



Theses and Dissertations

2003

Evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) at different spacings between furrows and plants in the Mamani community

José Ferrufino Miranda
Brigham Young University - Provo

Follow this and additional works at: <https://scholarsarchive.byu.edu/etd>



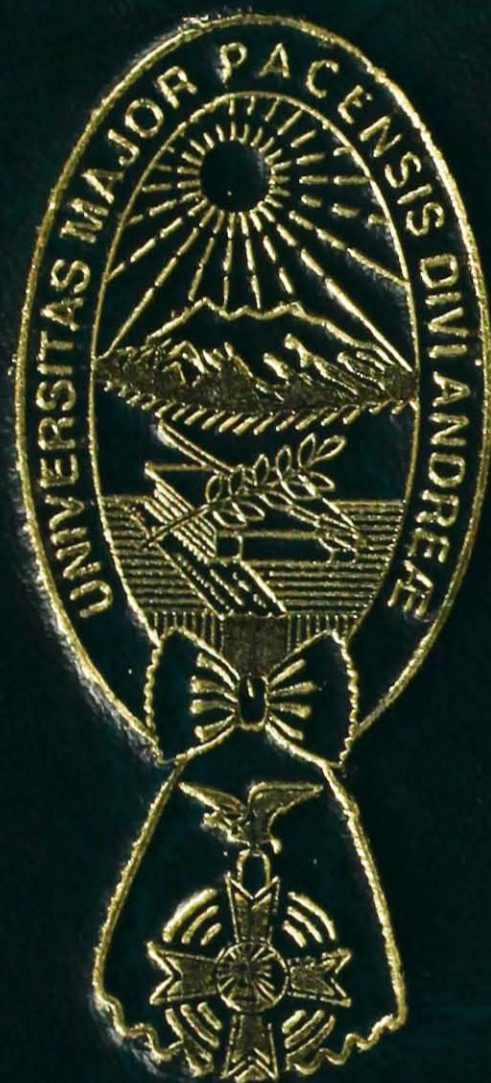
Part of the [Agriculture Commons](#), and the [Agronomy and Crop Sciences Commons](#)

BYU ScholarsArchive Citation

Ferrufino Miranda, José, "Evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) at different spacings between furrows and plants in the Mamani community" (2003). *Theses and Dissertations*. 5360.
<https://scholarsarchive.byu.edu/etd/5360>

This Thesis is brought to you for free and open access by BYU ScholarsArchive. It has been accepted for inclusion in Theses and Dissertations by an authorized administrator of BYU ScholarsArchive. For more information, please contact ellen_amatangelo@byu.edu.

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA



TESIS DE GRADO

EVALUACION DE LA QUINUA (*Chenopodium
quinua* Willd) A DIFERENTES ESPACIAMIENTOS
ENTRE SURCOS Y ENTRE PLANTAS EN LA
COMUNIDAD DE MAMANI

Presentado por:
JOSE FERRUFINO MIRANDA

LA PAZ - BOLIVIA

2003

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

EVALUACION DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) A DIFERENTES ESPACIAMIENTOS ENTRE SURCOS Y ENTRE PLANTAS EN LA COMUNIDAD DE MAMANI

Presentado por:

JOSÉ FERRUFINO MIRANDA

LA PAZ – BOLIVIA
2003

Evaluation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) at Different Spacings Between Furrows and Plants in the Mamani Community

Abstract

This study addressed spacing between furrows and plants in the cultivation of the quinoa variety Patacamaya. This study took place from 1999 to 2000 in the Mamani community, Ingavi, La Paz, Bolivia. The Patacamaya variety is a cross between Samaranti (sweet) and Kaslala (bitter), with a vegetative cycle of 145 days (semi-early). It has large grains, is sweet, and has a high grain yield. The spaces between furrows were 40, 60, and 80 cm in an experimental design of randomly divided plots with four repetitions. The spaces between furrows were implemented in large plots and the plant spaces as sub-treatments in small plots. The results showed that the height of the plants were similar in all treatments except for T1 that was 35% lower compared with the other treatments. The highest grain yields occurred in treatment T6 with a value of 2,708.5 kg/ha, followed by T1 and T11. The lowest grain yields occurred in treatments T15, T10, and T5 with values of 1,124.3, 1561.4, and 1653.3 kg/ha, respectively.

ASESOR

Ing. M. Sc. *[Faded Name]*

Ing. *[Faded Name]*

TRIBUNAL

Ing. M. Sc. *[Faded Name]*

Ing. M. Sc. *[Faded Name]*

Ing. *[Faded Name]*

Ing. M. Sc. *[Faded Name]*

DECANO

LA PAZ - BOLIVIA

2000

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACION DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) A
DIFERENTES ESPACIAMIENTOS ENTRE SURCOS Y
ENTRE PLANTAS EN LA COMUNIDAD DE MAMANI**

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

JOSÉ FERRUFINO MIRANDA

ASESORES:

Ing. M. Sc. Alejandro Bonifacio Flores

Ing. Genaro Aroni

TRIBUNALES:

Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera

Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez

Ing. David Morales Velásquez

VoBo.

Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera

DECANO

LA PAZ - BOLIVIA

2003

DEDICATORIA:

A la memoria de mi querido padre: Félix Ferrufino Pérez y a mi madre Victorina Miranda Azurduy, quienes con sacrificio y honradez supieron guiarme e inculcarme al estudio.

A mi novia Sonja Burton con mucho amor, quién supo apoyarme en la culminación de mi carrera profesional.

A mis queridos hermanos: Irene, Roy, Natividad, Mario, Julio, Maribel, Felicidad, Antonio, Francisco, Nancy, Luis, Beatriz y a todos mis queridos sobrinos.

A la familia Burton: Steven, Sandra y Jonathan.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento en forma muy especial, al Ing. M. Sc. Alejandro Bonifacio Flores y al Ing. Genaro Aroni, por el asesoramiento, guía y orientación en la realización del presente trabajo, sin los cuales no hubiese sido posible su ejecución.

Mi sincero agradecimiento a Ezra Taft Benson Agriculture and Food Institute, Brigham Young University, Provo, Utah, U.S.A. y PROINPA, quienes me dieron las facilidades técnico-científicas para la ejecución de este estudio, concediéndome una beca-tesis.

A los señores tribunales, Ing. M. Sc. Jorge Pascuali Cabrera, Ing. M. Sc. Hugo Bosque Sánchez e Ing. David Morales Velásquez, mi agradecimiento por la revisión, observaciones y enriquecimiento del presente trabajo.

Mi más sincero agradecimiento al Ing. Ramiro Ochoa por su orientación en el análisis e interpretación de los resultados. A si mismo agradezco a la Lic. Elizabeth García, Ing. Alex Anagua, Ing. Wilfredo Marín, Lic. Clovis Villegas, Ing. Fernando Collazos, Sr. Juan Condori por su colaboración.

Agradezco a la Srta. Amalia Vargas por su apoyo y colaboración durante el trabajo de campo y mi permanencia en los predios del Instituto Benson, Letanías, Viacha.

A todos los Docentes de la Facultad de Agronomía, por los conocimientos y experiencias impartidas en los años de mi formación; a los compañeros y amigos de estudio: Carmen Luna, Freddy Ayala, German Quispe, Juan Carlos Huanca, Brígida Tintaya, Regina Calani, Rosario Ticona, Celia Tinta, Beatriz Vino, Alex Rojas, Abdón Vásquez, Lucio Rocabado y Grover Aduviri, por su amistad y apoyo.

A mis queridas tías Ana e Irma y a mi querida prima Magali Ferrufino y familia, por su apoyo y colaboración durante los años de mi formación profesional.

INDICE GENERAL

Pág.

CONTENIDO

i

INDICE DE CUADROS

v

INDICE DE FIGURAS

vii

INDICE DE ANEXOS

viii

RESUMEN

x

I. INTRODUCCION

1

1.1. Objetivos

2

1.1.1. General

2

1.1.2. Específicos

2

1.1.3. Hipótesis

3

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

4

2.1. El cultivo de la quinua

4

2.1.1. Origen y aspectos botánicos

4

2.1.2. Importancia del cultivo

4

2.1.3. Valor nutritivo del grano

5

2.1.4. Superficie de cultivo y producción nacional

7

2.1.5. Zonas de producción en Bolivia

8

2.1.6. Época de siembra

8

2.1.7. Métodos de siembra

9

2.1.8. Espaciamientos y densidades de siembra

10

2.1.8.1. Espaciamientos de siembra

10

2.1.8.2. Densidad de siembra

11

2.1.9. Características morfológicas

12

2.1.10. Fases fenológicas del cultivo

13

2.1.11. Componentes del rendimiento

15

III.	MATERIALES Y METODOS	16
3.1.	Localización del experimento	16
3.1.1.	Ubicación	16
3.1.2.	Clima	16
3.1.3.	Cobertura vegetal de la zona de estudio	16
3.1.4.	Suelo	18
3.2.	Material experimental	18
3.2.1.	Material genético	18
3.2.2.	Material de campo	19
3.2.3.	Insumos	19
3.2.4.	Material de laboratorio y gabinete	19
3.3.	Trabajo de campo	20
3.3.1.	Preparación del sitio del experimento	20
3.3.2.	Muestreo y análisis de suelo	20
3.3.3.	Siembra	20
3.3.4.	Raleo	21
3.3.5.	Control de malezas, plagas y enfermedades	21
3.3.5.1.	Malezas	21
3.3.5.2.	Plagas y enfermedades	21
3.3.6.	Cosecha	22
3.3.7.	Secado	22
3.3.8.	Trilla	22
3.4.	Procedimiento experimental	23
3.4.1.	Diseño experimental	23
3.4.1.1.	Modelo estadístico	23
3.4.2.	Factores de estudio	24
3.4.3.	Formulación de tratamientos	24
3.4.4.	Características de la parcela experimental	25
3.5.	Variables agronómicas evaluadas	28
3.5.1.	Altura de planta	28
3.5.2.	Diámetro de tallo	28

3.5.3.	Longitud de panoja	28
3.5.4.	Diámetro de panoja	28
3.5.5.	Rendimiento de grano total	29
3.5.6.	Rendimiento de broza	29
3.5.7.	Rendimiento de “jipi”	29
3.5.8.	Peso de 100 granos	29
3.5.9.	Diámetro del grano	30
3.5.10.	Espesor del grano	30
3.5.11.	Índice de cosecha	30
3.5.12.	Peso hectolítrico	30
3.6.	Análisis de regresión y correlación	31
3.7.	Análisis de costos parciales de producción	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	33
4.1.	Clima y suelo	33
4.1.1.	Clima	33
4.1.2.	Suelo	35
4.2.	Comportamiento de las variables agronómicas	36
4.2.1.	Altura de planta (cm)	36
4.2.1.1.	Efecto del espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	37
4.2.1.2.	Interacción espaciamiento entre surcos vs. plantas	40
4.2.2.	Diámetro de tallo (mm)	41
4.2.2.1.	Efecto del espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	43
4.2.2.2.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	46
4.2.3.	Longitud de panoja (cm)	47
4.2.3.1.	Efecto del espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	49
4.2.3.2.	Interacción espaciamiento entre surcos vs. plantas	52
4.2.4.	Diámetro de panoja (mm)	53

4.2.4.1.	Efecto del espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	54
4.2.4.2.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	57
4.2.5.	Rendimiento (kg/ha)	58
4.2.5.1.	Rendimiento de grano	58
4.2.5.1.1.	Rendimiento en función de los espaciamientos entre surcos y plantas	60
4.2.5.1.2.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	63
4.2.5.2.	Rendimiento de broza	65
4.2.5.2.1.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	66
4.2.5.3.	Rendimiento de "jipi"	67
4.2.5.3.1.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	68
4.2.6.	Peso de 100 granos (gr)	69
4.2.6.1.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	70
4.2.7.	Diámetro de grano (mm)	72
4.2.7.1.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	72
4.2.8.	Espesor de grano (mm)	73
4.2.8.1.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	74
4.2.9.	Índice de cosecha	75
4.2.9.1.	Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas	75
4.2.10.	Peso hectolítrico (kg/hl)	76
4.2.10.1.	Peso hectolítrico como efecto de los espaciamientos entre surco y plantas	76
4.3.	Análisis de correlación y regresión de los componentes del rendimiento en función al rendimiento	78
4.4.	Análisis de costos parciales de producción	81

V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
5.1.	Conclusiones	87
5.2.	Recomendaciones	89
VI.	BIBLIOGRAFIA	91
VII.	ANEXOS	96

INDICE DE CUADROS

CUADRO	Pág.	
1.	Comparación del contenido de los aminoácidos esenciales en el grano de quinua con otros elementos (aminoácidos/100 g de proteína)	6
2.	Comparación de la composición proximal de la quinua con la de algunos cereales (porcentajes en base de materia seca)	7
3.	Superficie de cultivo, rendimiento y volúmenes de producción	8
4.	Formulación de los tratamientos en estudio	24
5.	Análisis físico-químico del suelo	35
6.	ANVA (cuadrados medios) para altura de planta debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	36
7.	ANVA (cuadrados medios) para diámetro de tallo debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	42
8.	Prueba de Duncan para comparar el diámetro de tallo debido al espaciamiento entre surcos (A), en la fase de despunte de panoja	45
9.	ANVA (cuadrados medios) para longitud de panoja debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	48
10.	Prueba de Duncan para comparar la longitud de panoja debido al espaciamiento entre plantas (B), en las fases fenológicas de grano lechoso, grano masoso y madurez fisiológica	51

11.	ANVA (cuadrados medios) para el diámetro de panoja debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	54
12.	Prueba de Duncan para comparar el diámetro de panoja debido al espaciamiento entre plantas (B), en las fases fenológicas de grano lechoso, grano masoso y madurez fisiológica	56
13.	ANVA (cuadrados medios) para rendimiento de grano, broza y “jipi” debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	59
14.	Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de grano debido al espaciamiento entre surcos y plantas	61
15.	Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de broza debido al espaciamiento entre surcos y plantas	65
16.	Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de “jipi” debido al espaciamiento entre surcos y plantas	67
17.	ANVA (cuadrados medios) para el peso de 100 granos, diámetro de grano, espesor de grano, índice de cosecha y peso hetolítico debido al espaciamiento entre surcos y plantas	70
18.	Coefficiente de correlación entre componentes de rendimiento y rendimiento	78
19.	Análisis de regresión lineal simple de rendimiento con los componentes del rendimiento	79
20.	Análisis de regresión múltiple de rendimiento con los componentes del rendimiento	80
21.	Presupuesto Parcial	81
22.	Costos variables de producción para cada nivel de tratamiento en (Bs/ha)	83
23.	Análisis de dominancia de los costos de un ensayo sobre espaciamientos entre surcos y plantas	84
24.	Análisis marginal y tasa de retorno marginal (TRM) de los costos de un ensayo sobre espaciamientos entre surcos y plantas en el cultivo de quina var. Patacamaya	85

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1.	Localización de la comunidad de Mamani	17
2.	Plano de ubicación de las unidades experimentales	27
3.	Comportamiento de la precipitación pluvial media anual, temperatura máxima media y mínima media anual durante los 10 últimos años	33
4.	Climadiagrama en la gestión agrícola 1999-2000, Localidad de Viacha, Provincia Ingavi, La Paz-Bolivia	34
5.	Altura de planta como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	37
6.	Altura de planta como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos con los espaciamientos entre plantas	40
7.	Diámetro de tallo como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	43
8.	Diámetro de tallo como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos con los espaciamientos entre plantas	46
9.	Longitud de panoja como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	49
10.	Longitud de panoja como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos por los espaciamientos entre plantas	52
11.	Diámetro de panoja como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	55
12.	Diámetro de panoja como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos por los espaciamientos entre plantas	57
13.	Rendimiento de grano en función del espaciamiento entre surcos y plantas	60
14.	Rendimiento de grano como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas	64
15.	Rendimiento de broza como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas	66

16.	Rendimiento de “jipi” como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas	69
17.	Peso de 100 granos como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas	71
18.	Diámetro de grano como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas	72
19.	Espesor de grano como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas	74
20.	Índice de cosecha como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas	75
21.	Peso hectolítrico como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas	77
22.	Curva de beneficios netos en un ensayo de tres espaciamientos entre surcos y cinco espaciamientos entre plantas	86

INDICE DE ANEXOS

ANEXO	Pág.	
1.	Valores comparativos del contenido de algunas vitaminas del grano de quinua y otras fuentes vegetales (ppm en base de materia seca)	97
2.	Contenido de minerales en la quinua y algunos otros cereales de consumo más frecuente (partes por millón en base de materia seca)	97
3.	Comportamiento de la precipitación pluvial media mensual, temperatura máxima media y mínima media mensual, durante los 10 últimos años	98
4.	Análisis físico-químico del suelo	99
5.	Altura de planta en cm en 5 fases fenológicas	100
6.	Diámetro de tallo mm en 5 fases fenológicas	101
7.	Longitud de panoja cm en 5 fases fenológicas	102
8.	Diámetro de panoja mm en 5 fases fenológicas	103

9.	Análisis de varianza para altura de planta (cm), en 5 fases fenológicas	104
10.	Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm), en 5 fases fenológicas	105
11.	Análisis de varianza para longitud de panoja (cm), en 5 fases fenológicas	106
12.	Análisis de varianza para diámetro de panoja (mm), en 5 fases fenológicas	107
13.	Prueba Duncan al 5% para comparar la altura de planta (cm) debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	108
14.	Prueba Duncan al 5% para comparar el diámetro de tallo (mm) debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	108
15.	Prueba Duncan al 5% para comparar la longitud de panoja (cm) debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	108
16.	Prueba Duncan al 5% para comparar el diámetro de panoja (mm) debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas	109
17.	ANVA (cuadrados medios) para el peso de 100 granos, diámetro de grano, espesor de grano, índice de cosecha y peso hectolítrico debido al espaciamiento entre surcos y plantas	109
18.	Prueba Duncan al 5% para comparar el peso de 100 granos, diámetro de grano, espesor de grano, índice de cosecha y peso hectolítrico debido al espaciamiento entre surcos y plantas	109
19.	Número de plantas por hectárea	110
20.	Rendimiento de grano de quina en (kg/ha)	110
21.	Rendimiento de broza en (kg/ha)	111
22.	Rendimiento de "jipi" en (kg/ha)	111
23.	Interacciones de los espaciamientos entre surcos vs. plantas	112

RESUMEN

El estudio: **“Espaciamiento entre surcos y plantas en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Patacamaya”** se llevó a cabo en la gestión agrícola 1999 – 2000, en la comunidad de Mamani, perteneciente a la provincia Ingavi, Altiplano Norte, del departamento de La Paz, Bolivia, a una altitud de 3850 msnm, dentro de las coordenadas geográficas 16°36'45" de Latitud Sur y 68°18'25" de Longitud Oeste. La precipitación fue 542.9 mm y el suelo presentó una textura franco (F). El material genético utilizado fue la variedad Patacamaya, cuyo lanzamiento en campo fue el año 1997 por el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA); su origen deriva de la cruce entre la variedad Samaranti (dulce) por la Kaslala (Real amarga), presenta un ciclo vegetativo de 145 días (semiprecoz), es de grano grande, dulce y los rendimientos en grano son elevados.

Con el objetivo de evaluar el efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas sobre las variables agronómicas, componentes del rendimiento y los costos parciales de producción para cada tratamiento, la siembra se realizó en surcos espaciados a 40, 60 y 80 cm, en un diseño experimental de bloques al azar bajo un arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones, asignando a los espaciamientos entre surcos como tratamientos en parcelas grandes y a los espaciamientos entre plantas como subtratamientos en las parcelas pequeñas. Cuando las plantas alcanzaron una altura de 15 a 20 cm se procedió al raleo de plantas en forma manual a espaciamientos de 10, 20, 30, 40 y 50 cm entre plantas. Las variables agronómicas que se tomaron en cuenta para el presente estudio son: altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, diámetro de panoja; estas fueron evaluadas en las fases fenológicas de: despunte de panoja (DP), floración (FL), grano lechoso (GL), grano mañoso (GM), madurez fisiológica (MF), rendimiento de grano, broza y “jipi”, peso de 100 granos, diámetro y espesor de grano, índice de cosecha y peso hectolítrico.

En la fase de DP, la altura de planta fue casi similar para todos los tratamientos en estudio; sin embargo en las fases de FL, GL, GM y MF la altura de planta fue variando registrándose valores de 77.29 y 77.16 cm con los tratamientos T13 y T14 respectivamente para la fase de MF, en tanto que el tratamiento T1 obtuvo un valor inferior en un 35% con relación a los anteriores tratamientos.

Para el carácter diámetro de tallo, en la fase de DP el tratamiento T12 registró el mayor valor 9.75 mm, mientras que el tratamiento T1 obtuvo el valor más bajo de 7.32 mm; en la fase de FL, no se observaron muchas variaciones, los valores oscilan en un rango de 7.32 a 11.62 mm; finalmente en las fases de GL, GM y MF los mayores espaciamientos entre surcos y plantas favorecieron al desarrollo del tallo, obteniendo un mayor diámetro de tallo con el T15 que registró un valor de 12.02 mm en la fase de la MF.

La longitud de panoja en la fase de DP fue casi similar para todos los tratamientos con un promedio general de 2.26 cm; los mayores espaciamientos favorecieron al crecimiento de la panoja, motivo por el cual los tratamientos T15 y T14 registraron los mayores valores en las fases fenológicas de FL, GL, GM; obteniendo en la fase de MF valores de 23.73 y 23.68 cm respectivamente, superior al resto de tratamientos; en tanto que el T1 alcanzó 14.21 cm, siendo el valor más bajo registrado en 143 días después de la siembra.

El diámetro de panoja, en las fases fenológicas de DP y FL, las plantas registraron promedios generales de 15.04 y 25.15 mm respectivamente, a partir de la fase de GL hasta MF el aumento del diámetro de la panoja fue notorio, debido a la formación del grano; en éstas fases, el tratamiento T14 sobresalió con un valor de 52.02 mm en la fase de MF, en relación al tratamiento T1 que registró el valor más bajo de 37.02 mm.

El mayor rendimiento en grano fue registrado por el tratamiento T6 con un valor de 2708.5 kg de grano/ha, seguido de los tratamientos T1 y T11 con rendimientos de 2557.2 y 2430.7 kg de grano/ha respectivamente, mientras los rendimientos más bajos fueron presentados por los tratamientos T15, T10 y T5 con valores de 1124.3, 1561.4 y 1653.3 kg de grano/ha respectivamente.

La altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, diámetro de panoja y el peso de 100 granos están asociados al rendimiento en forma positiva, siendo que este último está asociado en menor grado; los componentes del rendimiento explican un 75.72% del rendimiento, en tanto que el restante 24.28% es debido a otros factores como edáficos, genéticos, medioambientales y otros. Los espaciamientos de 80 cm entre surcos y 40 cm entre plantas, presentaron una tasa de retorno marginal de 539.3% superior al resto de los tratamientos, lo que indica que, por cada boliviano (1Bs.) invertido se puede esperar recobrar un boliviano (1Bs.) y obtener 5.39 bolivianos adicionales.

Segundo Regarces cordilleranos y valles interandinos de los departamentos de La Paz, Chuquisaca, Cochabamba, Potosí y Tarija (Murillo, 1995).

El valor nutritivo del grano, convierte a la quinua en una fuente de proteínas de origen vegetal para la población andina, por contar con un alto porcentaje de aminoácidos esenciales comparables al de la leche, los análisis del grano indican que contiene entre 14 y 16 % de proteína, motivo por el cual el consumo en la población humana se incrementa (Murillo, 1995). Este cultivo cumple con la mayoría de los requisitos que busca el agricultor como cultivo de trabajo en campo al ser una especie apta para el altiplano boliviano y tener notables atributos como: rusticidad del cultivo, alta resistencia a factores climáticos adversos, entre ellos su tolerancia a heladas, sequías y salinidad (Hernández, 1994).

En la zona de estudio, los agricultores utilizan el método de siembra sobre voleo, sobre este método de siembra Cahuzza (1975), menciona que es anacrónico debido a que dificulta las labores agronómicas. Por su parte Schuch (2001), complementa que este método de siembra presenta una serie de inconvenientes, razón por la cual plantea el método de siembra sobre voleo. Por otra parte se observó en la zona de estudio diversos factores que limitan la producción potencial de este cultivo, tales como: la falta de conocimiento técnico sobre el manejo y preparación del suelo, conocimiento de las nuevas variedades de quinua de altos rendimientos, selección de semilla de buena calidad, conocimiento sobre la cantidad de semilla que se debe utilizar en la siembra, motivo por el cual los agricultores utilizan cantidades mayores de semilla que causan competencia entre las plantas, o por el contrario, densidades bajas provocando una sub-utilización del suelo.

I. INTRODUCCION

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es una especie con alto valor nutritivo, se la viene cultivando en la región Andina desde hace miles de años, tiene una distribución amplia en diferentes ecosistemas, desde los 5° de Latitud Norte al Sur de Colombia, hasta los 30° de Latitud Sur en las fronteras de Chile y Argentina, con mayor predominancia en Bolivia, Ecuador y Perú. En Bolivia la quinua se cultiva en toda la faja altiplánica, desde el Altiplano Norte, Altiplano Central hasta el Altiplano Sur; así también, está difundida en algunas regiones cordilleranas y valles interandinos de los departamentos de La Paz, Chuquisaca, Cochabamba, Potosí y Tarija (Murillo, 1995).

El valor nutritivo del grano, convierte a la quinua en una fuente de proteínas de origen vegetal para la población andina, por contar con un alto porcentaje de aminoácidos esenciales comparables al de la leche, los análisis del grano indican que contiene entre 14 y 16 % de proteína, motivo por el cual el consumo en la población humana se incrementó (Murillo, 1995). Este cultivo cumple con la mayoría de los requisitos que busca el agricultor como cultivo de trabajo en campo al ser una especie apta para el altiplano boliviano y tener notables atributos como: rusticidad del cultivo, alta resistencia a factores climáticos adverso, entre ellos su tolerancia a heladas, sequías y salinidad (Huiza, 1994).

En la zona de estudio, los agricultores utilizan el método de siembra voleo rastreo, sobre este método de siembra Cahuana (1975), menciona que es anacrónico debido a que dificulta las labores agronómicas. Por su parte Schuch (2001), complementa que este método de siembra presenta una serie de inconvenientes, razón por la cual plantea el método de siembra surco voleo. Por otra parte se observó en la zona de estudio diversos factores que limitan la producción potencial de este cultivo, tales como: la falta de conocimiento técnico sobre el manejo y preparación del suelo, conocimiento de las nuevas variedades de quinua de altos rendimientos, selección de semilla de buena calidad, conocimiento sobre la cantidad de semilla que se debe utilizar en la siembra, motivo por el cual los agricultores utilizan cantidades mayores de semilla que causan competencia entre las plantas, o por el contrario, densidades bajas provocando una sub-utilización del suelo.

El cultivo de la quinua tradicional y de autoconsumo, no aplica métodos que signifiquen un buen manejo agronómico. La tendencia actual es utilizar un nivel de tecnología que permita elevar los niveles de productividad, orientada mayormente a aquellos aspectos agronómicos que no requieren elevada inversión porque se estima que el cultivo de quinua seguirá por mucho tiempo aún en manos de los agricultores de bajos recursos económicos y tecnológicos, cuyo nivel es imperativo mejorar. Existen varias alternativas para aumentar la producción agrícola general de un área determinada, debiendo considerarse en este sentido la expansión de nuevas superficies, el mejoramiento genético de las plantas y el empleo de prácticas agrícolas como la combinación adecuada de los factores de espaciamiento entre surcos y plantas, que aplicados a la producción de quinua incrementarán, de manera importante, los rendimientos y la calidad del producto.

En virtud a la importancia que tiene el cultivo de quinua y considerando los factores anteriormente mencionados, es importante conocer la combinación adecuada de los espaciamientos entre surcos, plantas y desarrollar tecnologías para tal propósito, de tal forma que nos permita conseguir mayores rendimientos y obtener un producto de mejor calidad.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

- Evaluar el rendimiento del cultivo de quinua en la comunidad de Mamani, como efecto del espaciamiento entre surcos y plantas.

