,00	20,35	04/04/2009	35,00	10,00	22,50	29,60	9,00	19,30
20/02/2009	33,00	15,00	24,00	26,30	13,30	19,80	05/04/2009	32,00	13,00	22,50	26,70	14,00	20,35
21/02/2009	35,00	12,00	23,50	28,90	13,30	21,10	06/04/2009	34,00	11,00	22,50	28,20	10,40	19,30
22/02/2009	34,00	11,00	22,50	28,40	12,00	20,20	07/04/2009	31,00	12,00	21,50	25,50	11,20	18,35
23/02/2009	31,00	12,00	21,50	23,90	12,00	17,95	08/04/2009	28,00	13,00	20,50	22,20	12,30	17,25
24/02/2009	31,00	12,00	21,50	26,20	12,30	19,25	09/04/2009	29,00	14,00	21,50	22,80	12,70	17,75
25/02/2009	30,00	11,00	20,50	21,30	11,10	16,20	10/04/2009	35,00	13,00	24,00	29,00	12,00	20,50
26/02/2009	32,00	12,00	22,00	25,40	11,20	18,30	11/04/2009	32,00	10,00	21,00	26,20	8,80	17,50
27/02/2009	33,00	12,00	22,50	23,30	12,70	18,00	12/04/2009	33,00	10,00	21,50	25,60	9,40	17,50
28/02/2009	30,00	15,00	22,50	24,40	13,30	18,85	13/04/2009	32,00	9,00	20,50	25,00	14,60	19,80
Prom.	32.6	12.0	22.3	25.8	12.2	19.0	14/04/2009	30,00	10,00	20,00	18,50	9,80	14,15
01/03/2009	32,00	11,00	21,50	27,20	11,50	19,35	15/04/2009	31,00	10,00	20,50	20,20	10,80	15,50
02/03/2009	30,00	10,00	20,00	25,60	12,40	19,00	16/04/2009	32,00	8,00	20,00	24,50	4,80	14,65
03/03/2009	32,00	10,00	21,00	26,10	14,10	20,10	17/04/2009	31,00	8,00	19,50	25,60	5,40	15,50
04/03/2009	33,00	11,00	22,00	28,30	10,40	19,35	18/04/2009	30,00	8,00	19,00	27,20	5,20	16,20
05/03/2009	35,00	11,00	23,00	26,70	13,40	20,05	19/04/2009	32,00	10,00	21,00	26,10	6,20	16,15
06/03/2009	33,00	12,00	22,50	27,80	10,30	19,05	20/04/2009	34,00	10,00	22,00	25,00	8,10	16,55
07/03/2009	33,00	13,00	23,00	29,10	11,30	20,20	21/04/2009	33,00	10,00	21,50	27,20	6,50	16,85
08/03/2009	32,00	12,00	22,00	28,60	12,80	20,70	22/04/2009	32,00	8,00	20,00	26,20	7,20	16,70
09/03/2009	31,00	11,00	21,00	28,30	10,70	19,50	23/04/2009	32,00	10,00	21,00	26,70	7,80	17,25
10/03/2009	34,00	15,00	24,50	28,20	14,40	21,30	24/04/2009	32,00	10,00	21,00	24,40	9,60	17,00
11/03/2009	33,00	12,00	22,50	23,60	11,60	17,60	25/04/2009	31,00	8,00	19,50	25,80	11,00	18,40
12/03/2009	35,00	12,00	23,50	26,20	10,60	18,40	26/04/2009	34,00	5,00	19,50	25,20	10,40	17,80
13/03/2009	28,00	13,00	20,50	19,90	10,50	15,20	27/04/2009	34,00	7,00	20,50	25,40	8,80	17,10
14/03/2009	33,00	13,00	23,00	25,60	11,00	18,30	28/04/2009	34,00	7,00	20,50	26,10	10,30	18,20
15/03/2009	34,00	10,00	22,00	26,10	6,90	16,50	29/04/2009	30,00	8,00	19,00	26,70	6,90	16,80
16/03/2009	34,00	12,00	23,00	26,70	9,80	18,25	30/04/2009	34,00	12,00	23,00	25,00	9,50	17,25
17/03/2009	34,00	11,00	22,50	26,20	8,60	17,40	Prom.	32.6	10.0	21.3	25.9	9.6	17.7