1.1.2. Específicos

- Evaluar la influencia del espaciamiento entre surcos y plantas sobre las variables agronómicas del cultivo de quinua en las fases fenológicas de despunte de panoja (DP) hasta la madurez fisiológica (MF).
- Evaluar los componentes directos del rendimiento en diferentes espaciamientos entre surcos y plantas.

- Determinar el nivel de rentabilidad para cada tratamiento en estudio a través de los costos parciales de producción.

2.1. El cultivo de la quinua

1.1.3. Hipótesis

2.1.1. Origen y aspectos botánicos

- El espaciamiento entre surcos y plantas, no afecta a las variables agronómicas estudiadas en las diferentes fases fenológicas.
- Los componentes directos del rendimiento, no son afectados por el espaciamiento entre surcos y plantas.
- Los niveles de rentabilidad son similares en los tratamientos en estudio.

cultivo es más intenso.

La ubicación taxonómica de la quinua según Rojas (2001), es: subclase Caryophyllidae, orden Caryophyllales, familia Chenopodiaceae, género Chenopodium, especie *Chenopodium quinoa* Willd.

2.1.2. Importancia del cultivo

Esquivela (1986), Jacobsen y Méjica (1999), sostienen que los grandes conglomerados humanos asentados a lo largo de la Cordillera de los Andes, valoran la importancia del cultivo de quinua por tres razones:

- a) Rusticidad del cultivo (es posible cultivarla en terrenos no aptos para otros cultivos, además que no requiere de sofisticada tecnología para la siembra, cuidados culturales y cosecha).
- b) Capacidad de resistir y/o tolerar condiciones climáticas adversas (sequías, heladas, suelos salinos, radiaciones solares intensas, temperaturas altas y bajas, etc.).
- c) Alto valor nutritivo (dado su alto contenido de proteínas de origen vegetal y carbohidratos, lo hace un alimento valioso para el ser humano).

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. El cultivo de la quinua

2.1.1. Origen y aspectos botánicos

Gandarillas (1984), menciona que Vavilov definió al centro de origen de una planta cultivada, como aquella región con la mayor diversidad de tipos, tanto de plantas cultivadas como de sus progenitores silvestres, muchos de los autores que han escrito sobre el origen de la quinua están de acuerdo en considerar que es originaria de los Andes; el mismo autor señala como centro de origen la región comprendida entre el altiplano Perú-boliviano, donde existe la mayor variación de quinuas cultivadas y su cultivo es más intenso.

La ubicación taxonómica de la quinua según Rojas (2001), es: subclase Caryophyllidae, orden Caryophyllales, familia Chenopodiaceae, género *Chenopodium*, especie *Chenopodium quinoa Willd.*

2.1.2. Importancia del cultivo

Espíndola (1986), Jacobsen y Mújica (1999), sostienen que los grandes conglomerados humanos asentados a lo largo de la Cordillera de los Andes, valoran la importancia del cultivo de quinua por tres razones:

- a) Rusticidad del cultivo (es posible cultivarla en terrenos no aptos para otros cultivos, además que no requiere de sofisticada tecnología para la siembra, cuidados culturales y cosecha).
- b) Capacidad de resistir y/o tolerar condiciones climáticas adversas (sequías, heladas, suelos salinos, radiaciones solares intensas, temperaturas altas y bajas, etc.).
- c) Alto valor nutritivo (dado su alto contenido de proteínas de origen vegetal y carbohidratos, lo hace un alimento valioso para el ser humano).

Por su parte Espíndola y Bonifacio (1996), mencionan que en la actualidad, se obtuvieron variedades graneras, exentas de saponina, de grano grande y mediano, aptas para el consumo humano, que se las puede consumir en formas variadas, por ejemplo: sopa, pito (tostado y molido), tostado (pipocas), api, etc.; así también en forma de harina, componente de yogures y mermeladas y aún se las puede utilizar en concentrados y/o mezclas para la alimentación de animales domésticos. Al respecto Cardozo (1979), señala que el principal objetivo en el cultivo de la quinua es la producción de granos para la alimentación humana y considera que tanto los granos de segunda clase como los subproductos de la cosecha (broza y jipi) pueden ser empleados en la alimentación de animales monogástricos, aves, cerdos y rumiantes en condiciones especiales.

Según Gandarillas (1982), la importancia económica de la quinua radica en el hecho de que en el altiplano Perú-boliviano es el único producto que puede cultivarse en forma extensiva y con índices de relativa seguridad medio ambiental.

2.1.3. Valor nutritivo del grano

Según el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (1991), el valor nutritivo del grano supera al de los principales cereales de mayor consumo a nivel mundial, además, es el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales en proporciones relativamente altas, estos aminoácidos presentes en el grano de quinua, se encuentran cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

El cuadro 1, muestra la comparación del contenido de los aminoácidos esenciales en grano de quinua con otros elementos, teniendo como patrón los estándares de nutrición humana establecidos por la (FAO).

Cuadro 1. Comparación del contenido de los aminoácidos esenciales en el grano de quinua con otros elementos (aminoácidos/100 g de proteína)

Aminoácidos	Quinua	Arroz	Cebada	Maíz	Trigo	Fríjol	Carne	Leche	Pescado	FAO (g)
Arginina	7.3	6.9	4.8	4.2	4.5	6.2	6.4	5.6	3.7	0.0
Fenilalanina	4.0	5.0	5.2	4.7	4.8	5.4	4.1	3.7	1.4	6.0
Histidina	3.2	2.1	2.2	2.6	2.0	3.1	3.5	0.0	2.7	0.0
Isoleucina	4.9	4.1	3.8	4.0	4.2	4.5	5.2	5.1	10.0	4.0
Leucina	6.6	8.2	7.0	12.5	6.8	8.1	8.2	7.5	6.5	7.0
Lisina	6.0	3.8	3.6	2.9	2.6	7.0	8.7	8.8	7.9	5.5
Metionina	2.3	2.2	1.7	2.0	1.4	1.2	2.5	2.9	2.5	3.5
Treonina	3.7	3.8	3.5	3.8	2.8	3.9	4.4	4.3	4.7	4.0
Triptófano	0.9	1.1	1.4	0.7	1.2	1.1	1.2	1.0	1.4	1.0
Valina	4.5	6.1	5.5	5.0	4.4	5.0	5.5	5.0	7.0	5.0

Fuente: Koziot, 1990

Se observa que el grano de quinua posee todos los aminoácidos esenciales requeridos en la alimentación humana y animal. Con relación al patrón establecido por la FAO, la quinua proporciona 67% de fenilalanina, 123% de isoleucina, 94% de leucina, 109% de lisina, 66% de metionina, 93% de treonina y 90% de triptófano y valina; en algunos casos estos valores superan al arroz, cebada, maíz, trigo y fríjol, comparándose favorablemente con la proteína de la leche.

El cuadro 2, presenta la comparación de la composición proximal de la quinua con la de algunos cereales de mayor consumo a nivel mundial, mostrando un mayor contenido de grasa, proteína y cenizas en el grano de quinua con relación a los otros cereales como ser: arroz, cebada, maíz y trigo, siendo menor el contenido de fibra y carbohidratos en la quinua. Por su alto contenido de grasa y proteína de origen vegetal, revela que se trata de un alimento energético y proteico. Al respecto Koziot (1990), indica que el verdadero valor nutritivo del grano de quinua está en la calidad de su proteína, es decir, en el balance de aminoácidos esenciales que le otorga un alto valor biológico.

Cuadro 2. Comparación de la composición proximal de la quinua con la de algunos cereales (porcentajes en base de materia seca)

Componentes	Quinua	Arroz	Cebada	Maíz	Trigo
Grasas	6.3	2.2	1.9	4.7	2.3
Proteínas	16.5	7.6	10.8	10.2	14.2
Cenizas	3.8	3.4	2.2	1.7	2.2
Fibra	3.8	6.4	4.4	2.3	2.8
Carbohidratos	69.0	80.4	80.7	81.1	78.4
Calorías /100g ms	398.7	371.8	383.1	407.5	391.4

Fuente: Koziot, 1990

En la alimentación de los seres humanos y de los animales, se requieren ciertas sustancias indispensables para la nutrición y el crecimiento, estas sustancias son las vitaminas y los minerales que están presentes en las plantas y en otros productos alimenticios. Los (Anexos 1 y 2), muestran la comparación del contenido de algunas vitaminas y minerales presentes en el grano de quinua con relación a otros cereales; la quinua tiene mayor contenido de riboflavina (B2) y ácido ascórbico (C). Por otra parte es una fuente importante de hierro, contiene una concentración equivalente al doble de la cebada y el trigo, tres veces mayor a la del arroz y casi seis veces mayor a la del maíz (Koziot, 1990).

2.1.4. Superficie de cultivo y producción nacional

De acuerdo a las principales instituciones del país, la superficie cultivada varia entre 35963 ha a 45000 ha (Cuadro 3). El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2002), señala que Bolivia es el mayor productor de quinua con un 46% de la producción mundial, seguido por Perú con un 42% y Estados Unidos con 6.3%; en el año 1970 la producción nacional de quinua era de 9000 tm/año en una superficie de 12000 hectáreas cultivadas, y en los últimos años ésta producción se incrementó a un promedio de 22000 tm/año, producidas en una extensión de 36000 hectáreas cultivadas; según la Asociación Nacional de Productores de Quinua (ANAPQUI, 2001), mencionan que éste incremento de la superficie cultivable se debe a la importancia y al consumo del grano de quinua por la humanidad, al ser considerado como un alimento altamente nutritivo, así también por las exportaciones que se realizan a los Estados Unidos, Europa y otros Países.

Cuadro 3. Superficie de cultivo, rendimiento y volúmenes de producción

Instituciones	sup.cultivada (has)	rendimiento (kg/ha)	vol.de prod. (tm)
INE 1999	35963	626	22513
IICA 2002	36000	611	22000
ANAPQUI 2001	45000	690	31050

Fuente: Elaboración propia

2.1.5. Zonas de producción en Bolivia

Según Gandarillas (1982), la quinua se produce principalmente en el Altiplano y en menor proporción en los Valles, donde la cultivan prácticamente todas las familias del lugar con fines de auto consumo y menciona que las zonas productoras de quinua, fueron divididas de acuerdo a las características del suelo, clima, posibilidades agrícolas y ganaderas, estas zonas son:

Altiplano Norte, comprende las provincias Manco Kapac, Omasuyos, Ingavi, Los Andes, parte de Camacho y Pacajes del departamento de La Paz; *Altiplano Central*, cubre todo el departamento de Oruro y las provincias Aroma, Gualberto Villarroel y parte de la provincia Pacajes del departamento de La Paz; *Altiplano Sud*, abarca las provincias potosinas de Daniel Campos, Antonio Quijarro, Enrique Baldiviezo Nor y Sur Lipez y finalmente están los *Valles mesotérmicos*, que se encuentran en los departamentos de La Paz, Cochabamba, Potosí, Chuquisaca y Tarija.

2.1.6. Época de siembra

Espíndola y Bonifacio (1996), mencionan que las épocas de siembra para el Altiplano boliviano se distribuyen de acuerdo al ciclo vegetativo de las diferentes variedades de quinua y según la disponibilidad de humedad en el suelo y recomiendan que la siembra se debe realizar desde septiembre hasta fines de octubre para variedades tardías, de la segunda quincena de octubre hasta fines de noviembre para variedades semiprecoces y desde noviembre hasta la primera quincena de diciembre para variedades precoces.

Según Rea et al. (1979), las épocas de siembra difieren por región y variedad, de acuerdo a la disponibilidad de humedad en el suelo y el incremento de las temperaturas, todo ello asociado con las precipitaciones y el ciclo vegetativo de las variedades. Por su parte Mújica et al. (1999), acota que la fecha de siembra es sumamente importante sobre todo en condiciones drásticas de clima como es el Altiplano peruano-boliviano, donde el incremento de las temperaturas y la disponibilidad de humedad del suelo van a determinar con cierta precisión la mejor época de siembra. La época de siembra varía desde fines de agosto hasta los primeros días de diciembre para el altiplano peruano.

2.1.7. Métodos de siembra

Según Saravia (1988), existen cinco métodos de siembra para el cultivo de quinua, estos dependen de las condiciones ecológicas y edáficas de las diferentes regiones, las cuales son:

- a) **Surco voleo**, consiste en surcar el terreno preparado con un arado de palo o surcadora mecánica, luego distribuir la semilla al voleo, finalmente cubrir la semilla haciendo uso de ramas de arbustos, rebaño de ovejas, cables o pitas, rastrillos, etc.
- b) **Voleo surco**, consiste en echar la semilla primero al voleo para luego surcar quedando de ésta manera la mayor parte de las semillas enterradas en el dorso del suelo.
- c) **Por hoyos**, esta metodología es desarrollada en el Altiplano Sur y consiste en realizar hoyos hasta encontrar la humedad del suelo y depositar de 80 a 150 semillas, cubriendo posteriormente con unos 5 a 8 cm de tierra.
- d) **Por hileras**, este método es el más moderno consiste en sembrar la quinua en hileras haciendo uso de sembradoras mecánicas las mismas que permiten una mejor distribución de la semilla y un enterrado adecuado de la semilla.
- e) **Voleo rastreo**, consiste en distribuir la semilla al voleo e inmediatamente después enterrar con rastra de disco teniendo cuidado de no enterrar demasiado profundo.

2.1.8. Espaciamientos y densidades de siembra

2.1.8.1. Espaciamientos de siembra

Mendoza (1999), indica que una alta población de plantas en un área determinada, significa un efecto competitivo entre plantas sembradas por: luz, agua, nutrientes y espacio físico, tanto sobre la superficie como debajo de esta; el efecto se refleja en el tamaño de las plantas. Por su parte Káiser (1968), señala que las plantas con poco espaciamiento entre sí, crecen con tallos delgados, hojas pequeñas y relativamente alcanzan menos altura; las plantas con espaciamientos mayores, normalmente crecen con tallos y hojas bien desarrollados.

Según Risi (1986), citado por Alegría (1998), afirma que a medida que se aumentan los espacios entre surcos de 40, 60 a 80 cm hay también un aumento en la producción por planta, teniendo plantas más vigorosas, con mayor longitud de panoja, mayor diámetro de panoja y mejor calidad de grano, pero a la vez, una paulatina disminución de los rendimientos por superficie debido a que se tiene un menor número de plantas por unidad de superficie, esta afirmación es corroborada por Alegría (1998), quien menciona que a mayores espacios entre surcos, el rendimiento por unidad de superficie es menor, debido a que los menores espaciamientos tendrá una doble densidad de plantas.

Por su parte Blanco (1970), realizó ensayos de siembras con diferentes espaciamientos entre surcos de 20, 40, 60 y 80 cm obteniendo resultados de rendimientos de grano de 2770, 2970, 3140 y 3050 kg/ha respectivamente. El mismo autor (1970) afirma que el mejor espaciamiento entre surcos es de 60 y 80 cm para las variedades UTO M31, UTO L99, UTO RH90 y UTO RH2, también observó que cuando las plantas están más espaciadas entre sí, hay mayor porcentaje de plantas grandes por lo tanto un mayor rendimiento por planta. Con respecto al espaciamiento entre plantas menciona que a 5 cm entre plantas no se aprecia ningún aumento en el rendimiento ni en la altura de la planta; a 10 cm entre plantas observó que hay un aumento significativo tanto en rendimiento como en la altura de la planta y finalmente indica que a 20 cm de espacio entre plantas hay un decrecimiento en la producción y un aumento notorio en el tamaño de las plantas.

El Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria "IBTA" Proyecto Quinua (1985), realizó investigaciones sobre espaciamientos entre surcos en cuatro regiones diferentes: Estación experimental de Patacamaya, comunidad de Quilloma que pertenece a la provincia Aroma del departamento de La Paz, estación experimental de Belén ubicada en la provincia Omasuyos del mismo departamento y la Localidad de Pazña que pertenece a la provincia Poopó del departamento de Oruro; en dicha investigación se utilizó quinua de la variedad Sajama. La siembra se realizó en surcos de 40, 60 y 80 cm de distancia entre surcos, obteniendo mayores rendimientos con el distanciamiento de 40 cm entre surcos seguido por el de 60 cm y 80 cm respectivamente.

2.1.8.2. Densidad de siembra

Tapia (1997), menciona que la densidad de siembra se refiere a una determinada cantidad de semilla aplicada a una unidad de superficie, el mismo autor indica que el desarrollo de la arquitectura de la planta puede modificarse parcialmente según la densidad de siembra que tenga el cultivo.

Por su parte Espíndola y Bonifacio (1996), indican la existencia de sembradoras mecánicas, las mismas que permiten una mejor distribución y enterrado de la semilla, estas tienen un mecanismo combinado para abrir el surco, derramar la semilla dosificada entre 6 a 8 kg/ha y cubrirla con tierra en un espesor de 2 cm y finalmente, cuando se realiza la siembra en hileras o surcos, se procede a la apertura de los surcos, luego se echa la semilla a una densidad de 12 a 15 kg/ha.

En tanto que López (1996), determinó una densidad de siembra que oscila entre 8 a 10 kg/ha de semilla para el Altiplano Norte, en el sistema hileras y chorro continuo; en el sistema de hoyos o golpe, recomienda utilizar de 6 a 8 kg/ha de semilla.

2.1.9. Características morfológicas

Según Gandarillas (1979), la quinua es una planta anual dicotiledónea; la raíz se origina a través de la germinación de la semilla, es pivotante vigorosa que crece en función a la altura de planta, puede llegar hasta 30 cm de profundidad. A partir del cuello de la planta nacen las raíces secundarias y terciarias, de las cuales salen las raicillas que son tan delgadas como un cabello con más de 5 cm de largo, estas últimas son las más importantes para la absorción de sustancias nutritivas.

El tallo es cilíndrico a la altura del cuello de la planta y después anguloso debido a que las hojas están ubicadas alternamente a lo largo de cada una de las cuatro caras. De acuerdo a la variedad, el tallo puede variar entre 0.5 a 2 m de altura y termina en inflorescencia (Gandarillas, 1979). La hoja está formada por el pecíolo y la lámina; los pecíolos son largos, finos, acanalados en su lado superior y de un largo variable dentro de la misma planta. La forma de la lámina varía de acuerdo a la ubicación de las hojas y de una variedad a otra, aunque por lo general, es plana, ondulada y dentada. La lámina de las hojas jóvenes están cubiertas de vesículas de color blanco, rojo y púrpura, grandes en la parte inferior y pequeñas en la parte superior de la planta (Wahli, 1990).

La inflorescencia es racimosa y por la disposición de las flores en racimo se considera como una panoja que puede ser laxa o compacta, puede ser amarantiforme o glomerulada, la longitud de la panoja varía entre 15 a 70 cm (Gandarillas, 1979). Las flores son incompletas, debido a que carecen de pétalos, son hermafroditas; en algunos casos puede existir en una misma planta un pequeño porcentaje de flores androestériles (pistiladas). El fruto o semilla es un aquenio, está cubierto por el perigonio, estos pueden ser de colores variados, de diferentes tamaños y formas (Gandarillas, 1979).

2.1.10. Fases fonológicas del cultivo

Según Espíndola (1995), la fenología estudia los fenómenos periódicos de las plantas, en sus relaciones con los factores ambientales, tales como la luz, temperatura, humedad, duración del día y otros; trabajando con quinuas eminentemente altiplánicas, señala que en la planta se pueden distinguir notoriamente 9 fases morfo-anatómicas distinguibles por las siguientes características que a continuación se describen:

0. Fase de emergencia: caracterizada por la emergencia del embrión a la superficie del suelo. Pudiendo variar la misma de acuerdo al tiempo de almacenamiento, variedad de la semilla y la humedad del suelo, el tiempo requerido después de la germinación hasta la emergencia de los cotiledones varía de 3 a 5 días.

1. Fase cotiledonar: es la fase posterior al cuarto día, en la que el hipocótilo curvo se endereza verticalmente, dando lugar a la expansión horizontal de los cotiledones; la plúmula visible forma un pequeño cono con el vértice hacia arriba. Mientras la raíz seminal elonga rápidamente hacia abajo, formándose a lo largo de ella finísimos pelos radiculares de color blanco.

2. Fase de dos hojas basales: es la fase comprendida entre los días 11 y 13 después de la siembra. Los profilos ya visibles van a constituirse en las hojas basales y al rededor de su centro se forma un abultamiento de los apéndices del futuro vástago que empieza a diferenciarse. Al pasar los días se forma un arrepollamiento en el ápice de las futuras hojas alternas. Esta fase finaliza con la completa expansión de las dos primeras hojas basales y la iniciación de las primeras hojas alternas.

3. Fase de 5 hojas alternas (diferenciación panicular): en esta fase el tejido meristemático apical cambia de la etapa vegetativa a la reproductiva, es decir, del proceso de formación de primordios foliares al proceso de formación de primordios foliares y florales. Esta fase se caracteriza por la completa expansión de cinco primeras hojas alternas; el resto de las hojas en crecimiento se encuentran arrepolladas alrededor del ápice.

4. Fase de 13 hojas alternas (pre-despunte panicular): esta fase se caracteriza por la fácil visualización de 13 hojas alternas completamente expandidas. Sin embargo, lo que más se diferencia en esta fase es en la parte apical de la planta, en medio del arrepollamiento de hojuelas, se visualiza un pequeño abultamiento de suave consistencia, que vendrá a ser la futura flórmula compuesta de una infinidad de profilos y órganos reproductivos en formación y emergencia.

5. Fase de despunte de panoja: se caracteriza por un notable crecimiento en tamaño de la planta, como consecuencia del rápido alargamiento de los entrenudos, en especial de los del tercio inferior. Esta fase se lleva a cabo desde el despunte de la flórmula hasta la prefloración, donde no hay aun apertura de ninguna flor. El despunte de la flórmula (inflorescencia) constituida por un gran número de panículas, tiene el aspecto visible de una bellota con la cúspide hacia arriba. Posteriormente, con el proceso de elongación, adquiere la forma de un cono con la cúspide roma. Si la planta es de hábito ramificado, la aparición de las ramas laterales no es aun notable puesto que aun persiste la dominación de las hojas del tallo principal; mientras que en la raíz se produce una mayor expansión de raicillas y pelos absorbentes.

6. Fase de la floración: es la fase de mayor crecimiento en longitud y la planta se encuentra en plena floración. Se considera como fase de floración cuando el 50% de la población de flores de la panoja principal ya están florecidas y las restantes en trabajo de floración. Es una etapa enteramente susceptible a las heladas y a las sequías.

7. Fase de grano lechoso: es la fase después de la fecundación. En el óvulo de una flor se desarrolla un receptáculo esférico verdoso, del que es posible, con una leve presión de los dedos, extraer un líquido incipiente lechoso, que paulatinamente se vuelve lechoso. Esto marca el principio de un período de rápida acumulación de fotosintatos en las células perispérmicas, como consecuencia del paulatino incremento de la actividad fotosintética de las hojas y tallos verdes. A estas alturas el crecimiento en longitud se debe al alargamiento del tercio superior, es decir, al continuo alargamiento de los entrenudos de la panoja, lo que implica que en los 2/3 inferiores el crecimiento ha cesado. Es una etapa que sigue siendo susceptible a las heladas y a las sequías.

8. Fase de grano masoso: Es la fase en que el tejido perispérmico sufre un cambio del estado lechoso a un estado pastoso semisólido; es un cambio que ocurre a medida que el contenido de almidón aumenta, mientras el contenido de agua se va reduciendo. Es una etapa en la que la tolerancia a heladas y sequías es muy notable.

9. Fase de madurez fisiológica: Se caracteriza por la diferenciación a simple vista del perisperma y del embrión. En esta etapa la semilla es dificultosamente partida bajo la presión de las uñas de los dedos ya que las estructuras almidonosas del perisperma se han solidificado, disminuyendo el contenido de agua en un rango de 15 a 20%. Morfológicamente las plantas en su generalidad muestran hojas verde-amarillentas que van defoliándose en forma gradual.

2.1.11. Componentes del rendimiento

Espíndola y Gandarillas (1986), define a los componentes del rendimiento, como los diversos caracteres de la planta que tienen una influencia directa o indirecta sobre la expresión del rendimiento y que tienen un control poligénico, constituyendo entidades orgánicas que cumplen una función biológica en la planta, cuya culminación puede ser en la producción del grano. Cada componente de rendimiento no actúa aisladamente sino que está en constante inter-relación con los demás caracteres; considera que los componentes que afectan en forma directa al rendimiento de quinua son: altura de planta, longitud de panoja, diámetro de panoja, diámetro de tallo y el peso de 100 granos.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Mamani, provincia Ingavi, Altiplano Norte, a 35 km de distancia de la ciudad de La Paz y a 3 km de la localidad de Viacha. Sus coordenadas geográficas son: 16°36'45" de Latitud Sud y 68°18'25" de Longitud Oeste y se encuentra a 3850 msnm (IGM, 2001) como se muestra en la figura 1.

3.1.2. Clima

La región del Altiplano Norte, según Holdridge (1978), se clasifica como Estepa Montano Templado Frío; Murillo (1995), señala que el Altiplano Norte presenta una temperatura media anual de 7.1°C, temperatura mínima absoluta de -3.4°C, temperatura máxima 16.6°C, humedad relativa media anual de 57% y una precipitación media anual de 619 mm, de los cuales el 80% de la precipitación se encuentra distribuida entre los meses de noviembre a marzo; sin embargo la localidad de Viacha presenta una variabilidad temporal de precipitación y temperatura, la zona presenta condiciones adversas de sequías, asociada con heladas de 180 días/año, granizadas y nevadas ocasionales, con vientos permanentes y variables en intensidad.

3.1.3. Cobertura vegetal de la zona de estudio

La comunidad de Mamani, presenta una vegetación nativa, compuesta por gramíneas y arbustos como ser: *Jarava ichu* Ruiz & Pavón (paja brava), *Parastrephia lepidophylla* (Wedd.) Cabr. (t'ola), *Brassica campestris* L. (mostaza blanca), *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees (pasto llorón), *Chenopodium spp.* (ajara) y otras.

Figura 1. Localización de la comunidad de Mamani, provincia Ingavi, departamento de La Paz, Bolivia.