Anexo 19. Datos de campo para la variable altura de planta (cm)

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	b1 = 0.10 m	50,00	52,20	46,80	47,40
	b2 = 0.13 m	47,20	48,00	49,00	49,40
	b3 = 0.15 m	46,40	45,40	46,40	49,00
a2 = 0.20 m	b1 = 0.10 m	47,80	48,80	50,00	47,20
	b2 = 0.13 m	46,40	49,60	49,60	48,60
	b3 = 0.15 m	47,80	46,40	48,40	46,60

Tabla de medias de los tratamientos				
	b1 = 0.10 m	b2 = 0.13 m	b3 = 0.15 m	Media
a1 = 0.25 m	49,10	48,40	46,80	48,10
a2 = 0.20 m	48,45	48,55	47,30	48,10
Media	48,77	48,47	47,05	48,10

Anexo 20. Datos de campo para la variable Diámetro de tallo

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	b1 = 0.10 m	0,610	0,576	0,550	0,556
	b2 = 0.13 m	0,564	0,550	0,560	0,580
	b3 = 0.15 m	0,654	0,650	0,604	0,540
a2 = 0.20 m	b1 = 0.10 m	0,630	0,604	0,614	0,590
	b2 = 0.13 m	0,590	0,562	0,630	0,550
	b3 = 0.15 m	0,600	0,540	0,546	0,638

Tabla de medias de los tratamientos				
	b1 = 0.10 m	b2 = 0.13 m	b3 = 0.15 m	Media
a1 = 0.25 m	0,573	0,564	0,612	0,583
a2 = 0.20 m	0,610	0,583	0,581	0,591
Media	0,591	0,573	0,597	0,587

Anexo 21. Datos de campo para la variable porcentaje de prendimiento en invernadero

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	b1 = 0.10 m	100,00	99,38	100,00	100,00
	b2 = 0.13 m	98,33	100,00	95,83	100,00
	b3 = 0.15 m	100,00	98,08	98,08	100,00
a2 = 0.20 m	b1 = 0.10 m	100,00	100,00	100,00	99,00
	b2 = 0.13 m	100,00	100,00	100,00	100,00
	b3 = 0.15 m	100,00	97,69	98,46	100,00

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	99,84	98,54	99,04	99,14
a2 = 0.20 m	99,75	100,00	99,04	99,60
Media	99,80	99,27	99,04	99,37

Anexo 22. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos por metro cuadrado

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	228	222	188	240
	<i>b2 = 0.13 m</i>	214	218	210	208
	<i>b3 = 0.15 m</i>	183	179	241	261
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	258	257	279	279
	<i>b2 = 0.13 m</i>	229	212	235	295
	<i>b3 = 0.15 m</i>	213	221	224	248

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	219	212	216	216
a2 = 0.20 m	268	243	226	246
Media	244	227	221	231

Anexo 23. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos por tratamiento.

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	911	887	753	959
	<i>b2 = 0.13 m</i>	857	872	838	831
	<i>b3 = 0.15 m</i>	731	717	965	1.044
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	1.033	1.026	1.116	1.468
	<i>b2 = 0.13 m</i>	914	849	939	1.178
	<i>b3 = 0.15 m</i>	851	885	894	992

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	878	850	864	864
a2 = 0.20 m	1.161	970	906	1.012
Media	1.019	910	885	938

Anexo 24. Datos de campo para la variable número de tubérculos calibre II

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	12	22	39	40
	<i>b2 = 0.13 m</i>	8	21	18	21
	<i>b3 = 0.15 m</i>	26	32	24	11
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	22	22	18	-
	<i>b2 = 0.13 m</i>	24	14	34	19
	<i>b3 = 0.15 m</i>	22	25	22	24

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	28	17	23	23
a2 = 0.20 m	16	23	23	21
Media	22	20	23	22

Anexo 25. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos calibre III

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	95	126	116	131
	<i>b2 = 0.13 m</i>	96	119	119	140
	<i>b3 = 0.15 m</i>	144	155	121	93
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	139	88	97	55
	<i>b2 = 0.13 m</i>	129	129	132	123
	<i>b3 = 0.15 m</i>	126	121	104	105