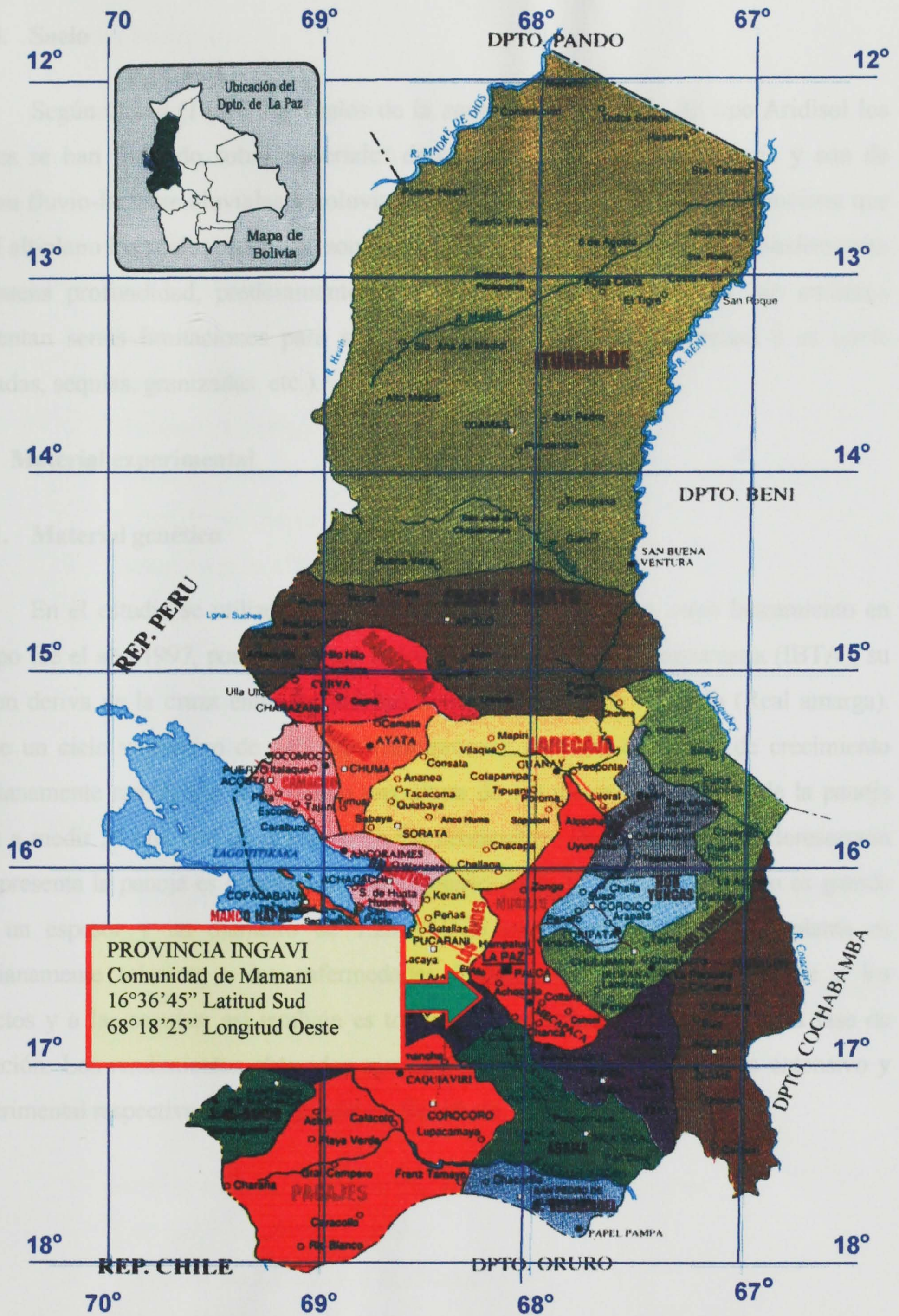


Figura 1. Localización de la comunidad de Mamani, provincia Ingavi, departamento de La Paz, Bolivia

3.1.4. Suelo

Según Orsag (1989), los suelos de la zona altiplánica, son del tipo Aridisol los cuales se han formado sobre materiales depositados en la Era Cuaternaria y son de origen fluvio-lacustre aluviales y coluviales. Por su parte Chilón (1996), menciona que en el altiplano los suelos agrícolas, son llanuras fluvio-lacustres, aluviales y piedemontes de buena profundidad, predominantemente francos a franco arcillosos, sin embargo presentan serias limitaciones para su uso, relacionados con la salinidad y el clima (heladas, sequías, granizadas, etc.).

3.2. Material experimental

3.2.1. Material genético

En el estudio se utilizó quinua de la variedad Patacamaya, cuyo lanzamiento en campo fue el año 1997, por el Instituto Boliviano de Tecnología agropecuaria (IBTA); su origen deriva de la cruce entre la variedad Samaranti (dulce) y Kaslala (Real amarga). Tiene un ciclo vegetativo de 145 días (semiprecoz); presenta un hábito de crecimiento medianamente ramificado, alcanzando una altura de 1.0 metro. La longitud de la panoja llega a medir 30 cm, con un diámetro de 6.0 centímetros. Por la forma de inflorescencia que presenta la panoja es considerada como glomerulada. El tamaño de grano es grande con un espesor y un diámetro de 1.23 y 2.30 mm respectivamente. La planta es medianamente tolerante a las enfermedades (mildiu), medianamente resistente a los insectos y a las sequías; así también es tolerante a las heladas hasta -5°C en la fase de floración. Los rendimientos obtenidos son de 1100 y 2120 kg/ha en cultivo extensivo y experimental respectivamente (Espíndola y Bonifacio, 1996).

3.2.2. Material de campo

El material de campo utilizado fue:

- Tractor agrícola (arado de disco y rastra)
- Sembradora y surcadora manual
- Rastrillos, azadones, picotas y hoces
- Cinta métrica de 50 m, flexómetro de 5 m
- Pita de 100 m
- Estacas de 50 y 80 cm
- Marbetes de 2x4 cm
- Tijeras de podar
- Bolsas de polipropileno
- Termómetro de altas y mínimas
- Cámara fotográfica (Slide y película)
- Platos de plástico
- Mochila aspersor de 20 lt
- Cuaderno de registro de datos

3.2.3. Insumos

- Insecticida Karate, para el control preventivo de larvas de ticonas y kcona-kconas
- Fungicida sistémico Ridomil con adherente Citowet, para el control preventivo del mildiu.

3.2.4. Material de laboratorio y gabinete

- Balanza analítica con precisión de 10 milésimas de gramo
- Calibrador mecánico o vernier
- Zarandas (de 2 y 2.5 mm de diámetro)
- Probeta de 10 ml
- Hojas de registro
- Regla graduada de 50 cm, Tijera, lápiz, marcador, hojas de papel bond

- Cartulina
- Calculadora
- Computadora y disquetes

3.3. Trabajo de campo

3.3.1. Preparación del sitio del experimento

El terreno utilizado para el presente trabajo de investigación, corresponde a barbecho de papa del anterior año agrícola (1998-1999). En este terreno, se procedió a realizar labranza primaria que consistió en la roturación con arado de disco a una profundidad de 25 cm, luego se realizó el rastreado y nivelado con el fin de proporcionar una cama uniforme para la semilla, posteriormente se procedió a la demarcación de las unidades experimentales con ayuda de una pita, cintas métricas y estacas de acuerdo al diseño empleado en la investigación.

3.3.2. Muestreo y análisis de suelo

Antes de realizar la siembra, se tomaron muestras de suelo correspondientes a la capa arable, siguiendo la metodología propuesta por Chilón (1996), en zigzag a lo largo de las parcelas a 25 cm de profundidad; se tomaron 30 muestras individuales, con las mismas se formó una muestra compuesta, luego se envió para su análisis físico-químico al Laboratorio de Calidad Ambiental del Instituto de Ecología, perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés.

3.3.3. Siembra

La siembra se realizó el 28 de noviembre de 1999, con la finalidad de asegurar la germinación y la emergencia de las plántulas; se optó por la técnica de surco-riego-siembra; que consistió básicamente en abrir los surcos con surcadora manual de 4 rejas de aleta ensanchada, riego por surco y distribución de semilla a chorro continuo; finalmente se cubrió la semilla con tierra de los camellones, esta labor se lo realizó con rastrillos en forma manual.

3.3.4. Raleo

El raleo se realizó en forma manual, cuando las plantas alcanzaron una altura de 15 a 20 cm, con la ayuda de flexómetro y pitas a distancias preestablecidas de 10, 20, 30, 40 y 50 cm entre plantas. Después de realizar el raleo, se procedió a marbetear e identificar las plantas; en cada unidad experimental se identificaron 10 plantas para ser evaluadas.

3.3.5. Control de malezas, plagas y enfermedades

3.3.5.1. Malezas

El control de malezas se efectuó en forma manual, esta labor se realizó cuando las plantas se encontraban en las fases de despunte de panoja (DP) a floración (FL) con la finalidad de evitar la competencia con el cultivo. Durante el desarrollo del cultivo existió poca incidencia de malezas. Las malezas más comunes que se observó en la parcela de estudio fueron: *Brassica campestris* L. (mostaza blanca), *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. (reloj reloj), *Satureja boliviana* (Benth.) Briq. (muña muña), *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees (pasto llorón), *Jarava ichu* Ruiz & Pavón (paja brava) y otras especies.

3.3.5.2. Plagas y enfermedades

La presencia de plagas en la parcela experimental fue reducida, se observó larvas de *Copitarsia sp.* (ticonas), *Eurysacca melanocampta* (kcona-kconas) y *Myzus sp.* (pulgones). Estas plagas fueron controladas con la aplicación de un producto comercial llamado Karate en una dosis de 20 cc/20 litros de agua; a esta preparación se agregó 1cc de Citowett como adherente para que el producto aplicado persista por más tiempo en la planta y no sea lavado por las precipitaciones ocurridas; esta labor se realizó en la fase de grano lechoso (GL) pasando a grano masoso (GM).

Durante los meses de enero a marzo, se registraron las mayores precipitaciones, en estos meses se presentó un ligero ataque de *Peronospora farinosa* (mildiu) en algunas hojas basales. Se vio por conveniente aplicar de manera preventiva fungicida sistémico Ridomil en una dosis de 50 gr/20 lt de agua con la adición de 1cc de Citowett como adherente para evitar el lavado del producto aplicado por efecto de las precipitaciones; se aplicó en las fases de despunte de panoja (DP) y grano lechoso (GL).

3.3.6. Cosecha

La cosecha se efectuó el 20 de abril, en forma manual (corte con hoz), tomando en cuenta la madurez fisiológica de las plantas. Se cosecharon dos surcos centrales destinados para evaluar el rendimiento, los surcos de los laterales no fueron cosechados, estos surcos fueron descartados por efecto de bordura y también los 0.5 m de las cabeceras de ambos extremos.

3.3.7. Secado

Luego del corte, las plantas cosechadas de cada tratamiento fueron identificadas con marbetes y atadas con una pita, posteriormente toda la cosecha fue trasladada para el secado a un galpón de propiedad del Instituto Benson, ubicado en la comunidad de Letanías, con la finalidad de evitar pérdidas por las precipitaciones ocurridas y el ataque de pájaros.

3.3.8. Trilla

Esta labor se lo realizó en forma manual, cuando las plantas y los granos estaban secos, se procedió a contar el número de plantas por tratamiento, se realizó el pesado del total de las plantas por tratamiento, luego se siguió con el pisado de las plantas en una lona con la finalidad de desprender el grano de las plantas; posteriormente se realizó el pulido en forma manual para desprender por completo el perigonio que cubre a la semilla, finalmente se realizó el venteo y limpieza del grano, para su registro y pesaje.

3.4. Procedimiento experimental

3.4.1. Diseño experimental

El diseño experimental planteado para este estudio fue bloques completos al azar, bajo un arreglo en parcelas divididas con cuatro bloques, propuesto por Calzada (1982), Little y Hills (1991), asignando a los espaciamientos entre surcos en parcelas grandes, y a los espaciamientos entre plantas en las parcelas pequeñas, dando un total de 15 tratamientos (Figura 2).

3.4.1.1. Modelo estadístico

Con la finalidad de evaluar el efecto de los diferentes espaciamientos entre surcos y plantas en el cultivo de quinua, se empleó el siguiente modelo lineal aditivo propuesto por Martínez (1996).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \delta_j + \alpha\delta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general de la población

β_k = Efecto de la k – ésima replicación

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor espaciamiento entre surcos

ε_{ik} = Componente aleatorio del error asociado con el i -ésimo tratamiento de la parcela grande en la k – ésima replicación (error a, del factor espaciamiento entre surcos).

δ_j = Efecto del j –ésimo nivel del factor espaciamiento entre plantas.

$\alpha\delta_{ij}$ = Interacción del i -ésimo nivel del factor de espaciamiento entre surcos con el j -ésimo nivel del factor espaciamiento entre plantas.

ε_{ijk} = Componente aleatorio del error, asociado a la ijk -ésima sub parcela en la k – ésima replicación (error b, del factor espaciamiento entre plantas).

3.4.2. Factores de estudio

Para el presente trabajo de investigación se establecieron los siguientes factores de estudio:

Factor (A) Distancia entre surcos

$$a_1 = 40 \text{ cm}$$

Niveles

$$a_2 = 60 \text{ cm}$$

$$a_3 = 80 \text{ cm}$$

Factor (B) Distancia entre plantas

$$b_1 = 10 \text{ cm}$$

$$b_2 = 20 \text{ cm}$$

Niveles

$$b_3 = 30 \text{ cm}$$

$$b_4 = 40 \text{ cm}$$

$$b_5 = 50 \text{ cm}$$

3.4.3. Formulación de tratamientos

Los tratamientos estuvieron conformados por las combinaciones de los tres espaciamientos entre surcos y los cinco espaciamientos entre plantas, llegando a conformar un total de 15 tratamientos, como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Formulación de los tratamientos en estudio

T1 : a1 b1	T6 : a2 b1	T11: a3 b1
T2 : a1 b2	T7 : a2 b2	T12: a3 b2
T3 : a1 b3	T8 : a2 b3	T13 : a3 b3
T4 : a1 b4	T9 : a2 b4	T14 : a3 b4
T5 : a1 b5	T10: a2 b5	T15 : a3 b5

3.4.4. Características de la parcela experimental

El ensayo se realizó en la comunidad de Mamani, se usó quinua de la variedad Patacamaya; en el estudio realizado se probaron tres espaciamientos entre surcos y cinco espaciamientos entre plantas. Las características del ensayo fueron las siguientes:

Área total del experimento	691.2 m ²
Área neta del experimento	648.0 m ²
Área de las calles	43.2 m ²
Número total de tratamientos	15
Número de repeticiones	4

Bloques

Número de bloques	4
Largo de bloque	36.0 m
Ancho de bloque	4.5 m
Área del bloque	162.0 m ²
Calle entre bloque	0.4 m

Parcelas

Número total de parcelas grandes	12
Número total de parcelas por bloque	3
Largo de las parcelas	4.5 m

Ancho y área de las parcelas:

P1 (0.4 m entre surcos)	8 -36 m ²
P2 (0.6 m entre surcos)	12-54 m ²
P3 (0.8 m entre surcos)	16-72 m ²

Sub parcelas

Número total de sub parcelas	60
Número de sub parcelas por bloque	15
Ancho y área de las sub parcelas	

Sp1 (0.4 m entre surcos)	1.6-7.2 m ²
Sp2 (0.6 m entre surcos)	2.4-10.8 m ²
Sp3 (0.8 m entre surcos)	3.2-14.4 m ²

Surcos

Número total de surcos	240
Número de surcos por bloque	60
Número de surcos por parcela	20
Número de surcos por sub parcela	4

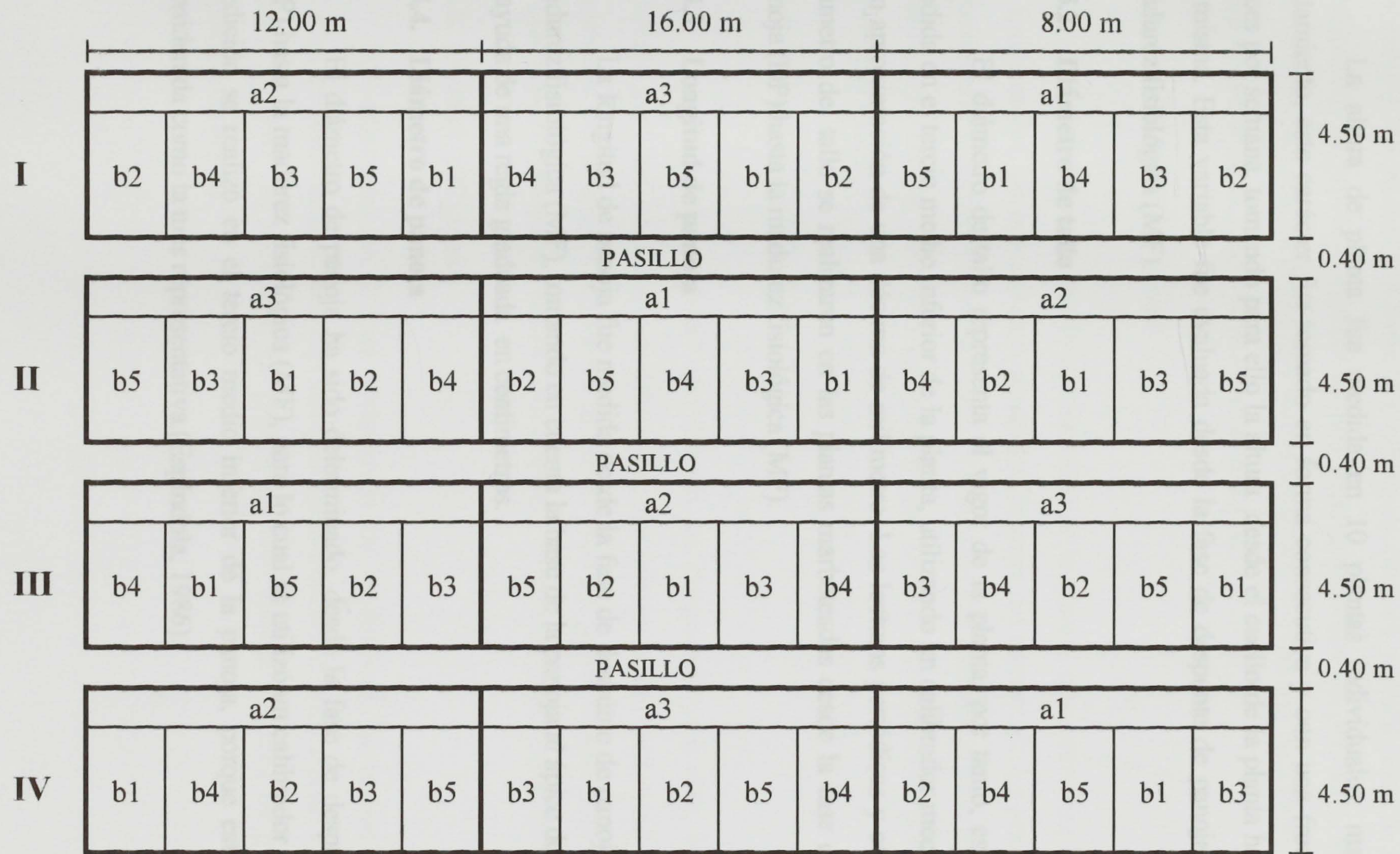
Distancia entre surcos:

Ds1 (0.4 m entre surcos)	40 cm
Ds2 (0.6 m entre surcos)	60 cm
Ds3 (0.8 m entre surcos)	80 cm

Distancia entre plantas:

Dp1	10 cm
Dp2	20 cm
Dp3	30 cm
Dp4	40 cm
Dp5	50 cm

Figura 2. Plano de ubicación de las unidades experimentales



LECTURA

a1 = 40 cm entre surcos

a2 = 60 cm entre surcos

a3 = 80 cm entre surcos

b1 = 10 cm entre plantas

b2 = 20 cm entre plantas

b3 = 30 cm entre plantas

b4 = 40 cm entre plantas

b5 = 50 cm entre plantas



Figura 2. Plano de ubicación de las unidades experimentales

3.5. Variables agronómicas evaluadas

3.5.1. Altura de planta

La altura de planta fue medida en 10 plantas individuales, marbeteadas por tratamiento, este carácter fue tomado en forma consecutiva y con una frecuencia de dos veces por semana, tomando para ello la altura desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma. Esta variable fue evaluada desde la fase de despunte de panoja (DP) hasta la madurez fisiológica (MF).

3.5.2. Diámetro de tallo

El diámetro de tallo representa el vigor de la planta, por tanto, esta variable fue medida en el tercio medio inferior de la planta, utilizando un calibrador mecánico (vernier) con aproximación de una décima de milímetro. Las lecturas periódicas y consecutivas del diámetro del tallo se realizaron en las plantas marbeteadas desde la fase de despunte de panoja (DP) hasta la madurez fisiológica (MF).

3.5.3. Longitud de panoja

La longitud de panoja fue medida desde la fase de despunte de panoja (DP) hasta la madurez fisiológica (MF), tomando en cuenta la base de la panoja al ápice de la misma, con la ayuda de una regla graduada en centímetros.

3.5.4. Diámetro de panoja

El diámetro de panoja ha sido determinado, desde la fase de despunte de panoja (DP) hasta la madurez fisiológica (MF), para lo cual se utilizó un calibrador mecánico, ésta medición se realizó en el tercio medio inferior de la panoja, porque esta sección está considerada como la más representativa (Espíndola, 1986).

3.5.5. Rendimiento de grano total

El rendimiento de grano total, fue determinado por la cosecha de la parcela útil, descartando las plantas y surcos, por efecto de bordura y orilla. Para la evaluación del rendimiento, se procedió a pesar en una balanza analítica de precisión, el grano limpio obtenido por la cosecha de los dos surcos centrales, el peso fue registrado en gramos por unidad experimental, luego se lo expresó en kg/ha.

3.5.6. Rendimiento de broza

La broza esta constituida por los tallos de la quinua, que sirve para la alimentación de los animales, los tallos fueron separados después del pisoteo de las plantas secas, ésta separación se la realizó en forma manual y mediante una zaranda, el peso se obtuvo en una balanza analítica de precisión en gramos por unidad experimental, posteriormente se transformó a kg/ha.

3.5.7. Rendimiento de “jipi”

El rendimiento en “jipi” que forman los perigonios, pedicelos, hojas pequeñas, (alimento para los animales), se determinó por diferencia del peso total de las plantas cosechadas por unidad experimental menos el peso del grano limpio más broza, el peso obtenido fue en gramos por unidad experimental, expresado posteriormente en kg/ha.

3.5.8. Peso de 100 granos

La determinación de este componente de rendimiento, se realizó después de la cosecha, se procedió a contar 100 semillas pertenecientes a cada unidad experimental en estudio, el peso fue registrado en gramos en una balanza analítica de precisión de 10 milésimas de gramo.

3.5.9. Diámetro del grano

El diámetro del grano, fue determinado por medio de un calibrador mecánico de precisión en milímetros, para esta actividad se tomó 20 semillas representativas, de las 100 semillas utilizadas para la determinación del peso de 100 granos.

3.5.10. Espesor del grano

Para la determinación del espesor del grano, se utilizó las mismas semillas empleadas para la anterior actividad; esta medida se la realizó con el calibrador mecánico en milímetros en la parte central de la semilla.

3.5.11. Índice de cosecha

Esta característica mide la habilidad productiva de la planta y es la relación que existe entre el peso del grano seco llamado también rendimiento económico y el peso total del vástago de la planta considerando la parte aérea (tallo + hoja + grano), llamado también rendimiento biológico. Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$IC = P_{sg} / (P_{st} + P_{sh} + P_{sg})$$

Donde:

IC = Índice de cosecha

P_{sg} = Peso seco del grano

P_{st} = Peso seco del tallo

P_{sh} = Peso seco de hoja

3.5.12. Peso hectolítrico

El peso hectolítrico se define como el peso de un determinado volumen de grano de quinua, la determinación se realizó en grano limpio para todos los tratamientos. A falta de una balanza hectolítrica de Shoopper, se procedió a la adecuación de un método sencillo, utilizando para este propósito una probeta graduada de 10 ml de volumen, en la cual se registró el peso en (g) y el volumen (cc) de la muestra, de esta forma se estimó el peso hectolítrico como la densidad expresada en gramos por centímetro cúbico.

3.6. Análisis de regresión y correlación

Con el propósito de encontrar alguna asociación entre caracteres conocidos como componentes del rendimiento, se realizó los análisis de correlación, regresión simple y múltiple en base a datos cuantitativos como el rendimiento de grano con las variables agronómicas de altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, diámetro de panoja, y el peso de 100 granos considerados como componentes del rendimiento.

3.7. Análisis de costos parciales de producción

Para calcular los costos parciales de producción para los tratamientos en estudio, se aplicó el método de evaluación económica propuesto por el CIMMYT (1988), el cual propone una metodología sobre presupuesto parcial y el análisis marginal, como herramientas útiles para determinar las rentabilidades económicas en costos y beneficios al analizar los resultados obtenidos.

El propósito de realizar el análisis económico, es encontrar la mejor combinación de los espaciamientos entre surcos y plantas, de tal forma que nos permita conseguir mayores rendimientos y obtener un producto de mejor calidad, beneficiando a los agricultores de esta región, el cual les permitirá asegurar un suministro adecuado de alimentos para sus familias y tener mayores retornos económicos. Todos los datos de costos de producción que varían (insumos comprados, mano de obra y la maquinaria que se utilizo), fueron calculados para la superficie de una hectárea.

Los promedios de los rendimientos de grano obtenidos con los diferentes tratamientos, fueron ajustados al 10%, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento, de tal forma que se pueda compensar las pérdidas ocasionadas por desgrane, aves, etc., que es característico en el cultivo de quinua.

El beneficio bruto de campo que valora el rendimiento ajustado para cada tratamiento, se obtuvo con el precio de campo de 4 Bs/kg de grano de quinua.

Los cálculos para el análisis económico, fueron realizados mediante las siguientes relaciones:

Beneficio bruto

$$Bb = R * Pa$$

Donde:

Bb = Beneficio bruto

R = Rendimiento promedio por tratamiento

P = Precio de grano ajustado

Beneficio neto

$$BN = Bb - Tc$$

Donde:

BN = Beneficio neto

Bb = Beneficio bruto

Tc = Total costos de producción que varían

Tasa de retorno marginal

$$TRM = (BN1 - BN2 / CV1 - CV2) * 100$$

Donde:

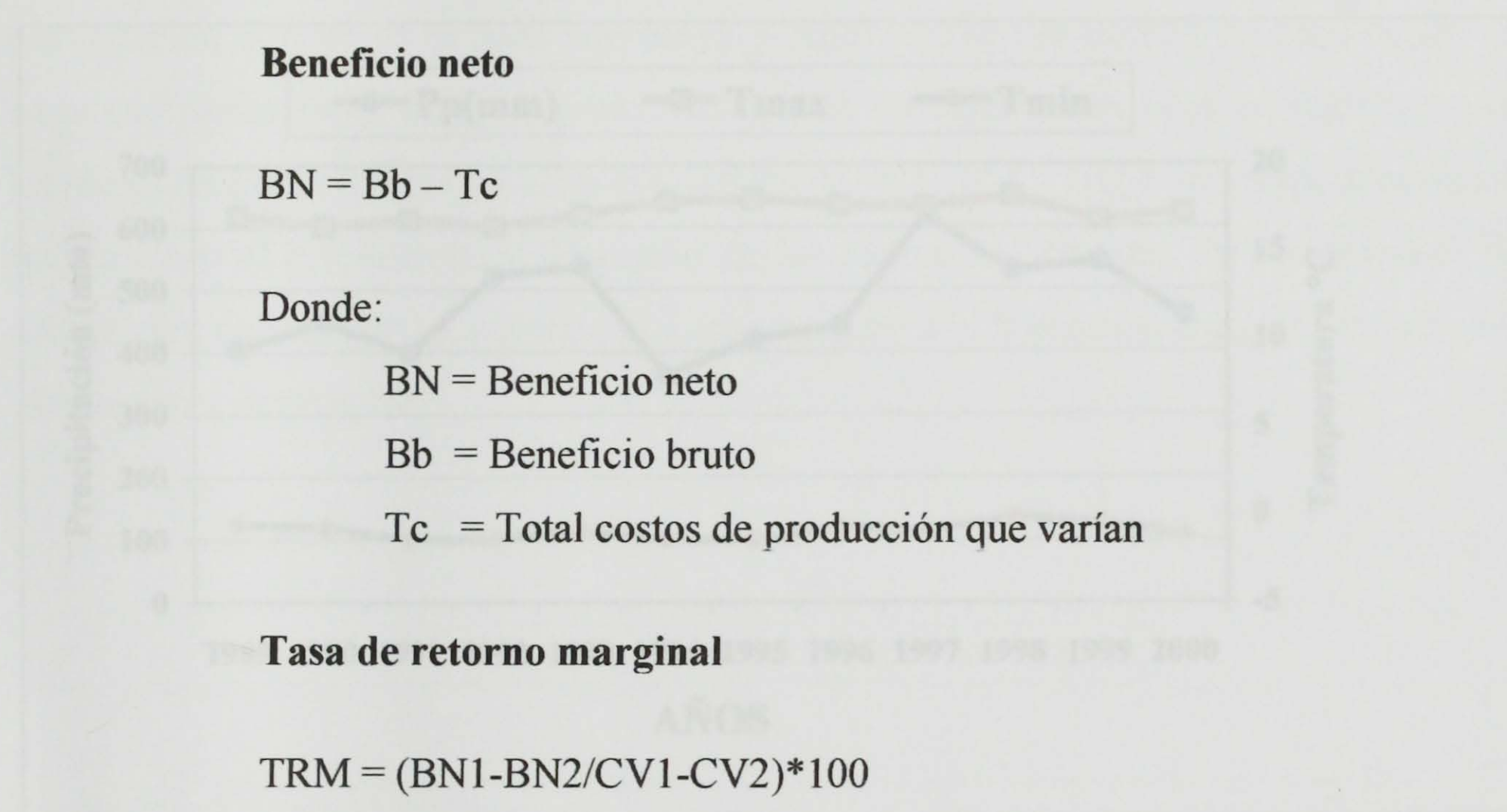
TRM = Tasa de retorno marginal

BN1 = Beneficio neto en el primer nivel de tratamiento no dominado.