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	117	119	128	121
a2 = 0.20 m	95	128	114	112
Media	106	123	121	117

Anexo 26. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos calibre IV

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	448	475	302	442
	<i>b2 = 0.13 m</i>	447	436	398	373
	<i>b3 = 0.15 m</i>	378	349	424	483
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	531	563	548	580
	<i>b2 = 0.13 m</i>	450	471	457	478
	<i>b3 = 0.15 m</i>	475	452	414	419

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	417	414	409	413
a2 = 0.20 m	556	464	440	487
Media	486	439	424	450

Anexo 27. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos calibre V

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	215	195	202	237
	<i>b2 = 0.13 m</i>	202	205	225	191
	<i>b3 = 0.15 m</i>	126	116	248	312
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	227	240	268	533
	<i>b2 = 0.13 m</i>	192	170	216	317
	<i>b3 = 0.15 m</i>	154	206	244	308

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	212	206	201	206
a2 = 0.20 m	317	224	228	256
Media	265	215	214	231

Anexo 28. Datos de campo para la variable número de tubérculos producidos calibre VI

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	141	69	94	109
	<i>b2 = 0.13 m</i>	104	91	78	106
	<i>b3 = 0.15 m</i>	57	65	148	145
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	114	113	185	300
	<i>b2 = 0.13 m</i>	119	65	100	241
	<i>b3 = 0.15 m</i>	74	81	110	136

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	103	95	104	101
a2 = 0.20 m	178	131	100	137
Media	141	113	102	119

Anexo 29. Datos de campo para la variable peso de tubérculos por metro cuadrado (kg/m²)

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	2,58	2,88	2,75	2,70
	<i>b2 = 0.13 m</i>	2,43	2,68	2,40	2,48
	<i>b3 = 0.15 m</i>	2,70	2,80	2,45	2,43
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	2,98	2,88	2,73	2,50
	<i>b2 = 0.13 m</i>	2,75	2,80	2,80	2,58
	<i>b3 = 0.15 m</i>	2,83	2,83	2,63	2,33

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	2,73	2,49	2,59	2,60
a2 = 0.20 m	2,77	2,73	2,65	2,72
Media	2,75	2,61	2,62	2,66

Anexo 30. Datos de campo para la variable peso de tubérculos por tratamiento (kg/m²)

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	10,30	11,50	11,00	10,80
	<i>b2 = 0.13 m</i>	9,70	10,70	9,60	9,90
	<i>b3 = 0.15 m</i>	10,80	11,20	9,80	9,70
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	11,90	11,50	10,90	10,00
	<i>b2 = 0.13 m</i>	11,00	11,20	11,20	10,30
	<i>b3 = 0.15 m</i>	11,30	11,30	10,50	9,30

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	10,90	9,98	10,38	10,42
a2 = 0.20 m	11,08	10,93	10,60	10,87
Media	10,99	10,45	10,49	10,64

Anexo 31. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre II (kg/m²)

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	b1 = 0.10 m	0,60	1,20	2,00	1,80
	b2 = 0.13 m	0,30	1,20	0,90	1,00
	b3 = 0.15 m	1,30	1,70	1,10	0,60
a2 = 0.20 m	b1 = 0.10 m	0,90	0,90	0,80	-
	b2 = 0.13 m	1,00	0,70	1,40	0,90
	b3 = 0.15 m	1,00	1,20	1,00	1,20

Tabla de medias de los tratamientos				
	b1 = 0.10 m	b2 = 0.13 m	b3 = 0.15 m	Media
a1 = 0.25 m	1,40	0,85	1,18	1,14
a2 = 0.20 m	0,65	1,00	1,10	0,92
Media	1,03	0,93	1,14	1,03

Anexo 32. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre III (kg/m²)

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	b1 = 0.10 m	2,80	3,60	3,30	3,30
	b2 = 0.13 m	2,70	3,50	3,00	3,90
	b3 = 0.15 m	4,00	4,60	3,10	2,40
a2 = 0.20 m	b1 = 0.10 m	3,60	2,50	2,60	1,50
	b2 = 0.13 m	3,40	3,50	3,60	2,80
	b3 = 0.15 m	3,60	3,60	2,60	2,60