BN2 = Beneficio neto en el segundo nivel de tratamiento no dominado.

CV1 = Total costos variables en el primer nivel de tratamiento no dominado.

CV2 = Total costos variables en el segundo nivel de tratamiento no dominado.



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI 2001)

Figura 3. Comparta

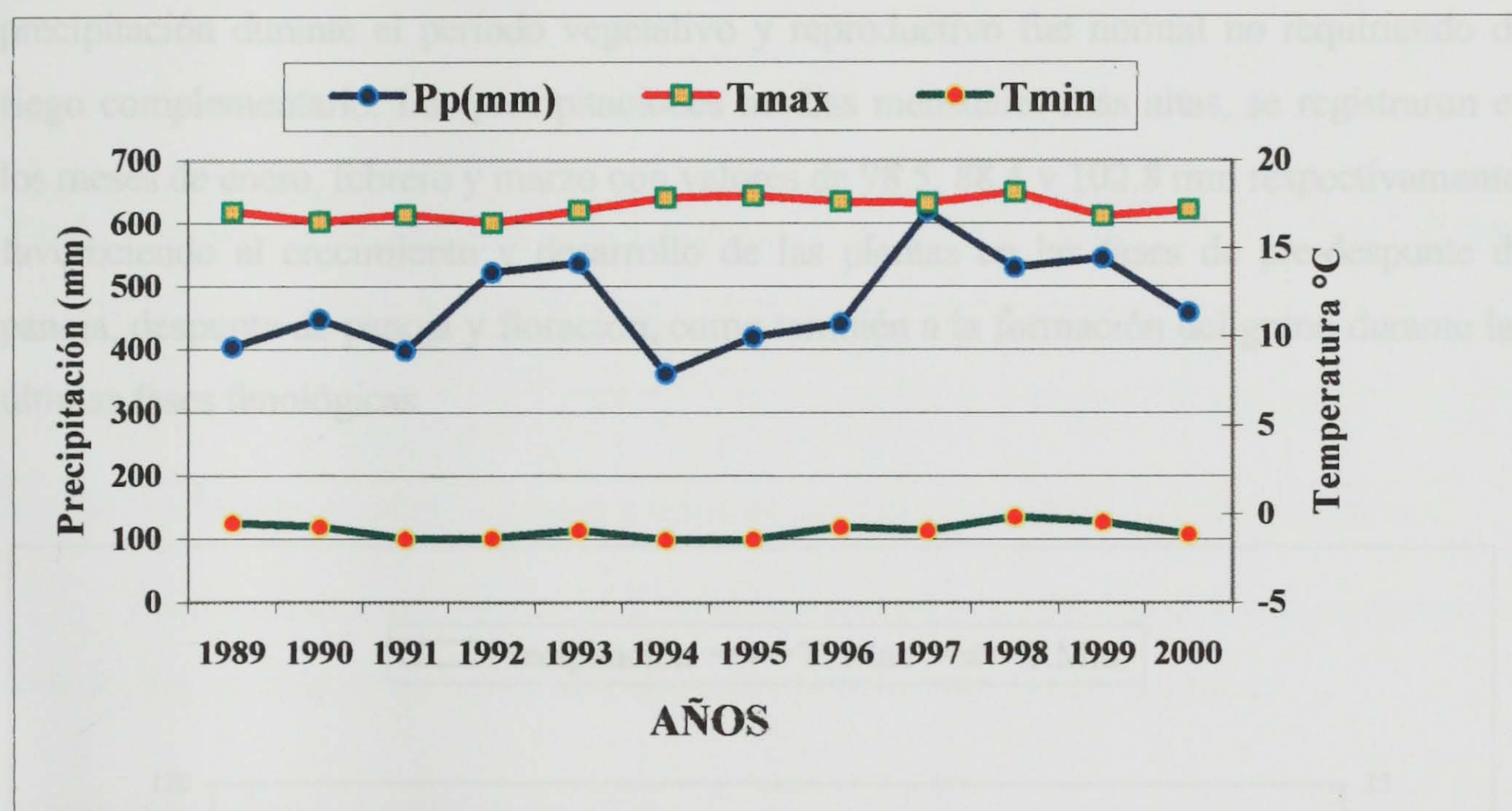
Se observa que el comportamiento de la precipitación durante los últimos 10 años fue variable, cuyo promedio general, motivo por el cual se asume que fue un año de precipitación fue de 501.70 mm. El promedio general, siendo considerado como un año lluvioso.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Clima y suelo

4.1.1. Clima

En la figura 3 y Anexo 3, se observa la variación de la precipitación pluvial media anual, la temperatura máxima media y mínima media anual, registrada durante los últimos 10 años; debido a la no existencia de una estación agrometeorológica en la comunidad donde se llevo a cabo el presente estudio, se tomó como referencia los datos agroclimáticos de la localidad de Viacha, colindante con la comunidad de Mamani.



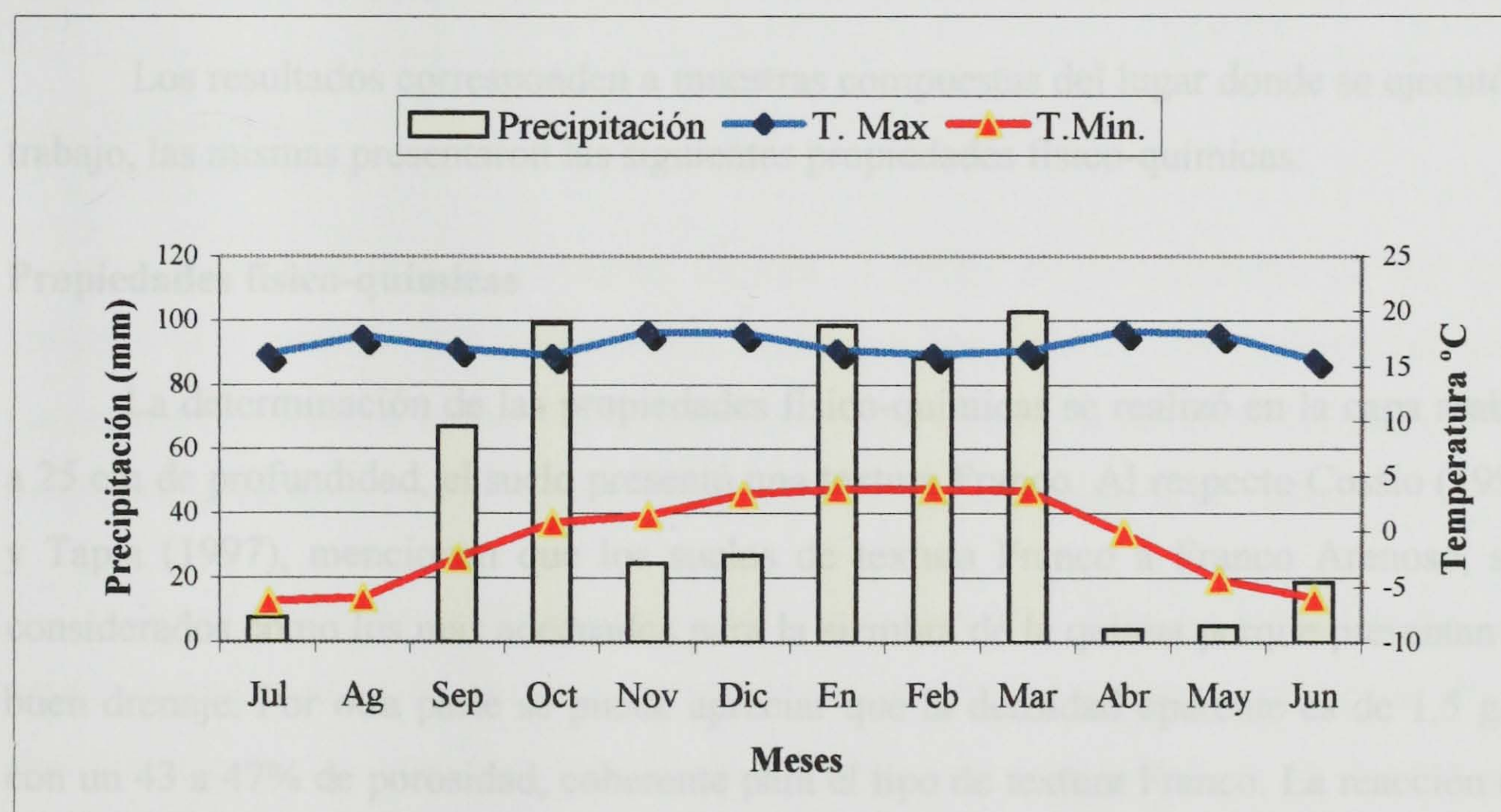
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI 2001)

Figura 3. Comportamiento de la precipitación pluvial media anual, temperatura máxima media y mínima media anual durante los 10 últimos años

Se observa que el comportamiento de la precipitación durante los últimos 10 años fue variable, cuyo promedio general registrado es de 468 mm; en el año 1994 la precipitación fue de 361.70 mm, inferior al promedio general, motivo por el cual se asume que fue un año de sequía, mientras que en el año 1997 la precipitación fue mayor, alcanzando un valor de 618.90 mm superior al promedio general, siendo considerado como un año lluvioso.

En la gestión agrícola, en la cual se llevo a cabo el presente trabajo de investigación la precipitación registrada fue de 542.9 mm anual, superior al promedio general por tal motivo se considera como un año lluvioso. La variación de la temperatura máxima media anual fue mínima, cuyos valores fluctúan en un rango de 16.43 a 18.22°C, mientras que las temperaturas mínimas medias anuales variaron en un rango de - 0.2 a - 1.4°C; las temperaturas registradas durante el desarrollo de la investigación se encuentran dentro de lo normal, lo cual favoreció al desarrollo del cultivo.

La figura 4, muestra el comportamiento de la precipitación durante la gestión agrícola 1999-2000. De forma general podemos mencionar que el comportamiento de la precipitación durante el período vegetativo y reproductivo fue normal no requiriendo de riego complementario. Las precipitaciones medias mensuales más altas, se registraron en los meses de enero, febrero y marzo con valores de 98.5, 88.4 y 102.8 mm respectivamente, favoreciendo al crecimiento y desarrollo de las plantas en las fases de pre-despunte de panoja, despunte de panoja y floración, como también a la formación del grano durante las últimas fases fenológicas.



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI 2001)

Figura 4. Climadiagrama en la gestión agrícola 1999-2000, localidad de Viacha, provincia Ingavi, La paz-Bolivia

Las temperaturas máximas medias mensuales durante el desarrollo del cultivo fluctuaron entre 16.1 y 18.2°C y mínimas medias mensuales entre 1.5 y 3.8°C, dichas temperaturas favorecieron a las fases más importantes para la formación del grano y acumulación de fotosintatos hasta llegar a la fase de la madurez fisiológica.

4.1.2. Suelo

El cuadro 5, muestra los resultados del análisis físico-químico del área experimental en la cual se llevo a cabo el presente trabajo de investigación. El informe de ensayo del laboratorio se muestra en el anexo 4.

Cuadro 5. Análisis físico-químico del suelo

Prof.	Textura: Franco			Dap.	pH	Cationes Cmolc/Kg				CIC	MO	Ntot	P dis.
	% A	% L	% Arc.			g/cc	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺				
0-25	38	47	15	1.5	6.3	4	1.5	0.2	0.8	6.5	1.3	0.15	30

Fuente: Elaboración propia en base a informe del Laboratorio de Calidad Ambiental

Los resultados corresponden a muestras compuestas del lugar donde se ejecutó el trabajo, las mismas presentaron las siguientes propiedades físico-químicas:

Propiedades físico-químicas

La determinación de las propiedades físico-químicas se realizó en la capa arable, a 25 cm de profundidad, el suelo presentó una textura Franco. Al respecto Cossio (1995) y Tapia (1997), mencionan que los suelos de textura Franco a Franco Arenoso, son considerados como los más adecuados para la siembra de la quinua porque presentan un buen drenaje. Por otra parte se puede apreciar que la densidad aparente es de 1.5 g/cc con un 43 a 47% de porosidad, coherente para el tipo de textura Franco. La reacción del suelo o pH es ligeramente ácido (6.3), con una baja capacidad de intercambio catiónico (6.5). Presenta un contenido de 1.3% de materia orgánica, bajo contenido de nitrógeno y fósforo, siendo clasificado como de baja fertilidad (Chilón, 1997).

4.2. Comportamiento de las variables agronómicas

4.2.1 Altura de planta (cm)

Los cuadrados medios del análisis de varianza para altura de planta como efecto de los factores espaciamiento entre surcos y plantas, en las fases fenológicas de despunte de panoja (DP), floración (FL), grano lechoso (GL), grano masoso (GM), y madurez fisiológica (MF), se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. ANVA (cuadrados medios) para altura de planta debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

FV	GL	Desp.Panoja (DP)	Floración (FL)	Gr. Lechoso (GL)	Gr.Masoso (GM)	Mad.Fisio. (MF)
Bloques	3	61.97 N.S.	606.86 N.S	1047.50 N.S.	1022.45 N.S.	1022.45 NS.
Esp.entre Surcos (A)	2	137.48 N.S.	1018.62N.S	1134.18 N.S.	1121.79 N.S.	1121.79 NS.
Error (a)	6	166.74	344.02	752.35	749.01	749.01
Esp.entre Plantas (B)	4	11.06 N.S.	14.12 N.S.	40.11 N.S.	42.21 N.S.	42.21 NS.
Interacción (AxB)	8	20.59 N.S.	13.53 N.S.	21.98 N.S.	22.15 N.S.	22.15 NS.
Error (b)	36	19.31	48.04	55.26	54.91	54.91
Total	59					
CV		14.46%	11.26%	10.75%	10.69%	10.69%

N.S. No significativo

CV Coeficiente de variación

Los coeficientes de variación indican el grado de confiabilidad de los datos tomados y el manejo del experimento dado que los valores son menores al 30%, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1982), menciona un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo.

No se encontraron diferencias significativas entre los bloques lo cual indica que existió homogeneidad del área experimental; analizando los cuadrados medios al 5% de significancia en las fases fenológicas de DP, FL, GL, GM y MF no se encontraron diferencias significativas para la variable altura de planta en los factores de espaciamientos entre surcos y plantas, de la misma forma no existe diferencias significativas para la interacción del factor espaciamiento entre surcos con el factor espaciamiento entre plantas.

Sin embargo los mayores espaciamientos entre surcos y plantas obtuvieron promedios superiores de alturas de planta; pero cabe mencionar que ésta diferencia no es tan grande como para que exista una diferencia estadística, tal como se muestra en la figura 5.

4.2.1.1. Efecto del espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

Las variaciones de la altura de planta a partir del mes de febrero (fase DP) hasta el mes de abril (fase de MF), en función de los factores principales espaciamientos entre surcos y plantas se muestra en la figura 5. Se observa un comportamiento típico sigmoideal de crecimiento, que también fue encontrado por Ramos (2000) para el cultivo de quinua.

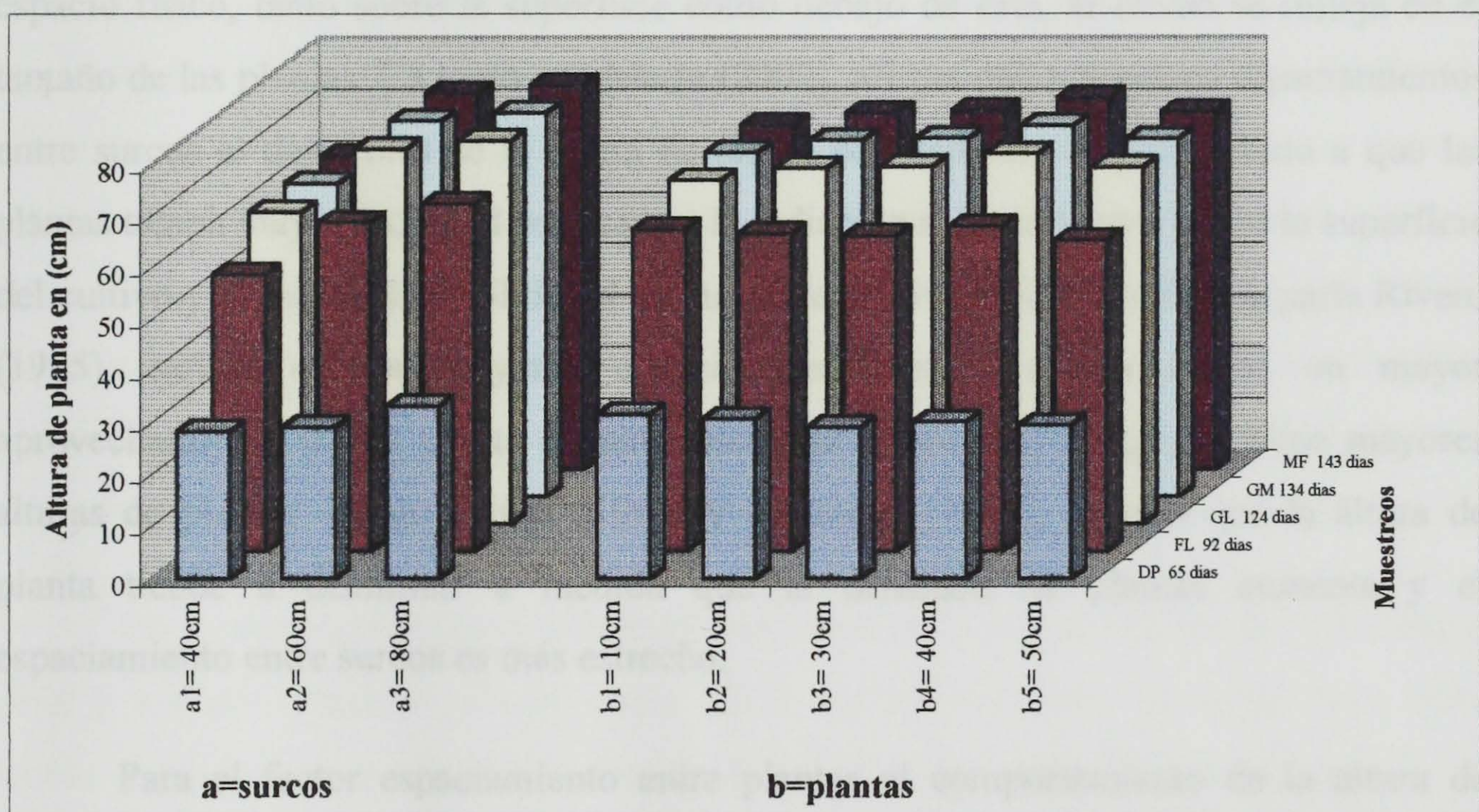


Figura 5. Altura de planta como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

En la fase de DP, cuyos datos fueron registrados a los 65 días después de la siembra, el espaciamiento de 80 cm entre surcos registró mayor altura de planta con un promedio de 33.38 cm con relación a los espaciamientos de 60 y 40 cm entre surcos que estadísticamente son iguales reportando valores de 29.32 y 28.47 cm de altura de planta respectivamente.

En las fases fenológicas de la FL, GL, GM y MF, el comportamiento de la altura de planta fue superior a espaciamientos de 80 cm entre surcos registrando una altura de 74.37 cm en la fase de MF a los 143 días después de la siembra, seguido por el espaciamiento de 60 y 40 cm entre surcos con valores promedios de alturas de 72.79 y 60.68 cm respectivamente. Este comportamiento de la altura de planta se debe principalmente al efecto del distanciamiento entre surcos, al estar las plantas más distanciadas entre sí, éstas tendrán mejores condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo y la competencia entre ellas por luz, agua, espacio, nutrientes disponibles en el suelo será menor.

Al respecto Mendoza (1999), indica que una alta población de plantas en un área determinada, significa un efecto competitivo entre plantas por: agua, luz, nutrientes y espacio físico, tanto sobre la superficie como debajo de esta, el efecto se refleja en el tamaño de las plantas. En tanto que Marín (2002), afirma que a mayores espaciamientos entre surcos el desarrollo de la altura de planta será también mayor, debido a que las plantas tienen mayor facilidad para captar la radiación solar incidente sobre la superficie del cultivo y la mayor disponibilidad de nutrientes a nivel del suelo. Por su parte Rivero (1985), señala que a mayores espaciamientos entre surcos existe un mayor aprovechamiento por la planta de nutrientes, luz y agua por lo que se tiene mayores alturas de plantas. Según Káiser (1968) y Barahona (1975), indican que la altura de planta tiende a disminuir a medida que la densidad de plantas aumenta y el espaciamiento entre surcos es más estrecho.

Para el factor espaciamiento entre plantas el comportamiento de la altura de planta fue similar en todas las fases fenológicas estudiadas. Sin embargo en la fase de DP se encontraron mayores alturas de plantas con los espaciamientos de 10 y 20 cm registrando valores de 31.75 y 30.85 cm respectivamente, seguido por los espaciamientos de 40, 50 y 30 cm entre plantas con valores de 30.32, 29.66 y 29.35 cm respectivamente. Este comportamiento se debe a que en los meses de enero, febrero y marzo se registraron las mayores precipitaciones; lo que pudo derivar que en los espaciamientos de 50 cm entre plantas existió un exceso de agua que perjudicó al crecimiento de altura de planta.

Mientras que con los menores espaciamientos entre plantas, la densidad de plantas fue el doble que en el espaciamiento anterior y el exceso de agua fue menor; de igual forma la altura de planta fue afectada en la fase de FL, dicha fase se presentó a los 92 días después de la siembra, en esta fase el espaciamiento de 50 cm entre plantas registro un valor mínimo de 60.10 cm de altura con relación al espaciamiento de 40 cm entre plantas que alcanzó una altura de 62.92 cm, los demás espaciamientos en estudio presentaron valores intermedios.

Finalmente en las fases fenológicas de GL, GM hasta MF el comportamiento de la altura de planta fue superior para el espaciamiento de 40 cm entre plantas, que registró un valor de 71.96, seguido por los espaciamientos de 50, 30, 20 y 10 cm, registrando valores promedios en la fase de MF de 69.46, 69.30, 69.00 y 66.67 cm respectivamente; estos resultados reflejan claramente la competencia que existió entre las plantas por luz, agua, espacio y nutrientes disponibles en el suelo al obtener los mas bajos promedios de altura de planta con los menores espaciamientos; por otro lado la precipitación durante estas fases fenológicas fue mínima, motivo por el cual las plantas espaciadas a 50 cm entre plantas alcanzaron mayor altura. Al respecto Rivero (1985) y Káiser (1968), mencionan que la altura de planta aumenta cuando las plantas están más espaciadas entre sí. Por su parte Blanco (1970), señala que a mayores espaciamientos entre plantas hay un decrecimiento en la producción y un aumento notorio en el tamaño de las plantas.

En el presente trabajo de investigación, no se encontraron diferencias estadísticas para la variable altura de planta, como efecto de los diferentes espaciamientos entre surcos y plantas en las fases fenológicas estudiadas; los resultados coinciden con un trabajo realizado por el Proyecto Quinoa (1985), quienes mencionan que no encontraron diferencias estadísticas para altura de planta a diferentes espaciamientos entre surcos. De la misma forma López (1996), señala diferencias no significativas para la variable altura de planta cuando trabajo con diferentes densidades de siembra. Según Ramos (2000), la similitud del comportamiento en altura de planta se debe posiblemente a que la quinua presenta un crecimiento de plasticidad fenotípica en sus diferentes fases fenológicas debido a la tolerancia ontogénica.

4.2.1.2. Interacción espaciamento entre surcos vs. plantas

La altura de planta como efecto de la interacción de los espaciamentos entre surcos con los espaciamentos entre plantas en 5 fases fenológicas estudiadas se presenta en la figura 6.

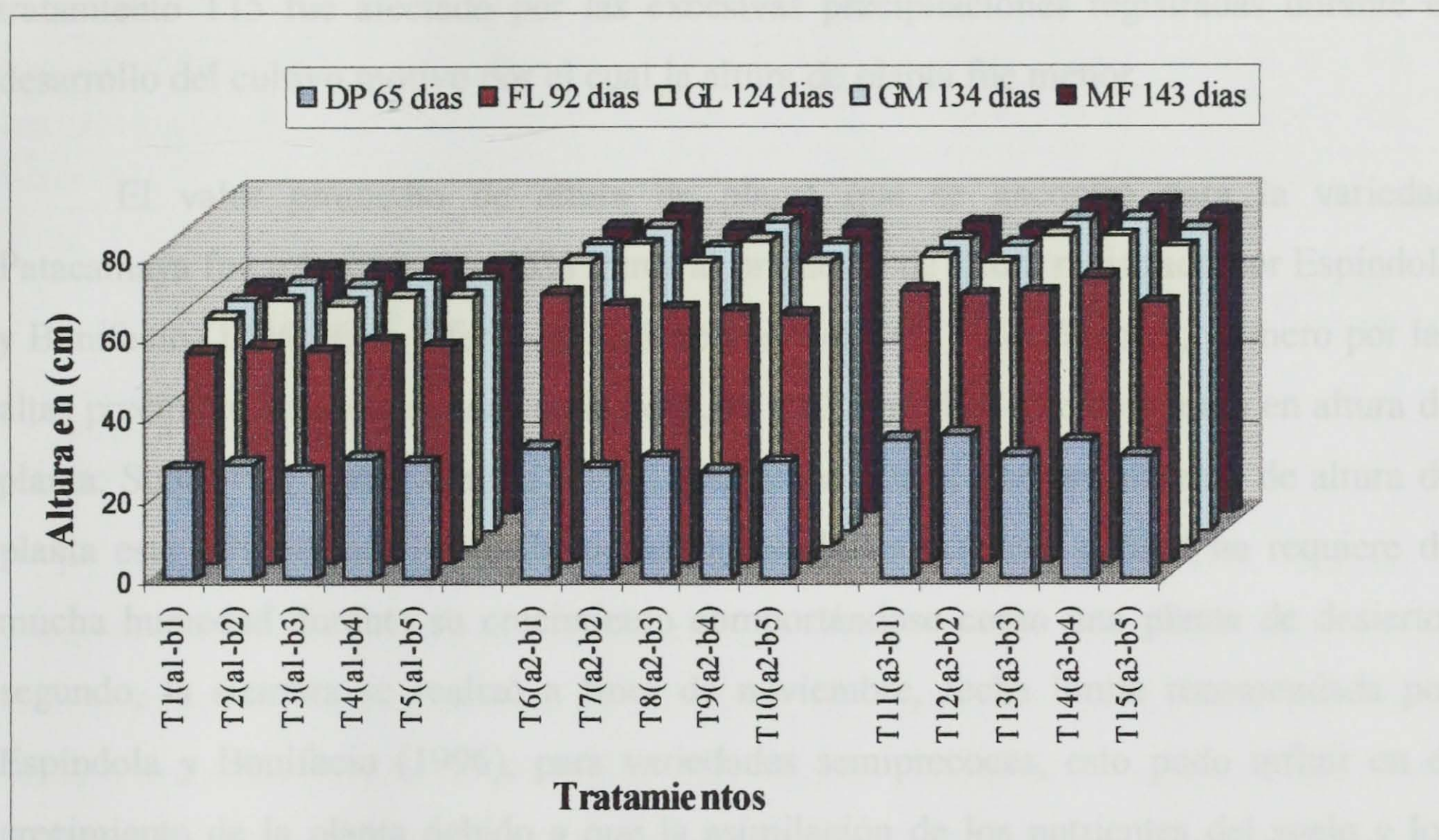


Figura 6. Altura de planta como efecto de la interacción de los espaciamentos entre surcos con los espaciamentos entre plantas

En la fase de despunte de panoja (DP), la altura de planta fue casi similar para todos los tratamientos en estudio, sin embargo el tratamiento T12 registró el máximo valor con 36.08 cm en relación al tratamiento T8 que reportó un valor mínimo de 26.58 cm, los demás tratamientos presentan valores intermedios. En las fases de floración (FL), grano lechoso (GL), grano masoso (GM) y madurez fisiológica (MF) los tratamientos T14 y T13 obtuvieron los mayores valores de altura de planta, alcanzando un valor de 77.29 y 77.16 cm. respectivamente para la fase de MF; mientras que el tratamiento T1 fue inferior en un 35% con relación al tratamiento T14.

La combinación de los espaciamientos de 80 cm entre surcos y 40 cm entre plantas (T14), favorecieron al crecimiento de las plantas, debido a la menor competencia entre ellas por luz, espacio, agua y nutrientes disponibles en el suelo; en los espaciamientos de 40 cm entre surcos y 10 cm entre plantas (T1), existió una competencia entre plantas que se refleja al obtener un menor tamaño de plantas. El tratamiento T15 fue afectado por las excesivas precipitaciones registradas durante el desarrollo del cultivo motivo por el cual la altura de planta fue menor.

El valor promedio de altura de planta que se encontró para la variedad Patacamaya fue inferior en un 25% frente al promedio de altura registrado por Espíndola y Bonifacio (1996). Esta diferencia se debe posiblemente a dos factores; primero por las altas precipitaciones registradas en la zona, lo cual perjudicó al crecimiento en altura de planta. Sobre este punto Alegría (1998), menciona que el comportamiento de altura de planta esta influenciada por la humedad del suelo ya que este cultivo no requiere de mucha humedad durante su crecimiento comportándose como una planta de desierto; segundo, la siembra se realizó a fines de noviembre, fecha límite recomendada por Espíndola y Bonifacio (1996), para variedades semiprecoces, esto pudo influir en el crecimiento de la planta debido a que la asimilación de los nutrientes del suelo y los elaborados por la planta misma no favorecieron en el crecimiento para alcanzar la altura correspondiente que le caracteriza a cada variedad, al respecto Riquelme (1998), afirma que la altura de planta es una característica propia de cada variedad.

4.2.2. Diámetro de tallo (mm)

Los cuadrados medios del análisis de varianza para el diámetro de tallo, como efecto de los factores espaciamiento entre surcos y plantas en las fases fenológicas de despunte de panoja (DP), floración (FL), grano lechoso (GL), grano masoso (GM), y madurez fisiológica (MF), se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. ANVA (cuadrados medios) para el diámetro de tallo debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

FV	GL	Desp.Panoja (DP)	Floración (FL)	Gr. Lechoso (GL)	Gr.Masoso (GM)	Mad.Fisio (MF)
Bloques	3	3.53 N.S.	9.58 N.S.	10.59 N.S.	10.80 N.S.	11.54 NS.
Esp.entre Surcos (A)	2	13.10 * *	25.69 N.S.	27.19 N.S.	28.38 N.S.	26.87 NS.
Error (a)	6	0.90	9.11	11.39	11.50	11.47
Esp.entre Plantas (B)	4	0.16 N.S.	0.52 N.S.	0.88 N.S.	0.98 N.S.	1.37 NS.
Interacción (AxB)	8	0.56 N.S.	0.38 N.S.	0.29 N.S.	0.35 N.S.	0.35 NS.
Error (b)	36	0.60	0.69	0.76	0.39	0.81
Total	59					
CV		8.97%	7.90%	8.11%	8.25%	8.82%

N.S. No significativo

* * Altamente significativo

CV Coeficiente de variación

Los coeficientes de variación para el carácter diámetro de tallo, reflejan la confiabilidad de las mediciones efectuadas como del manejo mismo del experimento, existiendo homogeneidad del área experimental. Los cuadrados medios para el diámetro de tallo muestran diferencias altamente significativas para el factor espaciamiento entre surcos en la fase de despunte de panoja (DP), no existiendo diferencias significativas para el factor espaciamiento entre plantas y la interacción de ambos. En las fases fenológicas de FL, GL, GM y MF, no se encontraron diferencias significativas para el carácter diámetro de tallo en los factores en estudio. De la misma forma no existen diferencias significativas para la interacción del factor A con el factor B. Esta similitud se debe a las precipitaciones registradas durante los meses de enero a marzo, el suelo contuvo una humedad homogénea, lo cual favoreció al crecimiento y desarrollo del tallo, posiblemente debido a ello no se encontraron diferencias estadísticas en los diferentes tratamientos. Sin embargo cuando se presentan sequías prolongadas, el diámetro de tallo de quinua se reduce (Ramos, 2000).

4.2.2.1. Efecto del espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

En la figura 7, se muestra el comportamiento del diámetro de tallo, como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas.

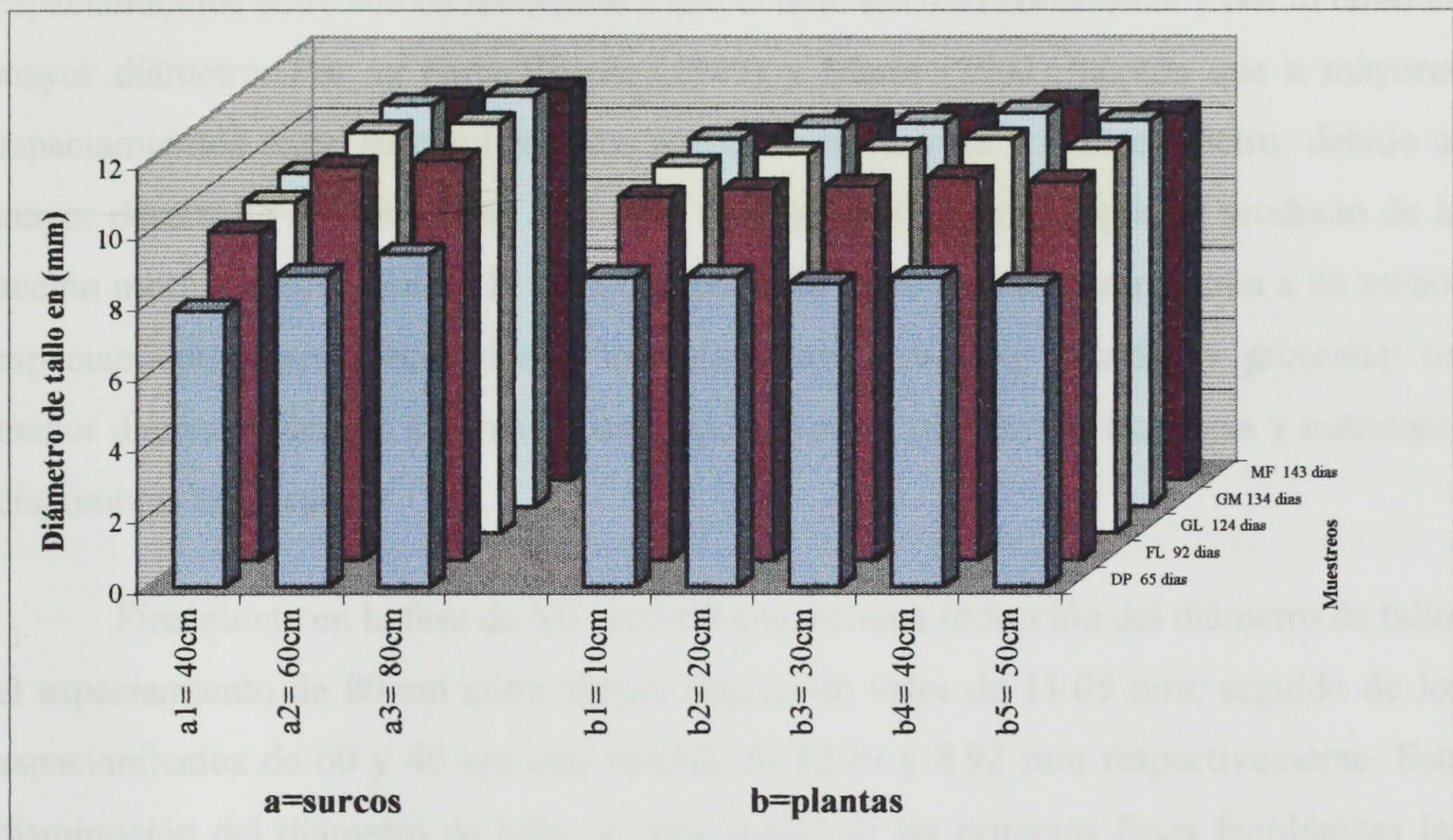


Figura 7. Diámetro de tallo como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

En las fases de DP, FL, GL y GM, los espaciamientos de 80 y 60 cm entre surcos registraron promedios superiores de 11.62 y 11.37 mm respectivamente, para la fase de GM; mientras que los espaciamientos de 40 cm entre surcos obtuvieron un valor menor de 9.44 mm. Estos resultados nos indican que cuando las plantas están más distanciadas entre sí, el diámetro de tallo se incrementa y los tallos son más lignificados y consistentes, favoreciendo a las plantas para el soporte de las hojas y panoja, evitando el acame de las mismas por efecto de los fuertes vientos; los mayores diámetros de tallo se deben a las ventajas que ofrecen los mayores espacios entre surcos como luz, agua, espacio y nutrientes principalmente, que fácilmente las plantas pueden asimilar sin tener competencia entre plantas; lo contrario sucederá con los menores espaciamientos entre surcos, lo cual está reflejado en los resultados, donde las plantas registraron un menor diámetro de tallo.

Al respecto Risi (1986), citado por Alegría (1998), afirma que a medida que se aumentan los espacios entre surcos de 40, 60 y 80 cm, hay también un aumento en la producción por planta, teniendo plantas más vigorosas y los tallos son más gruesos; ésta afirmación es corroborada por Alegría (1998), quien menciona que los mayores espaciamientos entre surcos favorecen a que el tallo sea más consistente y por lo tanto de mayor diámetro. Por su parte Rivero (1985) y Marín (2002), acotan que a mayores espaciamientos entre surcos los tallos son más duros y de mayor diámetro, debido al mayor desarrollo de los tejidos de sostén (colénquima y esclerénquima) producto de la acción mecánica del viento y la poca competencia entre plantas con relación a un menor espaciamiento entre surcos donde los tallos son menos lignificados y presentan un menor diámetro, debido a la mayor competencia entre plantas por luz, agua y nutrientes disponibles en el suelo.

Finalmente en la fase de MF, existió una mínima reducción del diámetro de tallo; el espaciamiento de 80 cm entre surcos obtuvo un valor de 11.05 mm, seguido de los espaciamientos de 60 y 40 cm con valores de 10.79 y 8.92 mm respectivamente. Esta disminución del diámetro de tallo se debe a que en las primeras fases fenológicas las plantas absorben y asimilan los nutrientes disponibles en el suelo, una parte de estos son almacenados en el tallo, a medida que las plantas van creciendo y pasando de fase vegetativa a la fase reproductiva, estos nutrientes almacenados en el tallo se van trasladando a los órganos reproductivos de las plantas y como resultado final se tienen las semillas.

Al respecto Alegría (1998), menciona que el descenso del diámetro de tallo en la fase de MF se atribuye a que en una primera fase el tallo retiene una parte del nitrógeno que se trasloca absorbido por la planta, a medida que desarrolla la planta el nitrógeno y otros nutrientes son concentrados en la parte reproductiva de la planta lo que ocasiona que el diámetro de tallo disminuya de grosor.

Para el factor espaciamento entre plantas, los resultados establecen que a medida que crecen las plantas, las diferencias por el espaciamento se hacen indiferentes en las fases fenológicas de DP hasta la fase de GM, sin embargo los mayores diámetros se registraron con los espaciamentos de 40 y 50 cm entre plantas con valores de 11.14 y 10.92 mm respectivamente, en tanto que los espaciamentos de 10 cm entre plantas alcanzaron un valor mínimo de 10.39 mm; cabe señalar que estos resultados no nos indican una significancia estadística; los demás espaciamentos entre plantas obtuvieron valores intermedios de diámetro de tallo.

De manera similar que para los espaciamentos entre surcos, los mayores espaciamentos entre plantas favorecieron al crecimiento y desarrollo del tallo, debido a la menor competencia entre plantas por agua, nutrientes del suelo, espacio físico y energía lumínica para el proceso fotosintético. Al respecto Rivero (1985) y Marín (2002), señalan que cuando las plantas están más espaciadas entre sí, favorecen al desarrollo del tallo, debido a la menor competencia por nutrientes del suelo, luz, agua y espacio principalmente. En la fase de MF existió un mínimo descenso en el diámetro de tallo, cuyos valores oscilaron en un rango de 9.75 a 10.68 mm; la explicación del descenso del diámetro de tallo en ésta fase, ya se lo realizo anteriormente.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para comparar el diámetro de tallo debido al espaciamento entre surcos (A), en la fase de despunte de panoja (DP)

Espaciamento entre surcos Factor A	Promedio de Diám. de tallo (mm)	DUNCAN ($\alpha=0.05$)
a3 = 80 cm	9.38	a
a2 = 60 cm	8.79	b
a1 = 40 cm	7.78	c

Para el diámetro de tallo la prueba de Duncan al 5% de significancia, encontró diferencias altamente significativas en la fase de DP para el factor espaciamento entre surcos, reportando mayores valores los espaciamentos de 80 cm entre surcos con 9.38 mm, seguido de los espaciamentos de 60 y 40 cm entre surcos con valores de 8.79 y 7.78 mm respectivamente.

En esta fase el crecimiento y desarrollo de las plantas fue muy notorio, las plantas que estaban más espaciadas aprovecharon mejor los nutrientes disponibles en el suelo y la captación de la energía lumínica para el proceso fotosintético, estos aspectos favorecieron para que los tallos sean de mayor diámetro. Al respecto Ramos (2000), indica que en la fase de DP los genotipos de quinua crecen y desarrollan su estructura morfológica de forma notable.

4.2.2.2. Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas

El carácter diámetro de tallo como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos por los espaciamientos entre plantas en 5 fases fenológicas estudiadas se muestra en la figura 8.

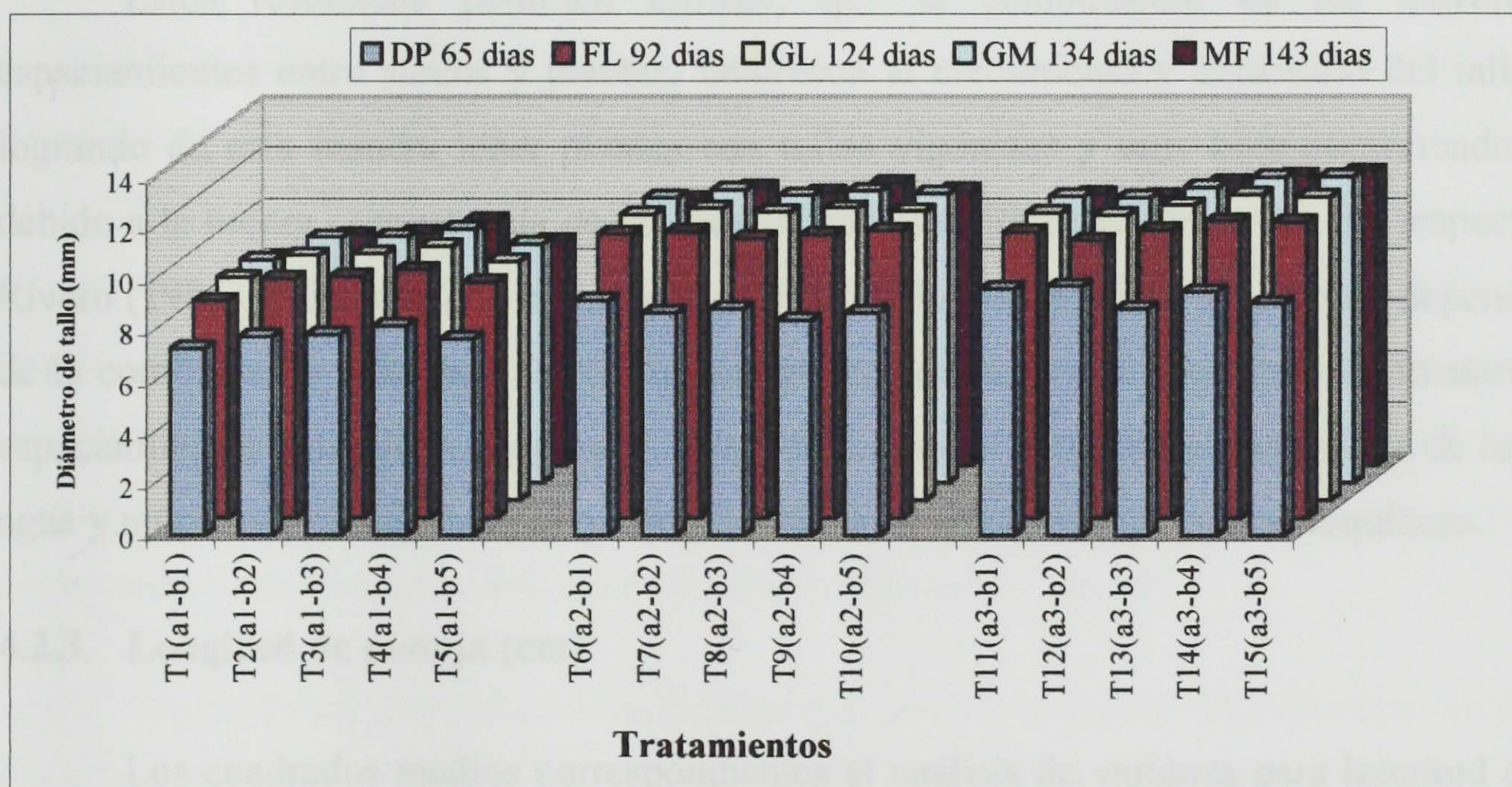


Figura 8. Diámetro de tallo como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos con los espaciamientos entre plantas

En la fase de despunte de panoja (DP) el tratamiento T12 obtuvo el mayor diámetro con un valor de 9.75 mm con relación al tratamiento T1 que registró el valor más bajo de 7.32 mm; los demás tratamientos presentaron valores intermedios; estos resultados muestran que en el T1 existió una competencia de las plantas por luz, espacio y nutrientes principalmente, motivo por el cual el diámetro de tallo fue menor; mientras que con el T12 sucedió lo contrario.

En la fase de floración (FL), a partir del tratamiento T6 hasta el tratamiento T15 las diferencias de diámetro de tallo son mínimas, cuyos valores oscilan en un rango de 10.85 a 11.62 mm; mientras que los demás tratamientos presentan valores inferiores entre 7.32 a 8.20 mm. Finalmente en las fases de grano lechoso (GL), grano masoso (GM) y madurez fisiológica (MF), los tratamientos T14 y T15 reportaron los mayores valores de diámetro de tallo, obteniendo en la fase de GM un valor de 12.00 y 12.02 mm respectivamente, con relación al tratamiento T1 que registró 8.72 mm de diámetro de tallo. En la fase de MF existió un descenso del diámetro de tallo, los tratamientos T14 y T15 obtuvieron valores de 11.37 y 11.52 mm respectivamente, en tanto que el T1 alcanzó 8.12 mm de diámetro. Este comportamiento del descenso del tallo ya fue explicado anteriormente.

Estos resultados permiten afirmar, que la combinación de los mayores espaciamientos entre surcos y plantas, favorecen al crecimiento y desarrollo del tallo, logrando de esta manera tener plantas con tallos vigorosos y muy bien conformados; debido a la menor competencia de las plantas por espacio, nutrientes y luz. Al respecto Rivero (1985), menciona que el diámetro del tallo y la ramificación del mismo, depende de la combinación adecuada de los espaciamientos entre surcos y plantas; los menores espaciamientos entre surcos y plantas ofrecerán menores condiciones favorables de luz, agua y nutrientes principalmente, y como resultado final se tendrán plantas raquílicas.

4.2.3. Longitud de panoja (cm)

Los cuadrados medios correspondientes al análisis de varianza para longitud de panoja, en función a los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas estudiadas se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. ANVA (cuadrados medios) para longitud de panoja debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

FV	GL	Desp.Panoja (DP)	Floración (FL)	Gr. Lechoso (GL)	Gr.Masoso (GM)	Mad.Fisio. (MF)
Bloques	3	0.10 N.S.	14.01 N.S.	62.66 N.S.	81.70 N.S.	81.70 N.S.
Esp.entre Surcos (A)	2	0.49 N.S.	70.11 N.S.	136.39 N.S.	144.05 N.S.	144.05 N.S.
Error (a)	6	1.38	14.33	70.52	80.52	80.52
Esp.entre Plantas (B)	4	0.06 N.S	2.03 N.S.	24.69 **	28.43 **	28.43 **
Interacción (AxB)	8	0.21 N.S.	1.79 N.S.	4.46 N.S.	3.69 N.S.	3.69 N.S.
Error (b)	36	0.09	2.45	6.00	6.62	6.62
Total	59					
CV		13.73%	11.79%	12.54%	12.76%	12.79%

N.S. No significativo

** Altamente significativo

C.V. Coeficiente de variación

Los coeficientes de variación para longitud de panoja como componente principal del rendimiento en las 5 fases fenológicas estudiadas, están dentro del rango de aceptabilidad para experimentos de campo. Los cuadrados medios para longitud de panoja, muestran diferencias no significativas para el factor A en las fases de DP hasta MF. De la misma forma no se encontraron diferencias significativas para las interacciones del factor A con el factor B. Estos resultados coinciden con los trabajos realizados por el Proyecto Quinoa (1985) y Jacobsen (1992), quienes mencionan diferencias no significativas para la variable longitud de panoja, cuando trabajaron con diferentes espaciamientos entre surcos, sin embargo indican que a un menor espaciamiento entre surcos existe mayor competencia entre plantas.

Para el factor B los cuadrados medios indican diferencias no significativas en las fases fenológicas de DP y FL, mientras que en las fases de GL hasta MF se encontraron diferencias altamente significativas, debido a las continuas divisiones de las células meristemáticas presentes en los entrenudos de la panoja que provocaron el alargamiento de la misma. Sobre este punto, Espíndola (1995), menciona que en las últimas fases fenológicas, el crecimiento de la panoja se debe al alargamiento de los entrenudos del tercio superior, lo que implica que en los 2/3 inferiores, el crecimiento ha cesado. Por su parte Ramos (2000), sostiene que en las fases de GL hasta MF, existe un crecimiento bastante notorio en la panoja de quinoa, debido fundamentalmente a la expresión plena de los caracteres morfogénicos de cada material.

4.2.3.1. Efecto del espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

En la figura 9, se muestra en forma gráfica las variaciones en la longitud de panoja como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas.

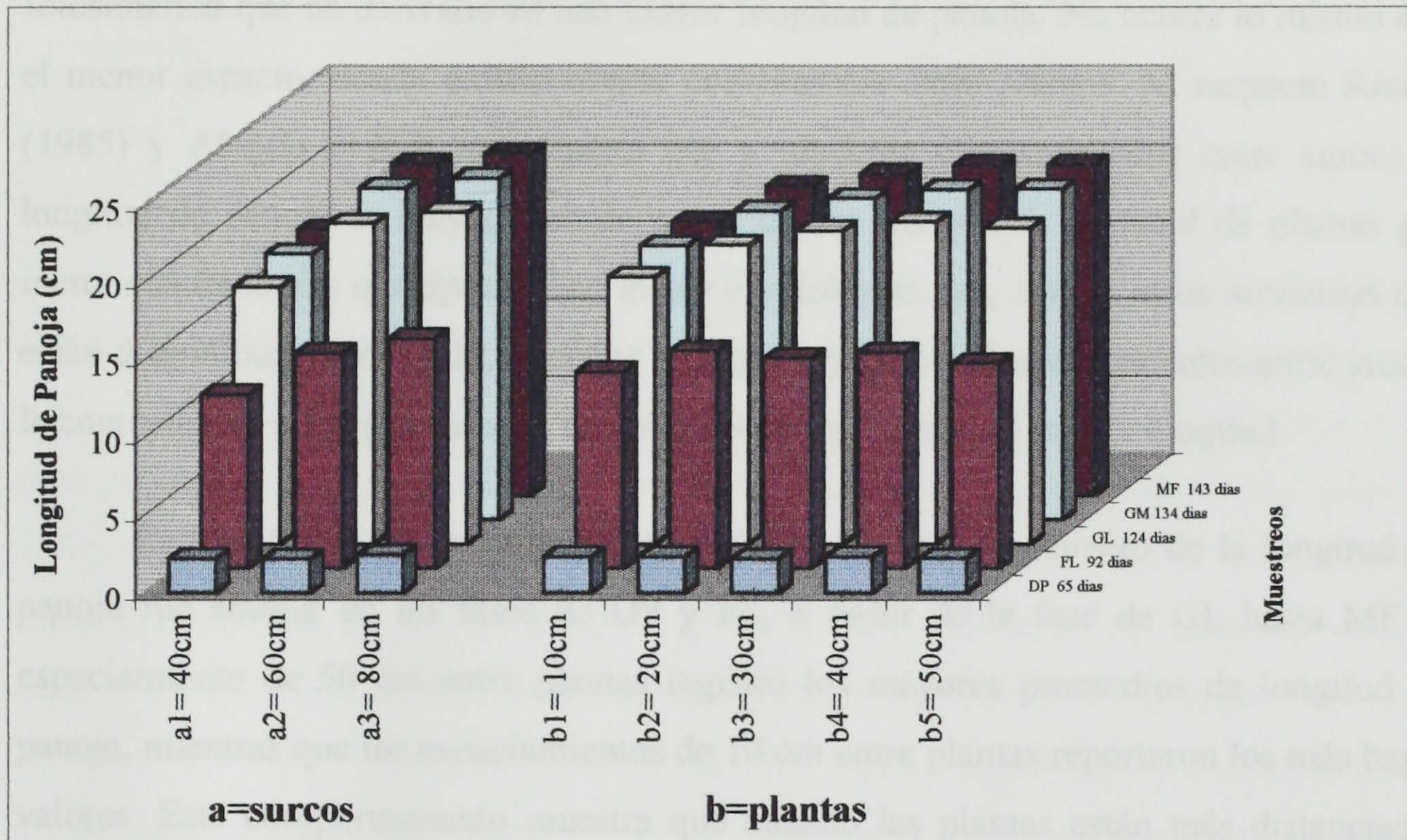


Figura 9. Longitud de panoja como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

Se observa que, en la fase de DP el efecto de los espaciamientos entre surcos no fue tan notorio, habiendo una mínima superioridad de longitud de panoja con el espaciamiento de 80 cm entre surcos que alcanzó un valor de 2.45 cm, seguido de los espaciamientos de 60 y 40 cm entre surcos con valores de 2.18 y 2.17 cm respectivamente, este comportamiento se debe a que en esta fase el crecimiento de la panoja fue mínimo, debido al mayor aumento en el tamaño de las plantas. En las fases fenológicas de FL, GL, GM y MF los espaciamientos de 80 y 60 cm entre surcos reportaron los mayores promedios de longitud de panoja, obteniendo en la fase de MF valores de 22.03 y 21.39 cm respectivamente, en tanto que los espaciamientos de 40 cm entre surcos registraron valores inferiores de 17.09 cm de longitud de panoja, en 143 días después de la siembra.