Tabla de medias de los tratamientos				
	b1 = 0.10 m	b2 = 0.13 m	b3 = 0.15 m	Media
a1 = 0.25 m	3,25	3,28	3,53	3,35
a2 = 0.20 m	2,55	3,33	3,10	2,99
Media	2,90	3,30	3,31	3,17

Anexo 33. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre IV (kg/m²)

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	b1 = 0.10 m	6,00	6,00	4,80	3,90
	b2 = 0.13 m	5,40	5,50	4,80	4,50
	b3 = 0.15 m	5,00	4,60	4,60	5,50
a2 = 0.20 m	b1 = 0.10 m	6,30	7,00	6,00	6,20
	b2 = 0.13 m	5,80	6,20	5,40	5,40
	b3 = 0.15 m	6,20	5,60	6,00	4,40

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	5,18	5,05	4,93	5,05
a2 = 0.20 m	6,38	5,70	5,55	5,88
Media	5,78	5,38	5,24	5,46

Anexo 34. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre V (kg/m²)

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	1,00	0,90	0,90	0,90
	<i>b2 = 0.13 m</i>	0,80	0,80	0,90	0,80
	<i>b3 = 0.15 m</i>	0,50	0,50	1,00	1,20
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	0,90	1,00	1,40	2,20
	<i>b2 = 0.13 m</i>	0,80	0,90	1,00	1,20
	<i>b3 = 0.15 m</i>	0,70	0,70	0,90	1,30

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	0,93	0,83	0,80	0,85
a2 = 0.20 m	1,38	0,98	0,90	1,08
Media	1,15	0,90	0,85	0,97

Anexo 35. Datos de campo para la variable peso de tubérculos calibre VI (kg/m²)

DISTANCIA ENTRE LÍNEAS	DISTANCIA ENTRE PLANTAS	REP 1	REP 2	REP 3	REP 4
a1 = 0.25 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	0,20	0,30	0,30	0,30
	<i>b2 = 0.13 m</i>	0,30	0,30	0,30	0,30
	<i>b3 = 0.15 m</i>	0,30	0,30	0,20	0,30
a2 = 0.20 m	<i>b1 = 0.10 m</i>	0,10	0,10	0,40	0,50
	<i>b2 = 0.13 m</i>	0,30	0,20	0,30	0,50
	<i>b3 = 0.15 m</i>	0,30	0,30	0,20	0,30

Tabla de medias de los tratamientos				
	<i>b1 = 0.10 m</i>	<i>b2 = 0.13 m</i>	<i>b3 = 0.15 m</i>	Media
a1 = 0.25 m	0,28	0,30	0,28	0,28
a2 = 0.20 m	0,28	0,33	0,28	0,29
Media	0,28	0,31	0,28	0,29

Anexo 37. Ingresos

Detalle	Calibres	Rendimiento (Tubérculos/16 m ²)	Precio del producto (\$us/tubérculo)	BENEFICIO BRUTO (\$us)	BENEFICIO BRUTO POR TRATAMIENTO (\$us)
T 1	II	113	0,00	0,00	490,64
	III	468	0,19	88,92	
	IV	1667	0,15	250,05	
	V	849	0,13	110,37	
	VI	413	0,10	41,30	
T 2	II	68	0,00	0,00	483,05
	III	474	0,19	90,06	
	IV	1654	0,15	248,10	
	V	823	0,13	106,99	
	VI	379	0,10	37,90	
T 3	II	93	0,00	0,00	488,33
	III	513	0,19	97,47	
	IV	1634	0,15	245,10	
	V	802	0,13	104,26	
	VI	415	0,10	41,50	
T 4	II	62	0,00	0,00	641,35
	III	379	0,19	72,01	
	IV	2222	0,15	333,30	
	V	1268	0,13	164,84	
	VI	712	0,10	71,20	
T 5	II	91	0,00	0,00	544,72
	III	513	0,19	97,47	
	IV	1856	0,15	278,40	
	V	895	0,13	116,35	
	VI	525	0,10	52,50	
T 6	II	93	0,00	0,00	509,3
	III	456	0,19	86,64	
	IV	1760	0,15	264,00	
	V	912	0,13	118,56	
	VI	401	0,10	40,10	
Total				3157,39	3157,39