Los resultados muestran, que a medida que se aumentan los espacios entre surcos, la longitud de panoja también se va incrementando, debido a que en los mayores espaciamientos entre surcos, la competencia entre plantas fue menor, las mismas que aprovecharon mejor los nutrientes del suelo, agua y energía lumínica para el proceso fotosintético que ha derivado en una mayor longitud de panoja. No ocurre lo mismo con el menor espacio, donde existió mayor competencia entre plantas. Al respecto Rivero (1985) y Alegría (1998), mencionan que a mayores espaciamientos entre surcos la longitud de panoja es mayor, debido a que existe una menor cantidad de plantas por metro cuadrado, las que aprovechan mejor el nitrógeno, luz, agua y otros nutrientes que están disponibles en el suelo; mientras que con los menores espaciamientos entre surcos la competencia entre plantas será mayor y las panojas serán de menor longitud.

Para el factor espaciamiento entre plantas el comportamiento de la longitud de panoja fue similar en las fases de DP y FL, a partir de la fase de GL hasta MF el espaciamiento de 50 cm entre plantas registró los mayores promedios de longitud de panoja, mientras que los espaciamientos de 10 cm entre plantas reportaron los más bajos valores. Este comportamiento muestra que cuando las plantas están más distanciadas entre sí, favorece al crecimiento y desarrollo de la panoja, debido a la menor competencia entre plantas por luz, agua y nutrientes del suelo y al espacio físico tanto en la superficie del suelo como debajo de esta, en tanto que en los menores espaciamientos la competencia entre plantas fue mayor y como resultado final se obtuvo panojas más pequeñas; estos resultados se asemejan a los resultados encontrados por Rivero (1985) y Blanco (1970), quienes afirman que cuando el espacio entre planta y planta es mayor, la longitud de panoja también se incrementa, debido a la menor competencia entre ellas por luz, agua y nutrientes principalmente.

En el cuadro 10 se detalla la comparación de promedios para longitud de panoja, al 5% de significancia, debido al espaciamiento entre plantas.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para comparar la longitud de panoja debido al espaciamiento entre plantas (B) en las fases fenológicas de grano lechoso, grano masoso y madurez fisiológica

Esp. entre plantas Factor B	Grano Lechoso (GL)		Grano Mañoso (GM)		Mad. Fisiológica (MF)	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
b5 = 50 cm	20.33	a	21.31	a	21.31	a
b4 = 40 cm	20.25	a	21.29	a	21.29	a
b3 = 30 cm	20.16	a	20.71	a	20.71	a
b2 = 20 cm	19.22	a	19.72	a	19.72	a
b1 = 10 cm	17.16	b	17.62	b	17.62	b

A través de la prueba de Duncan al 5% de significancia, no se registraron diferencias estadísticas para el carácter longitud de panoja en las fases fenológicas de DP y FL, debido a la continua división celular de las células meristemáticas presentes en los entrenudos del tallo que provocaron el aumento en tamaño de la planta, pero no favorecieron al crecimiento de la panoja. En las fases fenológicas de GL, GM y MF los espaciamientos de 50, 40, 30 y 20 cm entre plantas registraron los mayores valores, obteniendo en la fase de MF valores de 21.31, 21.29, 20.71 y 19.92 cm respectivamente, siendo estos valores estadísticamente iguales; la longitud de panoja a espaciamientos de 10 cm entre plantas fue inferior en un 17% con relación al espaciamiento de 50 cm entre plantas.

De igual forma que para los espaciamientos entre surcos, los resultados encontrados, nos indican que a medida que se van aumentando los espaciamientos entre plantas, la longitud de panoja también aumenta, presentando una mejor respuesta con el espaciamiento de 50 cm entre plantas, esto se debe, a que el número de plantas por metro cuadrado fue menor, las que tuvieron menor competencia por nutrientes disponibles en el suelo, luz, agua y espacio, lo cual favoreció al crecimiento de las plantas y de la panoja. Al respecto Rivero (1985), señala que la longitud de panoja aumenta al incrementarse la distancia entre plantas, ésta respuesta positiva sería producto de un menor grado de competencia entre plantas principalmente por nitrógeno, agua, luz y otros.

El promedio de longitud de panoja registrado en el presente trabajo para la variedad Patacamaya fue inferior en un 20.9% en relación al promedio encontrado por Espíndola y Bonifacio (1996), esta inferioridad en longitud de panoja se debe a las condiciones medio ambientales en la cual se desarrollo el cultivo, así por ejemplo las altas precipitaciones registradas en el lugar de estudio, perjudicaron al crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que la longitud de la panoja esta directamente relacionado con la altura de la planta (Riquelme 1998).

4.2.3.2. Interacción espaciamento entre surcos vs. plantas

La variable longitud de panoja como efecto de la interacción de los espaciamentos entre surcos por los espaciamentos entre plantas en 5 fases fenológicas estudiadas se muestra en la figura 10.

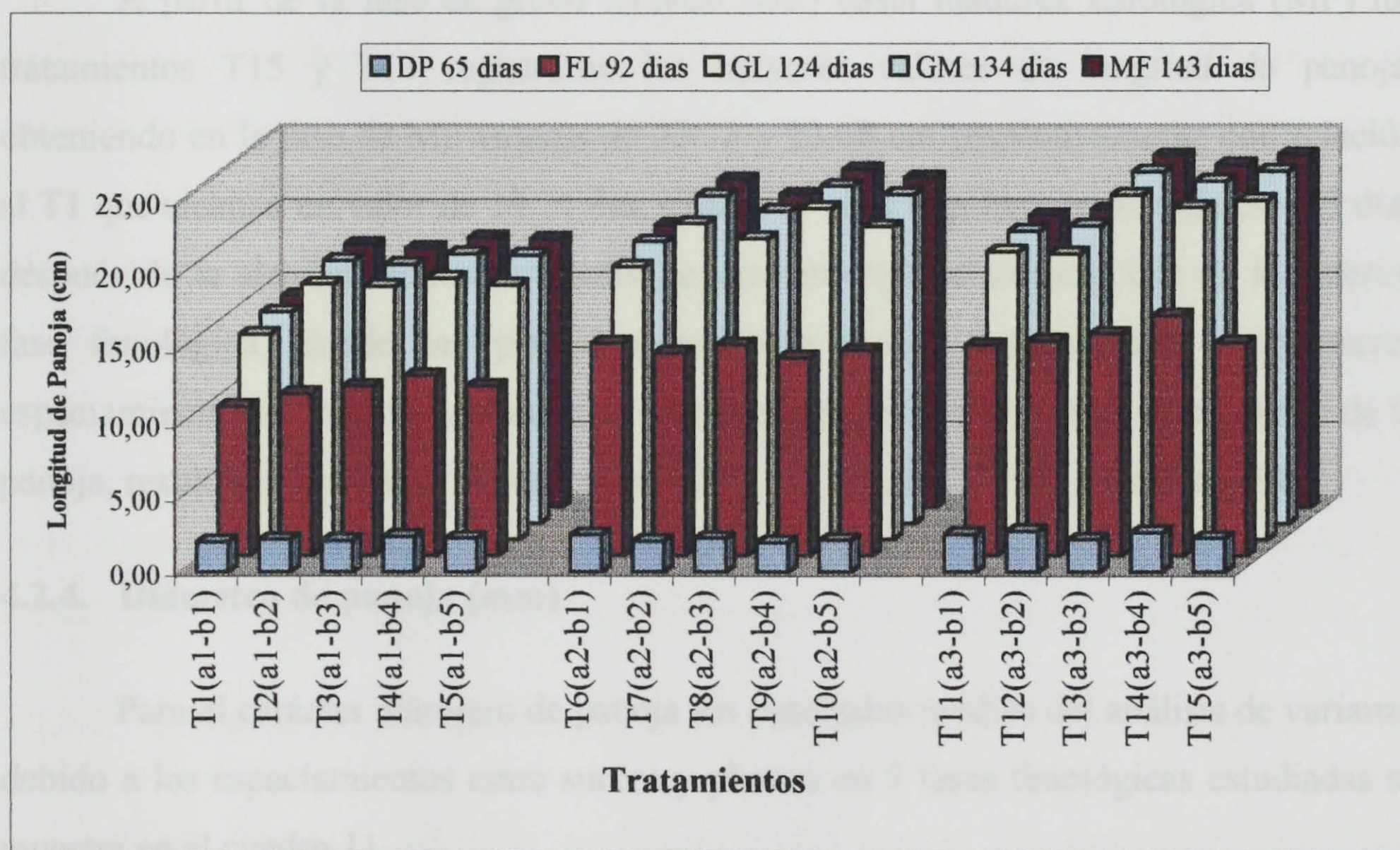


Figura 10. Longitud de panoja como efecto de la interacción de los espaciamentos entre surcos por los espaciamentos entre plantas

El comportamiento de la variable longitud de panoja en la fase de despunte de panoja (DP) fue casi similar para todos los tratamientos, reportando un promedio general de 2.26 cm. En la fase de floración (FL) el aumento de la altura de planta y la longitud de panoja fue notorio, debido al constante alargamiento de los entrenudos del tallo y de la panoja, obteniendo una mayor longitud de panoja con el tratamiento T14 que reportó un valor de 16.15 cm, dicho tratamiento (80 cm entre surcos y 40 cm entre plantas) proporcionó mejores condiciones favorables a las plantas (luz, agua, nutrientes y espacio físico) para un mejor crecimiento y desarrollo de las mismas; por otro lado la competencia entre plantas fue menor; en tanto que el tratamiento T1 registró el valor más bajo de 10.05 cm, donde existió mayor competencia entre plantas por luz, agua, nutrientes y espacio físico; mientras que los demás tratamientos presentaron valores intermedios.

A partir de la fase de grano lechoso (GL) hasta madurez fisiológica (MF) los tratamientos T15 y T13 registraron los mayores valores de longitud de panoja, obteniendo en la fase de MF valores de 23.73 y 23.68 cm respectivamente con relación al T1 que alcanzó un valor de 14.21 cm, siendo el valor más bajo registrado en 143 días después de la siembra. Estos resultados se pueden explicar al igual que en la anterior fase fenológica, donde las plantas tienen una menor competencia a un mayor espaciamiento entre surcos y plantas, lo que puede promover un mayor crecimiento de la panoja, resultados similares fueron encontrados por Alegría (1998) y Rivero (1985).

4.2.4. Diámetro de panoja (mm)

Para el carácter diámetro de panoja los cuadrados medios del análisis de varianza debido a los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas estudiadas se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. ANVA (cuadrados medios) para el diámetro de panoja debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

FV	GL	Desp.Panoja (DP)	Floración (FL)	Gr. Lechoso (GL)	Gr.Masoso (GM)	Mad.Fisiológ. (MF)
Bloques	3	5.25 N.S.	11.93 N.S	104.91 N.S.	116.37 N.S.	116.64 N.S.
Esp.entre Surcos (A)	2	28.36 N.S.	30.95 N.S	247.97 N.S.	295.00 N.S.	294.90 N.S.
Error (a)	6	42.89	26.40	82.81	105.42	105.44
Esp.entre Plantas (B)	4	1.35 N.S.	4.18 N.S	60.57 **	85.82 **	85.82 **
Interacción (AxB)	8	4.74 N.S.	2.77 N.S	6.15 N.S.	7.64 N.S.	7.64
Error (b)	36	2.66	3.42	8.95	10.89	10.89
Total	59					
CV		10.48%	7.35%	6.77%	7.20%	7.20%

N.S. No significativo

** Altamente significativo

CV Coeficiente de variación

Para el diámetro de panoja, los coeficientes de variación indican la confiabilidad de los datos tomados en campo en las 5 fases fenológicas estudiadas. El análisis de varianza determinó diferencias no significativas para el factor espaciamiento entre surcos y las interacciones del factor A con el factor B en las fases de DP hasta la fase de MF; mientras que para el factor espaciamiento entre plantas se encontraron diferencias no significativas en las fases de DP y FL, puesto que las plantas aumentaron más en tamaño y el aumento del diámetro de la panoja fue mínimo. A partir de la fase de GL hasta la fase de MF se observan diferencias altamente significativas, debido a que en estas fases los compuestos orgánicos se van a concentrar en la panoja para formar los frutos y como consecuencia de esta actividad el diámetro de panoja se va incrementar.

4.2.4.1. Efecto del espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

En la figura 11, se observa el comportamiento del diámetro de panoja como efecto del espaciamiento entre surcos y plantas considerando las fases fenológicas de despunte de panoja (DP) hasta madurez fisiológica (MF).

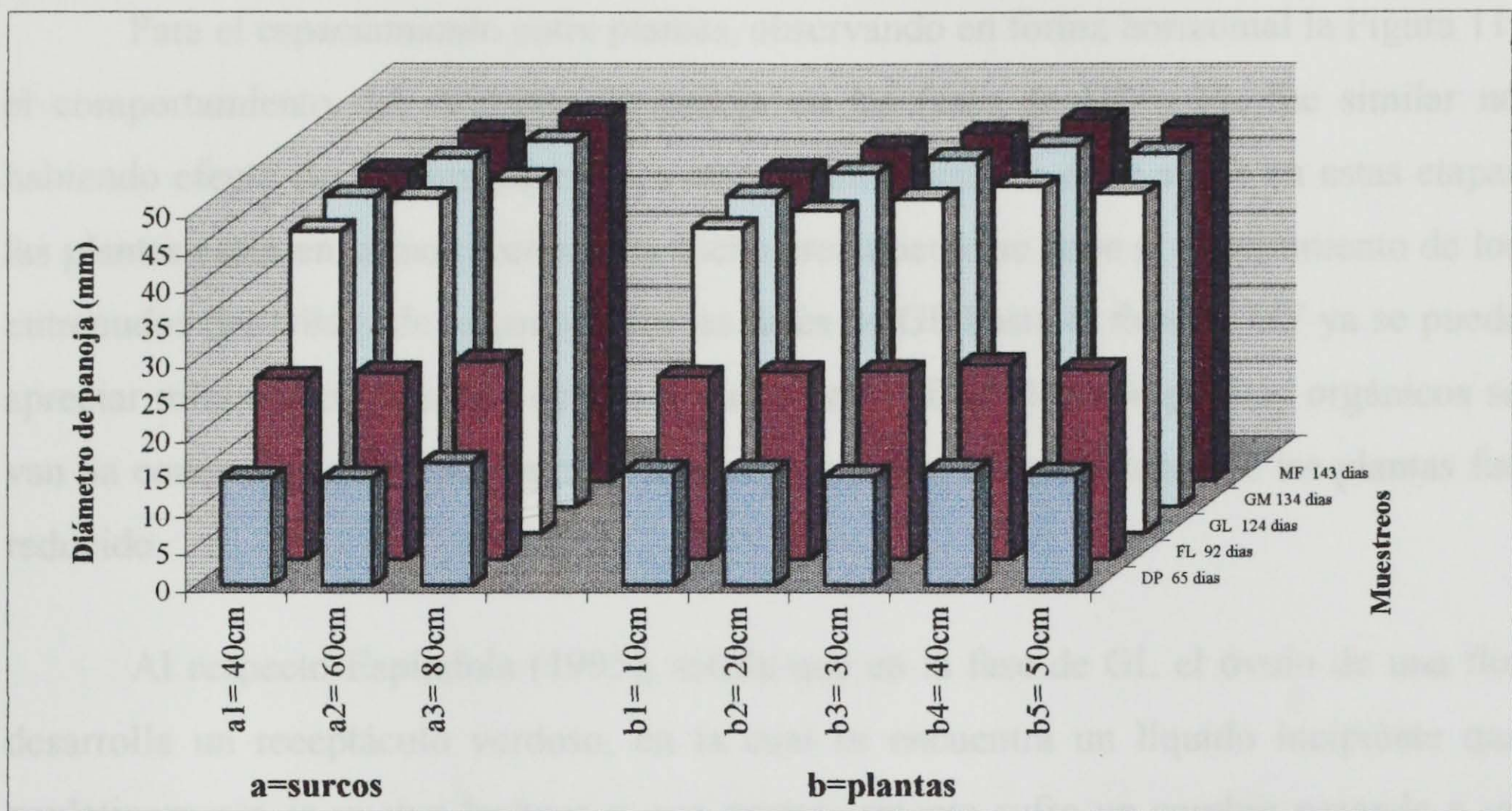


Figura 11. Diámetro de panoja como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

Se observa que, para el factor espaciamiento entre surcos, en las fases fenológicas de DP y FL los espaciamientos de 80 cm entre surcos registraron los mayores valores de 16.41 mm y 26.51 mm, seguido de los espaciamientos de 60 y 40 cm entre surcos con valores de 14.36, 24.85 mm y 14.35, 24.08 mm respectivamente. Similar comportamiento se observó en las fases fenológicas de GL, GM y MF, donde los espaciamientos de 80 cm entre surcos registraron los mayores promedios seguido por los espaciamientos de 60 y 40 cm entre surcos, llegando a obtener en la fase de la MF diámetros de panoja de 49.06, 46.79 y 41.57 mm respectivamente; este comportamiento indica que a medida que se aumentan los espacios entre surcos de 40, 60 a 80 cm hay también un incremento del diámetro de panoja, debido a la menor competencia de las plantas por luz, agua, nutrientes del suelo y espacio. Sin embargo las diferencias entre uno y otro valor son mínimas, razón por la cual no se encontraron diferencias significativas.

Resultados similares fueron encontrados por Rivero (1985) y Alegría (1998), quienes mencionan que los mayores espaciamientos entre surcos favorecen a un incremento en el diámetro de panoja, debido a una menor competencia de las plantas por nutrientes, luz, agua y otros elementos que están disponibles en el suelo.

Para el espaciamiento entre plantas, observando en forma horizontal la Figura 11, el comportamiento del diámetro de panoja en las fases de DP y FL fue similar no habiendo efecto de los espaciamientos entre plantas, esto se debe a que en estas etapas las plantas están en pleno crecimiento, dicho crecimiento se debe al elongamiento de los entrenudos del tallo y de la panoja. En las fases de GL hasta la fase de MF ya se puede apreciar mínimas diferencias, debido a que en estas fases los compuestos orgánicos se van a concentrar en la panoja para formar el grano y el crecimiento de las plantas fue reducido.

Al respecto Espíndola (1995), señala que en la fase de GL el óvulo de una flor desarrolla un receptáculo verdoso, en la cual se encuentra un líquido incipiente que paulatinamente se vuelve lechoso y que posteriormente sufre un cambio pasando a un estado pastoso semisólido, este cambio ocurre a medida que el contenido de almidón va aumentando y solidificándose, mientras que el contenido de agua se va reduciendo a un rango de 15 a 20%. Esto explica el aumento en diámetro de panoja que lógicamente está influenciado por los espaciamientos entre plantas tal como se puede ver en el cuadro 12.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para comparar el diámetro de panoja debido al espaciamiento entre plantas (B), en las fases fenológicas de grano lechoso, grano masoso y madurez fisiológica

Esp. entre plantas Factor B	Grano Lechoso (GL)		Grano Masoso (GM)		Mad. Fisiológica (MF)	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
b4 = 40 cm	45.56	a	48.49	a	48.49	a
b5 = 50 cm	46.49	a b	47.40	a b	47.40	a b
b3 = 30 cm	44.81	a b	46.65	a b	46.65	a b
b2 = 20 cm	43.17	b c	44.85	b c	44.85	b c
b1 = 10 cm	40.79	c	41.66	c	41.66	c

La prueba de Duncan al 5% de significancia, muestra diferencias estadísticas para el factor espaciamiento entre plantas en las fases fenológicas de GL, GM y MF; en dichas fases los espaciamientos de 40 cm entre plantas registraron los mayores promedios de diámetro de panoja con un valor de 48.49 mm en la fase de MF, seguido de los espaciamientos de 50, 30, 20 y 10 cm entre plantas con valores de 47.40, 46.65, 44.85 y 41.66 mm de diámetro de panoja respectivamente, en 143 días después de la siembra.

Este comportamiento se debe al efecto de los espaciamientos entre plantas, las plantas al estar más distanciadas entre sí, la competencia por nutrientes del suelo, agua, luz y espacio fue menor, lo cual favoreció al diámetro de la panoja; mientras que en los menores espaciamientos (10 cm) entre plantas la competencia fue mayor y por ende el diámetro de panoja fue menor, resultados similares fueron encontrados por Blanco (1970) y Rivero (1985), quienes mencionan que el diámetro de panoja aumenta conforme se incrementan las distancias entre plantas, teniendo panojas muy bien conformadas y con mejor calidad de grano.

4.2.4.2. Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas

La influencia de los espaciamientos entre surcos y plantas sobre la variable diámetro de panoja como efecto de las interacciones en las 5 fases fenológicas estudiadas se muestra en la figura 12.

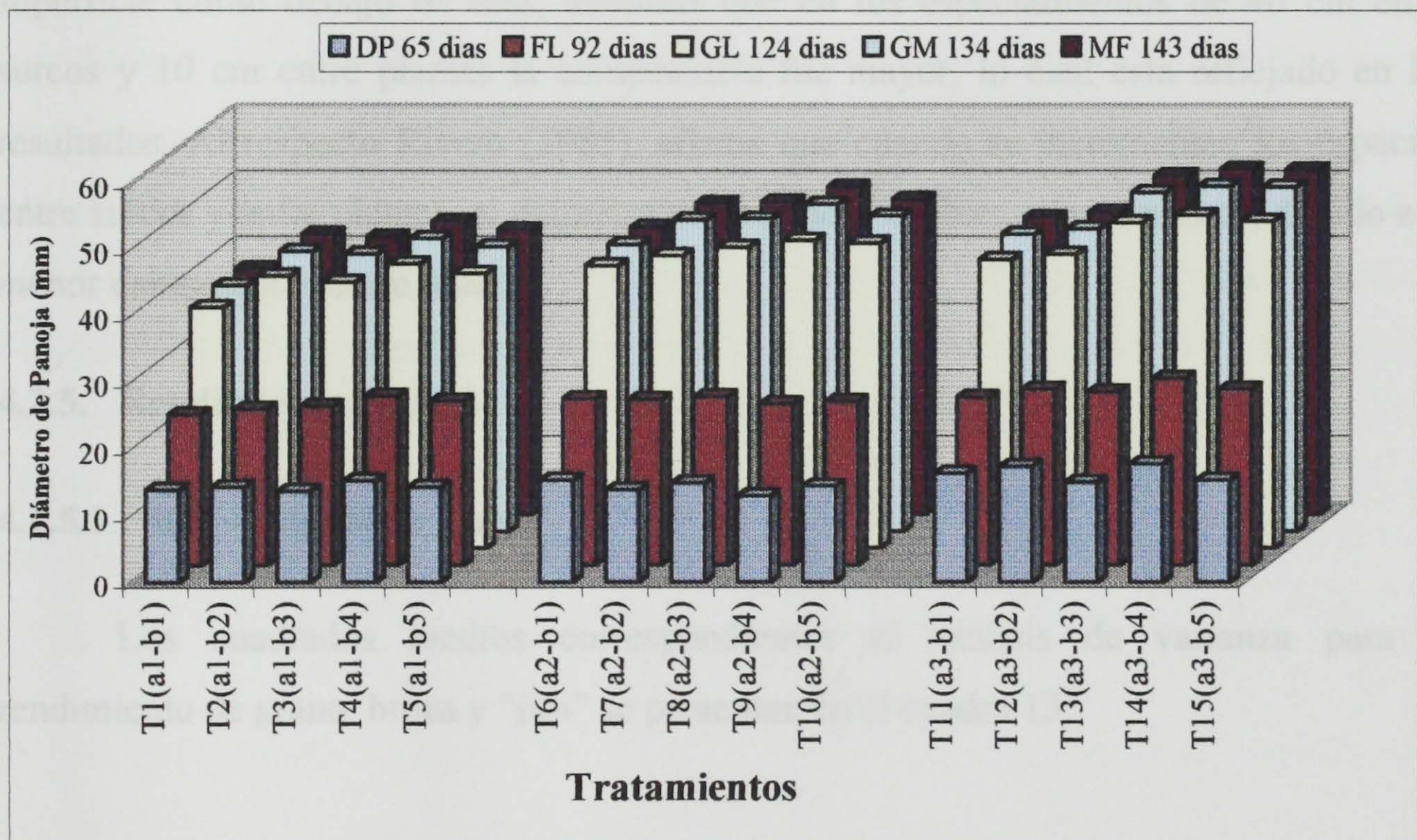


Figura 12. Diámetro de panoja como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos por los espaciamientos entre plantas

En las fases fenológicas de despunte de panoja (DP) y floración (FL) el comportamiento del diámetro de panoja fue casi similar para todos los tratamientos, en éstas fases las plantas registraron valores promedios de 15.04 y 25.15 mm de diámetro de panoja respectivamente. Esta similitud se debe posiblemente a que las plantas estaban en una etapa de crecimiento en altura y en longitud de panoja; pero a partir de la fase de grano lechoso (GL) hasta madures fisiológica (MF) el aumento del diámetro fue más visible debido a la formación del grano. En éstas fases el tratamiento T14 registró los mayores valores, obteniendo en la fase de MF un valor de 52.02 mm de diámetro con relación al tratamiento T1 que registró un valor de 37.02 mm, siendo el valor más bajo; mientras que los demás tratamientos obtuvieron valores intermedios.

La combinación de los espaciamientos de 80 cm entre surcos y 40 cm entre plantas favorecieron al incremento del diámetro de la panoja, debido a la menor competencia entre plantas por nutrientes del suelo, agua, luz y espacio físico tanto en la superficie como debajo de ésta, mientras que en los espaciamientos de 40 cm entre surcos y 10 cm entre plantas la competencia fue mayor, lo cual está reflejado en los resultados. Al respecto Rivero (1985), afirma que cuando se incrementan los espacios entre surcos y entre plantas, el diámetro de la panoja también se incrementa, debido a la menor competencia entre plantas.

4.2.5. Rendimiento (kg/ha)

4.2.5.1. Rendimiento de grano

Los cuadrados medios correspondientes al análisis de varianza para el rendimiento de grano, broza y "jipi" se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 13. ANVA (cuadrados medios) para rendimiento de grano, broza y “jipi” debido al espaciamiento entre surcos y plantas

FV	GL	Rendimiento grano (kg/ha)	Rendimiento broza (kg/ha)	Rendimiento jipi (kg/ha)
Bloques	3	2179268.38 N.S.	1090196.14 N.S.	946439.17 N.S.
Esp.entre Surcos (A)	2	510476.57 N.S.	263438.75 N.S.	368216.09 N.S.
Error (a)	6	1572922.05	1079220.46	653767.01
Esp.entre Plantas (B)	4	2045436.15 **	480718.43 **	275386.07 **
Interacción (AxB)	8	19977.14 N.S.	28248.15 N.S.	50568.07 N.S.
Error (b)	36	163664.69	73946.92	50622.29
Total	59			
CV		20.52%	23.14%	19.50%

N.S. No significativo

** Altamente significativo

CV Coeficiente de variación

El coeficiente de variación (CV) para el rendimiento de grano fue de 20.52%, indica que los datos obtenidos en campo son confiables puesto que la variación se ubica dentro los rangos de la investigación agrícola. Los cuadrados medios al 5% de significancia encontraron diferencias no significativas para el factor A, debido a que el error experimental es mayor en las parcelas grandes, de la misma forma no se encontraron diferencias significativas en la interacción de AxB; mientras que para el factor B se observan diferencias altamente significativas. Al respecto Calzada (1982) y Little y Hills (1991), mencionan que el error que corresponde al factor A es muy grande, esto hace que algunas veces habiendo diferencias notables entre los tratamientos del factor A no sean significativos y concluyen que la mayor precisión estará en las sub-parcelas factor B.

4.2.5.1.1. Rendimiento en función de los espaciamientos entre surcos y plantas

El rendimiento de grano como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas se muestra en la figura 13.

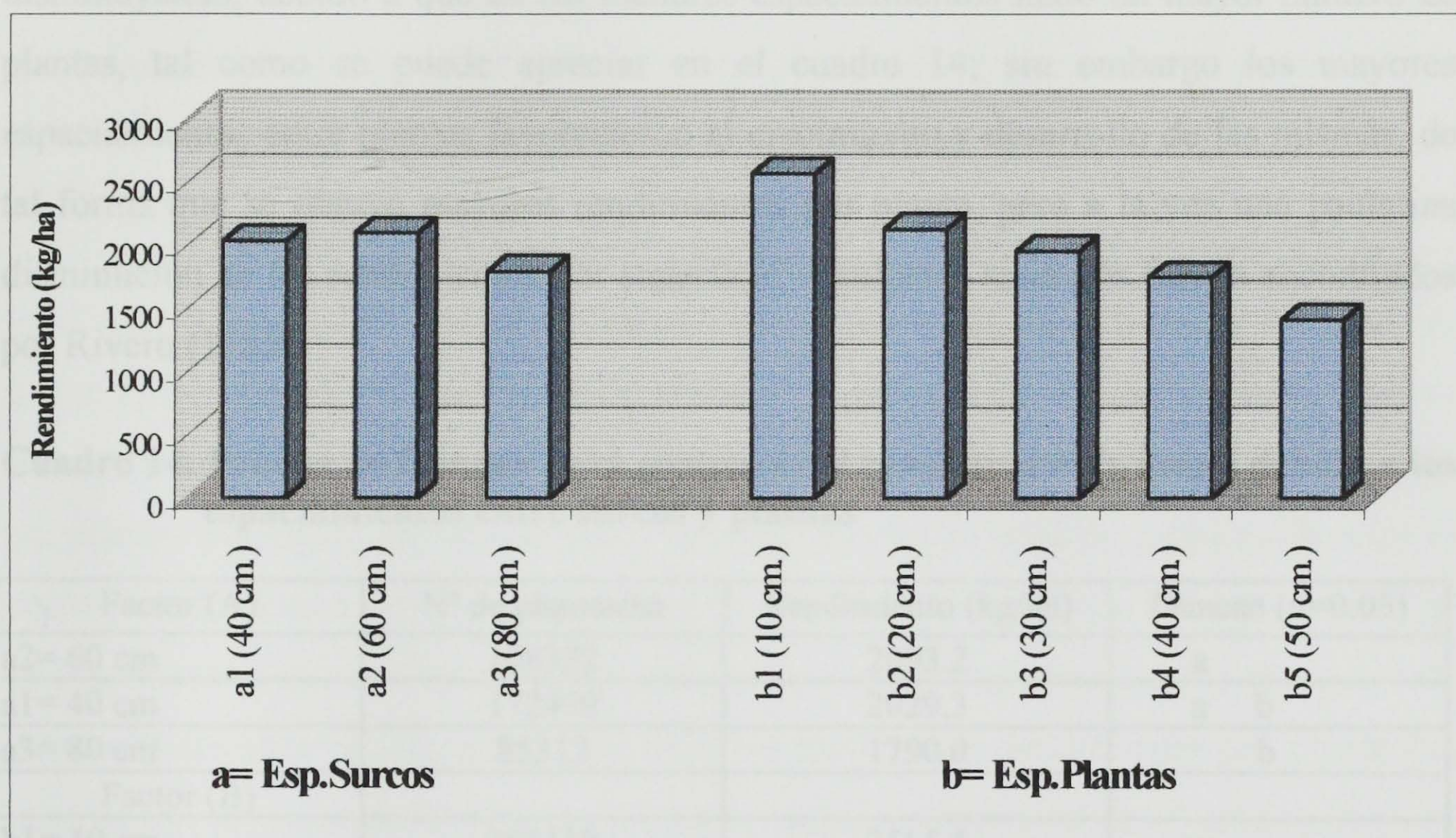


Figura 13. Rendimiento de grano en función del espaciamiento entre surcos y plantas

Los espaciamientos de 40 y 60 cm entre surcos reportaron valores casi similares, sin embargo el espaciamiento de 60 cm entre surcos obtuvo los mayores promedios de rendimiento de grano, siendo superior en un 16.9% respecto al rendimiento obtenido con el espaciamiento de 80 cm entre surcos; razón por la cual no se encontraron diferencias significativas, este comportamiento da a entender que dichos niveles de 40, 60 y 80 cm se han comportado en forma similar, resultados similares fueron encontrados por Jacobsen (1992) y Rivero (1985), quienes indican diferencias no significativas cuando trabajaron con diferentes espaciamientos de siembra, pero sí afirman que existe una competencia entre las plantas cuando los surcos están más estrechos.

Para los espaciamientos entre plantas se observa que los espaciamientos de 10 cm entre plantas registraron los mayores promedios de rendimiento con relación a los espaciamientos de 20, 30, 40 y 50 cm; por otra parte podemos mencionar que a medida que se aumentan los espacios entre plantas, los rendimientos por hectárea van disminuyendo, debido a que en los menores espaciamientos hubo un mayor número de plantas, tal como se puede apreciar en el cuadro 14; sin embargo los mayores espaciamientos entre plantas favorecieron al crecimiento y desarrollo de las mismas, de tal forma que se obtuvo mayores rendimientos por planta, pero a la vez una paulatina disminución de los rendimientos por superficie, resultados similares fueron encontrados por Rivero (1985).

Cuadro 14. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de grano debido a los espaciamientos entre surcos y plantas

Factor (A)	Nº de plantas/ha	Rendimiento (kg/ha)	Duncan ($\alpha=0.05$)
a2= 60 cm	108332	2093.2	a
a1= 40 cm	172499	2029.3	a b
a3= 80 cm	85312	1790.0	b
Factor (B)			
b1= 10 cm	261110	2565.5	a
b2= 20 cm	130989	2125.3	b
b3= 30 cm	90625	1952.7	b c
b4= 40 cm	69834	1440.9	c d
b5= 50 cm	57681	1403.3	d

La prueba de Duncan al 5% de significancia muestra que el nivel de 60 cm de espacio entre surcos, con un menor número de plantas (108332 plantas/ha) registró el mayor rendimiento, con un valor de 2093.2 kg de grano/ha con relación al nivel de 40 cm de espacio entre surcos, que presentó un mayor número de plantas (172499 plantas/ha) con un rendimiento de 2029.3 kg de grano/ha; la diferencia entre ambos valores no es tan grande como para que exista una diferencia estadística. Finalmente el nivel de 80 cm entre surcos con 85312 plantas/ha obtuvo un rendimiento de 1790.0 kg de grano/ha, siendo estadísticamente igual al nivel de 40 cm entre surcos pero diferente del nivel de 60 cm entre surcos.

Los resultados muestran claramente que en el nivel de 40 cm de espacio entre surcos, la competencia por nutrientes del suelo, agua, luz y espacio físico fue mayor en relación a los niveles de 60 y 80 cm que favorecieron al crecimiento y desarrollo de las plantas; resultados similares fueron encontrados por Blanco (1970), quien menciona que a espaciamientos de 60 y 80 cm entre surcos se obtienen mayores rendimientos, debido a que las plantas están más espaciadas entre sí y por lo tanto habrá un mayor porcentaje de plantas grandes cuyo rendimiento por planta será también mayor.

Las diferencias observadas en el rendimiento de grano se deben principalmente a los niveles de espaciamientos entre surcos y el número de plantas para cada uno de ellos, de tal forma que el uso de un mayor número de plantas por unidad de superficie no siempre produciría un aumento en el rendimiento de grano ya que existe competencia de las plantas por agua, luz y nutrientes principalmente, lo cual se pudo evidenciar al obtener rendimientos menores con el nivel de 40 cm entre surcos con relación al nivel de 60 cm; mientras que el nivel de 80 cm entre surcos estuvo influenciado por el número de plantas al registrar un menor rendimiento, sin embargo el rendimiento por planta fue superior con un valor de 29.98 gramos/planta, seguido por el nivel de 60 cm entre surcos con 19.32 gramos/planta y finalmente el nivel de 40 cm entre surcos con un valor de 11.76 gramos/planta.

Al respecto Blanco (1970) y Rivero (1985), mencionan que a mayores espaciamientos entre surcos existirá un menor grado de competencia entre las plantas y por lo tanto el rendimiento por planta será mayor; con el menor espaciamiento sucederá lo contrario y los rendimientos por planta serán menores. Por su parte Risi (1986), citado por Alegría (1998), acota que a medida que se aumentan los espacios entre surcos de 40, 60 a 80 cm, hay también un aumento en la producción por planta, teniendo plantas más vigorosas, con mayor longitud de panoja, mayor diámetro de panoja y mejor calidad de grano.

Por medio de la prueba de Duncan, para los niveles de los espaciamientos entre plantas se identificaron cuatro grupos diferentes para esta variable, el de mejor rendimiento corresponde al nivel de 10 cm entre plantas con 2565.5 kg de grano/ha en promedio y 261110 plantas/ha, mientras que el rendimiento más bajo fue registrado con el nivel de 50 cm entre plantas con 1403.3 kg de grano/ha y 57681 plantas/ha; los restantes niveles fueron intermedios y alcanzaron a producir entre 1740.9 a 2125.3 kg de grano/ha en promedio y con un número de plantas que varió entre 69834 a 130989 plantas/ha.

Esta variación de los rendimientos se debe fundamentalmente a los niveles de los espacios entre plantas y el número de plantas para cada nivel, donde el número de plantas tuvo mayor influencia que los espacios entre las plantas, obteniendo de esta manera mayores rendimientos con los menores espaciamientos entre plantas; sin embargo los mayores espaciamientos entre plantas ofrecerán un mayor número de condiciones favorables (espacio, luz, agua, nutrientes, etc.) para un buen crecimiento y desarrollo, ya que en general presentaron mayor altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja, teniendo menor grado de competencia entre plantas y por lo tanto el rendimiento por planta fue mayor. Al respecto Blanco (1970) y Rivero (1985), mencionan que cuando las plantas están más espaciadas entre sí, la competencia entre plantas es menor y por lo tanto se tendrá mayor altura de planta, diámetro de panoja, longitud de panoja y los rendimientos por planta se incrementan.

4.2.5.1.2. Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas

El rendimiento de grano como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos y plantas se muestra en la figura 14.

El tratamiento T6 registró el mayor rendimiento con un valor de 2708.5 kg de grano/ha, seguido de los tratamientos T1 y T11 con rendimientos de 2557.2 y 2430.7 kg de grano/ha respectivamente, mientras que los rendimientos más bajos fueron registrados por los tratamientos T15, T10 y T5, con valores de 1124.3, 1561.4 y 1653.3 kg de grano/ha respectivamente.

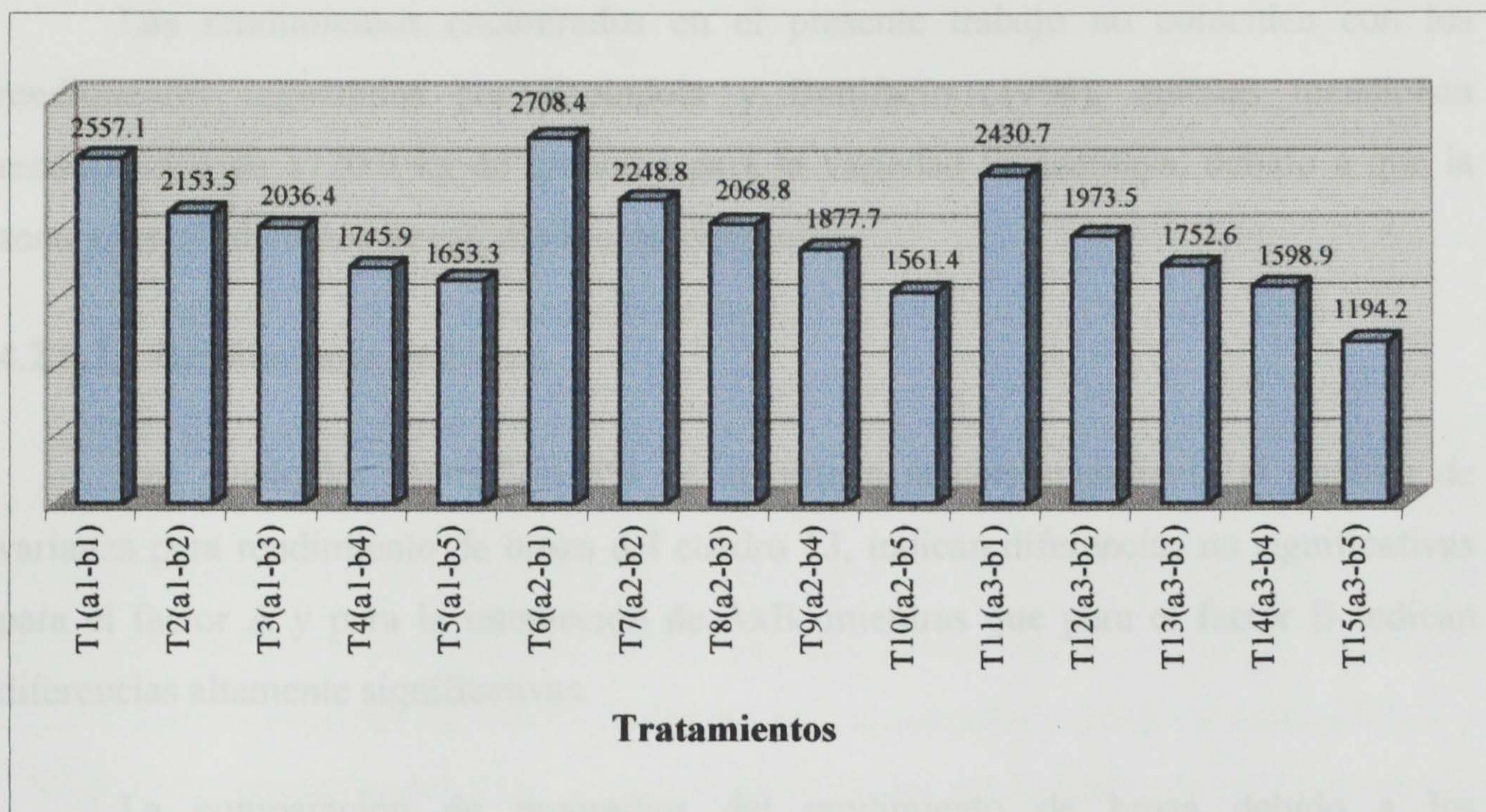


Figura 14. Rendimiento de grano como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas

La superioridad del tratamiento T6 se debe al espaciamiento de los surcos (60 cm), que ofrecieron mejores condiciones favorables (espacio, luz, agua, nutrientes, etc.) para el desarrollo de las plantas y que al combinarse con el espaciamiento de 10 cm entre plantas obtuvieron el mayor rendimiento en relación al tratamiento T1 donde el espaciamiento entre surcos fue menor, existiendo una mayor competencia entre plantas.

Si bien las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas, la preferencia para usar uno u otro espaciamiento entre surcos y plantas, lógicamente recaería en los espaciamientos de 60 cm entre surcos y 10 cm entre plantas, ya que con estos espaciamientos se registraron los mayores rendimientos, además que el espaciamiento de 60 cm entre surcos ofrece una serie de ventajas como: el uso de maquinaria, facilidad en labores de deshierbe, aplicación de fertilizantes y agroquímicos y menor peligro de dañar a las plantas; por otra parte en los mayores espaciamientos entre surcos y plantas, se tendrán plantas más vigorosas, con mayor diámetro de tallo, mayor longitud de panoja, mayor diámetro de panoja y mejor calidad de grano, resistentes al acame por efecto de los fuertes vientos del altiplano.

Los rendimientos encontrados en el presente trabajo no coinciden con los rendimientos registrados por Espíndola y Bonifacio (1996), quienes mencionan rendimientos de 2120.0 kg de grano/ha para la variedad Patacamaya, debido a que la zona y las condiciones de estudio fueron diferentes.

4.2.5.2. Rendimiento de broza

Los cuadrados medios al 5% de significancia correspondiente al análisis de varianza para rendimiento de broza del cuadro 13, indican diferencias no significativas para el factor A y para la interacción de AxB, mientras que para el factor B indican diferencias altamente significativas.

La comparación de promedios del rendimiento de broza debido a los espaciamientos entre surcos y plantas se presenta en el cuadro 15.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de broza debido al espaciamiento entre surcos y plantas

Factor (A)	Nº de plantas/ha	Rendimiento (kg/ha)	Duncan ($\alpha=0.05$)
a2= 60 cm	108332	1261.0	a
a1= 40 cm	172499	1219.3	a
a3= 80 cm	85312	1044.7	b
Factor (B)			
b1= 10 cm	261110	1475.4	a
b2= 20 cm	130989	1205.9	b
b3= 30 cm	90625	1170.0	b
b4= 40 cm	69834	1100.0	b c
b5= 50 cm	57681	923.0	c

A través, de la prueba de Duncan al 5% de significancia se identificaron dos grupos estadísticamente diferentes para el factor A, donde los mayores rendimientos de broza se obtuvieron con los espaciamientos de 60 cm entre surcos con un valor de 1261.0 kg/ha, seguido del espaciamiento de 40 cm entre surcos que registró un valor de 1219.3 kg/ha, siendo estos dos valores estadísticamente iguales; mientras que el espaciamiento de 80 cm entre surcos obtuvo un rendimiento de 1044.7 kg/ha diferente a los anteriores espaciamientos.

Estas diferencias se deben a que en los espaciamientos de 60 cm entre surcos las plantas alcanzaron mayores alturas con relación a los espaciamientos de 40 cm entre surcos; por otro parte los espaciamientos de 80 cm entre surcos, si bien alcanzaron mayores alturas de planta, sin embargo registraron los menores rendimientos debido a que el número de plantas por hectárea fue menor.

La prueba de Duncan, para el factor B muestra tres grupos estadísticamente diferentes, donde el espaciamiento de 10 cm entre plantas obtuvo el mayor rendimiento de broza con un valor de 1475.4 kg/ha, mientras que los rendimientos más bajos fueron registrados por los espaciamientos de 50 cm entre surcos con 923.0 kg/ha, los demás espaciamientos presentaron valores intermedios y alcanzaron a producir entre 1100.0 y 1205.9 kg/ha en promedio. Esta respuesta positiva del rendimiento de broza al menor espaciamiento entre plantas responde a la biomasa de un mayor número de plantas por área y no así a la biomasa por planta.

4.2.5.2.1. Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas

El rendimiento de broza como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos y plantas se muestra en la figura 15.

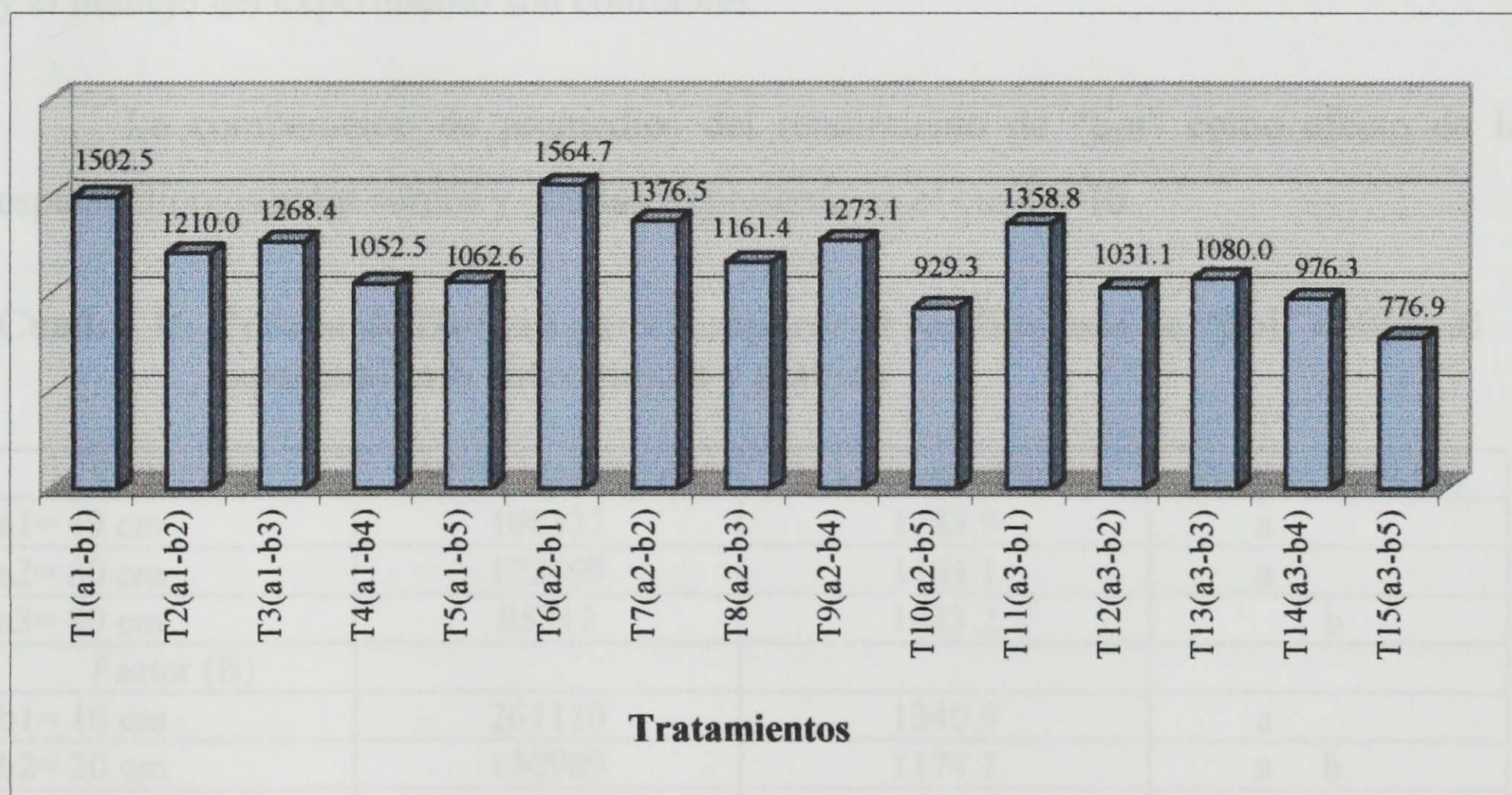


Figura 15. Rendimiento de broza como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas

Se observa, que los tratamientos que corresponden al nivel de 60 cm entre surcos presentaron un rendimiento mayor de broza con un promedio de 1261.0 kg/ha, seguido por los tratamientos del nivel de 40 cm entre surcos que registraron un promedio de 1219.2 kg/ha y finalmente los tratamientos del nivel de 80 cm entre surcos reportaron un promedio de 1044.6 kg/ha. Estas diferencias se deben a que, en los espaciamientos de 60 cm entre surcos las plantas alcanzaron mayores alturas, debido a la menor competencia entre plantas por luz, agua y nutrientes, lo cual resulto en mayores rendimientos en broza. Las diferencias encontradas entre uno y otro tratamiento son mínimas, razón por la cual la interacción de los dos factores en estudio no es estadísticamente significativa.

4.2.5.3. Rendimiento de “jipi”

Los cuadrados medios correspondientes al análisis de varianza para el rendimiento de “jipi” al 5% de significancia del cuadro 13, encontraron diferencias no significativas para el factor A y para la interacción de AxB, mientras que para el factor B se encontraron diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación (CV) para el rendimiento de “jipi” fue de 19.50%, lo cual se encuentra dentro de los rangos admitidos para la investigación de campo, por lo que se considera que los datos tomados y el manejo del experimento son confiables.

La comparación de promedios del rendimiento de “jipi” como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas se presenta en el cuadro 16.

Cuadro 16. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de “jipi” debido al espaciamiento entre surcos y plantas

Factor (A)	Nº de plantas/ha	Rendimiento (kg/ha)	Duncan ($\alpha=0.05$)
a1= 40 cm	108332	1283.9	a
a2= 60 cm	172499	1164.1	a
a3= 80 cm	85312	1013.2	b
Factor (B)			
b1= 10 cm	261110	1340.9	a
b2= 20 cm	130989	1174.7	a b
b3= 30 cm	90625	1209.1	a b
b4= 40 cm	69834	1118.2	b
b5= 50 cm	57681	825.7	c

Se identificaron dos grupos estadísticamente diferentes para el factor espaciamientos entre surcos, donde los mayores rendimientos de “jipi” se obtuvieron con los espaciamientos de 40 cm entre surcos con un valor de 1283.9 kg/ha, seguido del espaciamiento de 60 cm entre surcos que registró un valor de 1164.1 kg/ha, siendo estos dos valores estadísticamente iguales; mientras que el espaciamiento de 80 cm entre surcos obtuvo un rendimiento de 1013.2 kg/ha diferente a los anteriores espaciamientos. Estas diferencias se deben a que en los espaciamientos de 40 cm entre surcos, existió un mayor número de plantas por hectárea con relación a los espaciamientos de 60 y 80 cm entre surcos.

La prueba de Duncan, muestra diferencias para el factor espaciamientos entre plantas, se identificaron tres grupos estadísticamente diferentes; donde el espaciamiento de 10 cm entre plantas obtuvo el mayor rendimiento de “jipi” con un valor de 1340.9 kg/ha, en tanto que los rendimientos más bajos fueron registrados por los espaciamientos de 50 cm entre surcos con 925.7 kg/ha, los demás espaciamientos presentaron valores intermedios, cuyos rendimientos variaron entre 1118.2 y 1209.1 kg/ha en promedio. Esta respuesta positiva del rendimiento de “jipi” a la menor distancia entre plantas responde a la biomasa de un mayor número de plantas por área y no así a la biomasa por planta.

4.2.5.3.1. Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas

El rendimiento de “jipi” como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos y plantas se muestra en la figura 16.

La figura muestra, que los tratamientos que corresponden al nivel de 40 cm entre surcos presentaron un rendimiento mayor de “jipi” con un promedio de 1283.9 kg/ha, seguido por los tratamientos del nivel de 60 cm entre surcos que registraron un promedio de 1164.1 kg/ha y finalmente los tratamientos del nivel de 80 cm entre surcos reportaron un promedio de 1013.1 kg/ha.

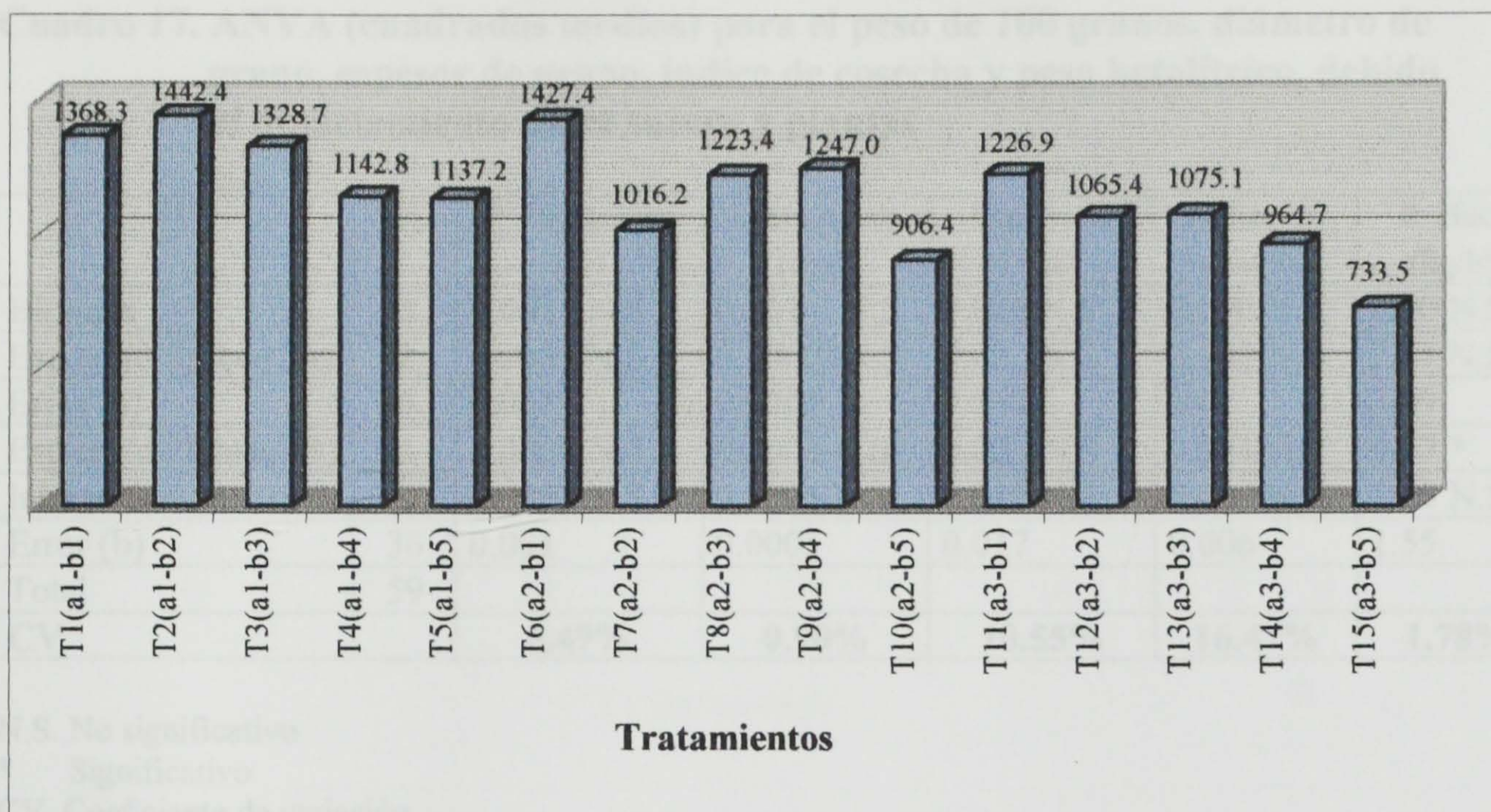


Figura 16. Rendimiento de “jipi” como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas

Las diferencias de los rendimientos en los niveles de estudio son mínimas, razón por la cual no existen diferencias significativas para la interacción; sin embargo el nivel de 40 cm entre surcos registró un mayor rendimiento, debido a un mayor número de plantas por hectárea, por lo que se asume que los órganos de las plantas (perigonios, pedicelos, hojas apicales, etc.) que forman parte del “jipi” fue también mayor.

4.2.6. Peso de 100 granos (gr)

Los cuadrados medios correspondientes al análisis de varianza para el peso de 100 granos, diámetro de grano, espesor de grano, índice de cosecha y peso hectolítrico se presenta en el cuadro 17.

La figura muestra que el tratamiento T13 registró el mayor peso con un valor de 0.577 gramos, seguido de los tratamientos T3, T8 y T14 que registraron un mismo valor de 0.572 gramos, mientras que el tratamiento T9 obtuvo un peso de 0.555 gramos, siendo este valor el más bajo en relación a los demás tratamientos, el resto de los tratamientos presentan valores intermedios. La diferencia entre los valores de los tratamientos es mínima, razón por la cual no se encuentran diferencias estadísticas para los factores en estudio y la interacción de ambos.

Cuadro 17. ANVA (cuadrados medios) para el peso de 100 granos, diámetro de grano, espesor de grano, índice de cosecha y peso hectolítrico, debido al espaciamiento entre surcos y plantas

FV	GL	P. 100 granos (gr)	Diám.grano (mm)	Esp.grano (mm)	Índice de cosecha	P. Hect. (kg/hl)
Bloques	3	0.002 N.S	0.001 N.S	0.025 N.S	0.006 N.S	1.30 N.S
Esp.entre Surcos (A)	2	0.0003 N.S	0.00003N.S	0.02 N.S	0.002 N.S	2.67 N.S
Error (a)	6	0.001	0.0003	0.015	0.01	3.09
Esp.entre Plantas (B)	4	0.0003 N.S	0.0006 N.S	0.02 N.S	0.004 N.S	4.57 *
Interacción (Ax B)	8	0.0001 N.S	0.0005 N.S	0.017 N.S	0.006 N.S	1.19 N.S
Error (b)	36	0.001	0.0005	0.017	0.006	1.55
Total	59					
CV		6.49%	0.90%	10.55%	16.47%	1.78%

N.S. No significativo

* Significativo

CV Coeficiente de variación

Para la variable peso de 100 granos, los cuadrados medios, indican diferencias no significativas para los factores espaciamientos entre surcos y plantas, de la misma manera no se encontraron diferencias significativas para la interacción de ambos factores en estudio, resultados similares fueron encontrados por Alegría (1998) y Rivero (1985), al trabajar con diferentes espaciamientos de siembra; a su vez, el coeficiente de variación de 6.49% refleja la confiabilidad de los datos tomados y en general del manejo del experimento, puesto que el peso fue registrado en una balanza de precisión de diez milésimas de gramo.

4.2.6.1. Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas

El peso de 100 granos como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos y plantas se presenta en la figura 17.

La figura muestra que el tratamiento T15 registró el mayor peso con un valor de 0.577 gramos, seguido de los tratamientos T3, T8 y T14 que reportaron un mismo valor de 0.572 gramos, mientras que el tratamiento T9 obtuvo un peso de 0.555 gramos, siendo este valor el más bajo en relación a los demás tratamientos; el resto de los tratamientos presentan valores intermedios. La diferencia entre los valores de los tratamientos es mínima, razón por la cual no se encontraron diferencias estadísticas para los factores en estudio y la interacción de ambos.

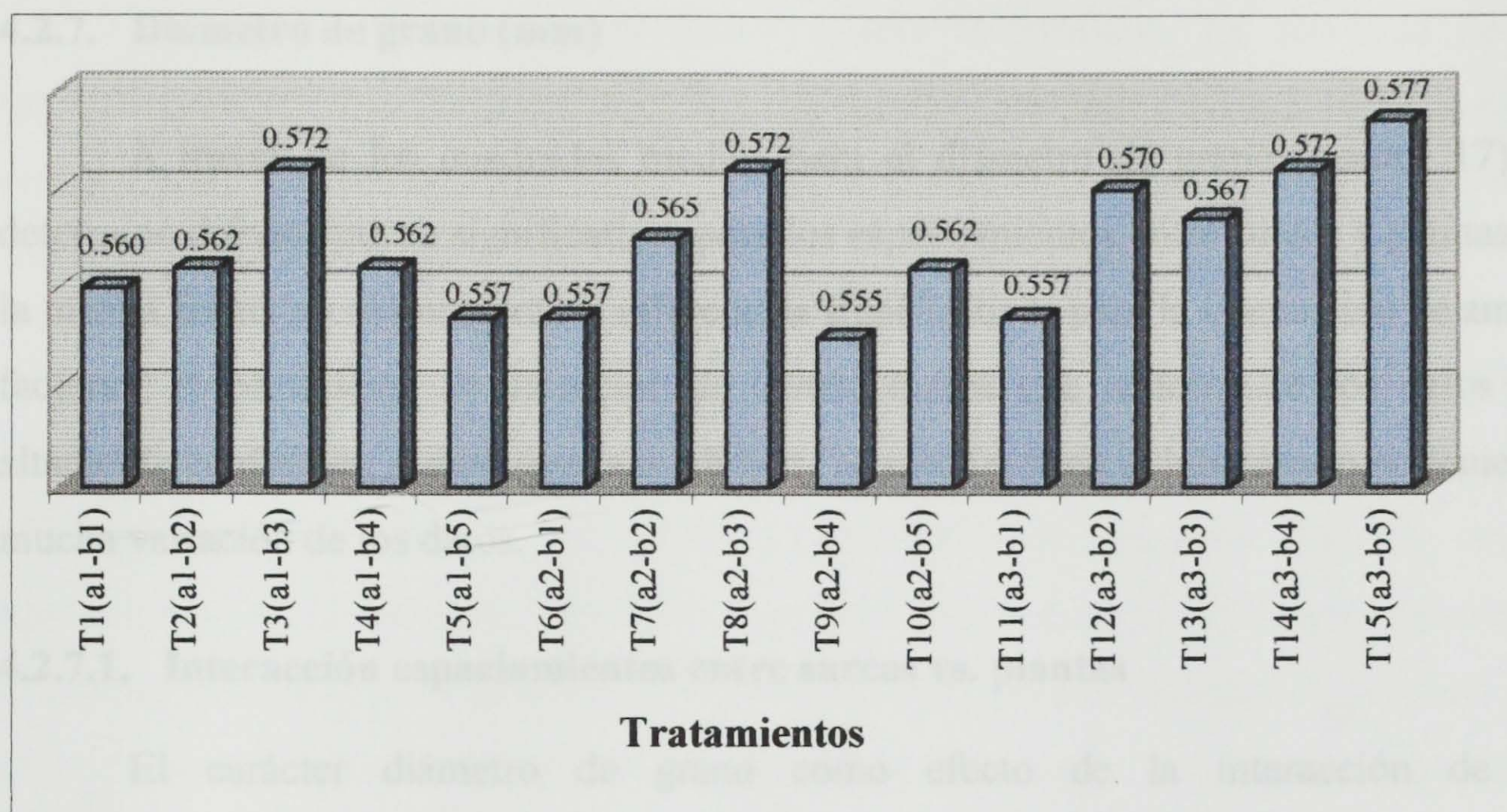


Figura 17. Peso de 100 granos como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas

Los espaciamientos de 80 cm entre surcos y 50 cm entre plantas favorecieron al peso de 100 granos, sin embargo la diferencia entre los diferentes tratamientos es mínima, esta similitud se debe posiblemente a la uniformidad en tamaño, llenado y cuajado de la semilla y a la expresión de sus características genéticas propias de la variedad. Al respecto Riquelme (1998), menciona que el peso del grano de quinua esta afectado por el tamaño de las semillas y a su vez es de tipo genético. Por su parte Rojas (1998), sostiene que el peso de 100 granos, se encuentra muy asociado con el diámetro de grano, el mismo que determinó una variación de peso de 100 granos entre 0.12 y 0.60 gramos.

El promedio de peso de 100 granos encontrado con el tratamiento T15 (0.577gr), fue superior en un 32% al promedio general registrado por Espíndola y Bonifacio (1996), para la variedad Patacamaya, esta diferencia se debe a que los espaciamientos entre surcos y plantas proporcionaron mayores condiciones favorables a las plantas como: luz, agua y nutrientes principalmente; sobre este punto Rodríguez (1991), indica que el tamaño máximo de la semilla dentro de cada especie o variedad está, en función directa del aporte de sustancias nutritivas y agua.

4.2.7. Diámetro de grano (mm)

A través de los cuadrados medios para el diámetro de grano (cuadro 17), se determinó diferencias no significativas para los espaciamientos entre surcos y plantas, de la misma forma no se encontraron diferencias significativas para la interacción de ambos factores; el coeficiente de variación de 0.90% indica que la toma de los datos son altamente confiables, puesto que la medición fue efectuada en el laboratorio no teniendo mucha variación de los datos.

4.2.7.1. Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas

El carácter diámetro de grano como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos y plantas se presenta en la figura 18.

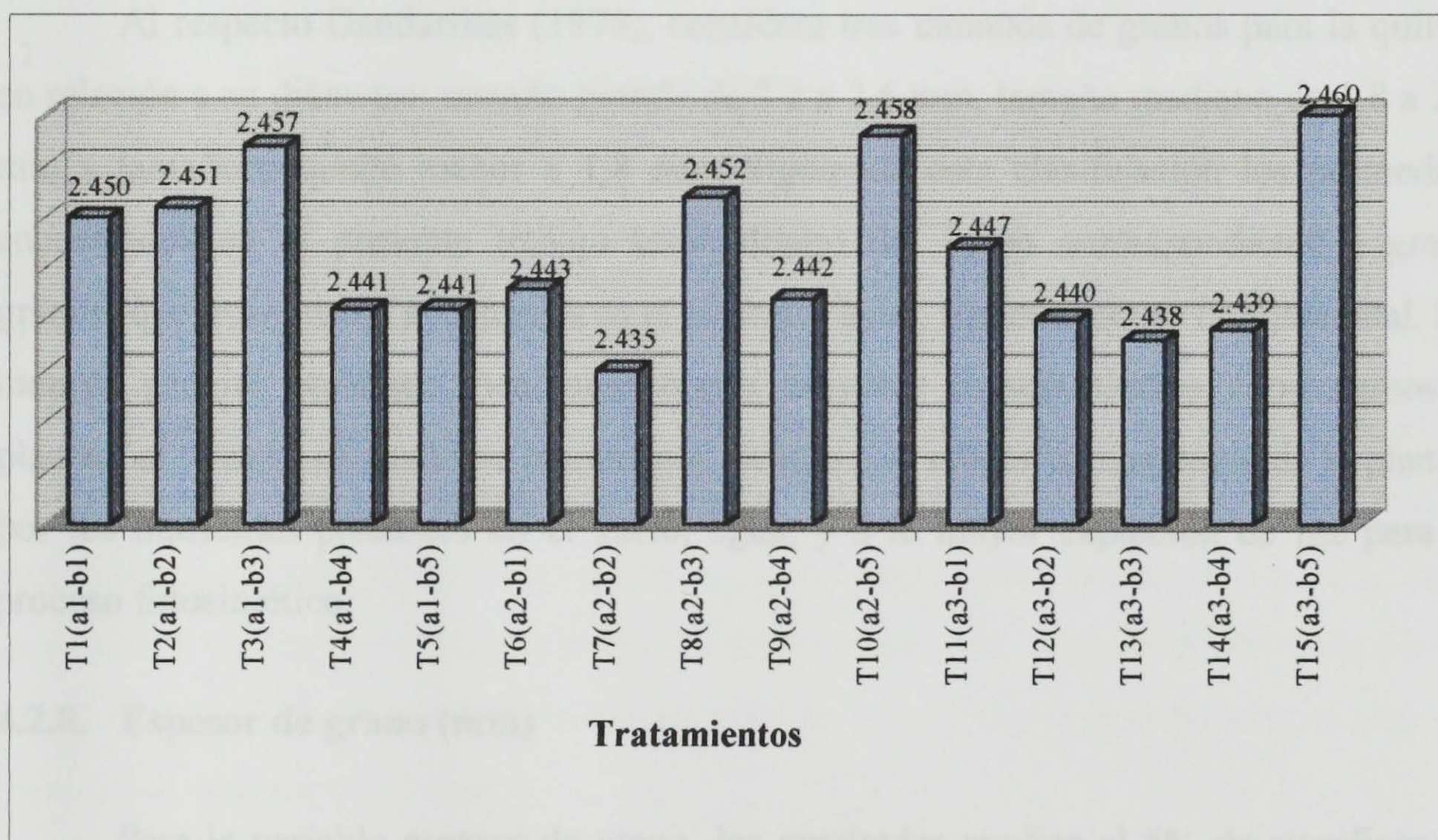


Figura 18. Diámetro de grano como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas

El tratamiento T15 sobresalió con un diámetro de grano de 2.460 mm, siendo mínimamente superior a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T10 y T3 que alcanzaron valores de 2.458 y 2.457 mm respectivamente con relación al tratamiento T7 que presentó un valor de 2.435 mm, siendo el valor más bajo registrado.

Los demás tratamientos presentan valores intermedios. La similitud de los resultados obtenidos, hace que no existan diferencias significativas para los factores en estudio y su interacción, ya que la variedad expresó sus características genéticas y fenotípicas en su plenitud.

Al obtener un mayor promedio de diámetro de grano con el tratamiento T15, se confirma la relación que existe con el peso de 100 granos, lo cual coincide con la afirmación realizada por Rojas (1998). El promedio de diámetro obtenido con el tratamiento T15 (2.460 mm), resulta ser también superior en un 6.5% con relación al promedio registrado por Espíndola y Bonifacio (1996), para la variedad Patacamaya; los mismos autores mencionan que esta variedad se caracteriza por presentar un grano grande.

Al respecto Gandarillas (1979), considera tres tamaños de granos para la quinua en relación a su diámetro: tamaño grande de 2.2 a 2.6 mm, tamaño mediano de 1.8 a 2.1 mm y tamaño pequeño menor a 1.8 mm. Siguiendo esta clasificación los promedios encontrados en el presente trabajo están dentro del rango correspondiente a grano grande, que tiene buena aceptación en el mercado local, nacional como internacional. De manera general podemos mencionar que a mayores espaciamientos entre surcos y plantas, el tamaño de grano se incrementa, debido a la menor competencia de la plantas por los nutrientes presentes en el suelo, agua, y a la mayor captación de luz para el proceso fotosintético.

4.2.8. Espesor de grano (mm)

Para la variable espesor de grano, los cuadrados medios al 5% de significancia del cuadro 17, muestran diferencias no significativas para los espaciamientos entre surcos y plantas, situación similar se encuentra en la interacción de ambos factores de estudio, a su vez el coeficiente de variación para esta variable fue de 10.55%, valor que refleja el buen manejo del material experimental y la precisión de las lecturas tomadas con el calibrador mecánico.

4.2.8.1. Interacción espaciamentos entre surcos vs. plantas

La variable espesor de grano como efecto de la interacción de los espaciamentos entre surcos y plantas se presenta en la figura 19.

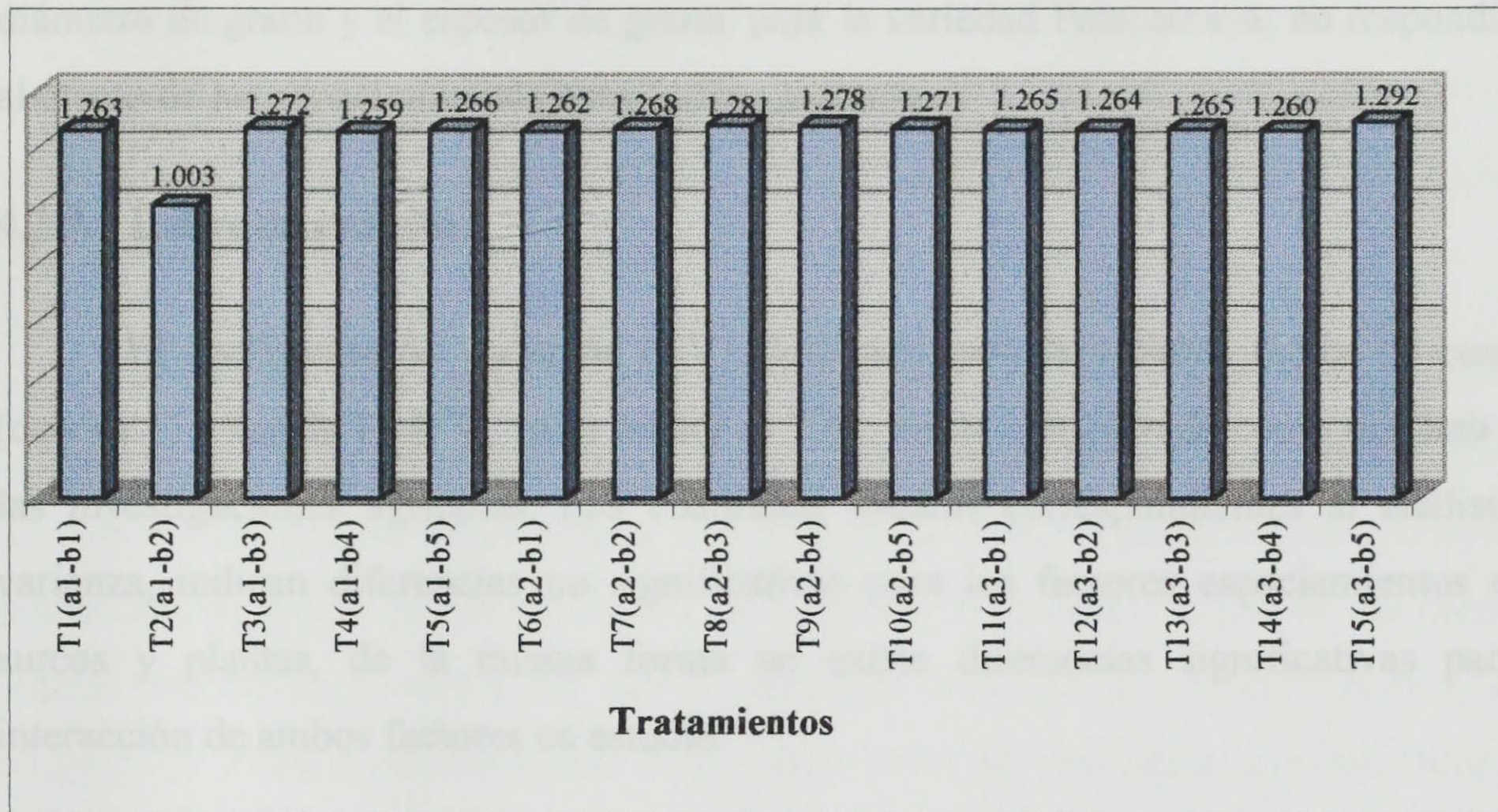


Figura 19. Espesor de grano como efecto de la interacción de los espaciamentos entre surcos vs. espaciamentos entre plantas

Se observa que todos los tratamientos presentaron valores similares de espesor de grano, con excepción del tratamiento T2 que registró un menor espesor de 1.003 mm en promedio, los demás tratamientos presentan valores que varían entre 1.259 y 1.292 mm; la similitud de los datos registrados en el presente estudio, se debe posiblemente a las características genéticas y fenotípicas propias de la variedad y a la homogeneidad del suelo y los factores climáticos.

Al respecto Riquelme (1998), afirma que la forma del grano es un carácter propio de la variedad; por otro lado indica que el espesor del grano es producto del suministro de los carbohidratos como resultado de la fotosíntesis y los elementos nutritivos absorbidos del suelo por la planta para su fisiología natural y que este carácter es afectado por la nutrición insuficiente, o que no fueron transformados en disponibles en la planta, producto de ello el grano es de baja calidad, el mismo que registró promedios de espesor de grano entre 1.152 y 1.300 mm.

El tratamiento T15 obtuvo un promedio de espesor de grano de 1.292 mm siendo mínimamente superior al resto de los tratamientos y al promedio general encontrado por Espíndola y Bonifacio (1996), quienes encontraron un espesor de 1.23 mm para la variedad Patacamaya. Finalmente podemos mencionar que el peso de 100 granos, el diámetro de grano y el espesor de grano, para la variedad Patacamaya, no respondieron al efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas.

4.2.9. Índice de cosecha

El coeficiente de variación (CV) alcanzado para la variable índice de cosecha (cuadro 17), fue de 16.47%, valor menor al 30%, limite considerado como máximo para las investigaciones agrícolas. Los cuadrados medios correspondientes al análisis de varianza, indican diferencias no significativas para los factores espaciamientos entre surcos y plantas, de la misma forma no existe diferencias significativas para la interacción de ambos factores en estudio.

4.2.9.1. Interacción espaciamientos entre surcos vs. plantas

El índice de cosecha como efecto de las interacciones de los espaciamientos entre surcos y plantas se presenta en la figura 20.

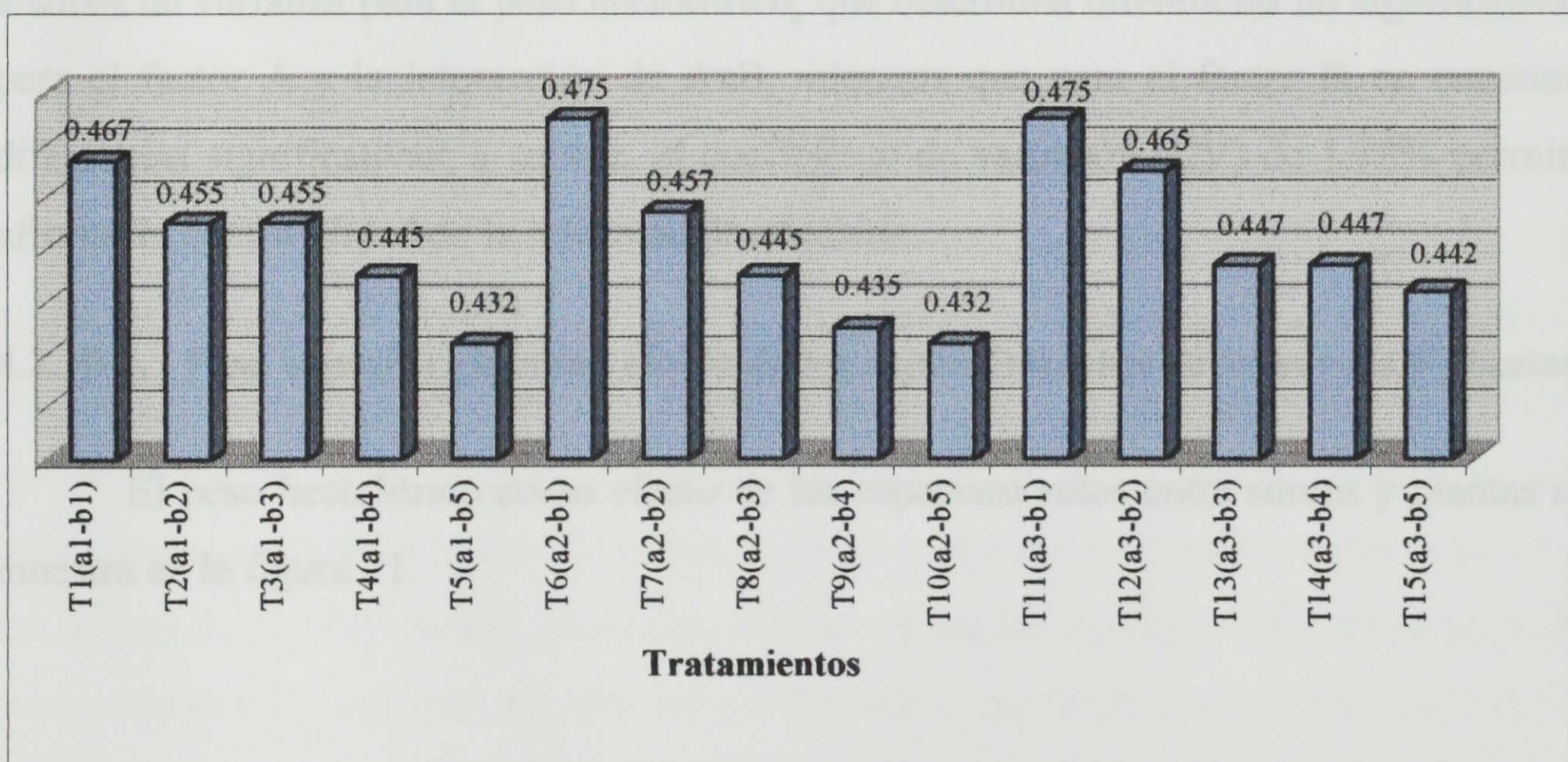


Figura 20. Índice de cosecha como efecto de la interacción de los espaciamientos entre surcos vs. espaciamientos entre plantas

En la figura, se puede apreciar que a medida que aumentan los espacios entre surcos y plantas, los valores de índice de cosecha se van reduciendo, debido a que las plantas al estar más espaciadas entre sí, tuvieron mayores condiciones favorables de luz, agua y nutrientes disponibles en el suelo que favorecieron al desarrollo de la fitomasa por planta. Los mayores índices de cosecha se obtuvieron con los tratamientos T6 y T11 que registraron un mismo valor de 0.475, seguido por el tratamiento T1 que reportó un valor de 0.467, en tanto que los tratamientos T5, T10 reportaron un valor similar de 0.432, siendo el promedio más bajo entre los demás tratamientos.

Si bien no se encontró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos estudiados, sin embargo los valores de índice de cosecha alcanzados con los tratamientos T1, T6 y T11, nos permiten afirmar que a menores espacios entre surcos y plantas, el porcentaje de grano respecto al peso de la planta (fitomasa) es mayor, lo contrario sucede cuando las plantas están más distanciadas entre sí. Al respecto Rivero (1985), encontró resultados similares para la variable índice de cosecha al estudiar diferentes espaciamientos de siembra.

4.2.10. Peso hectolítrico (kg/hl)

En el cuadro 17, se muestran los cuadrados medios al 5% correspondientes al análisis de varianza para el peso hectolítrico, que determina diferencias no significativas para el factor A y la interacción de AxB, mientras que para el factor B, se encontró diferencias significativas; a su vez, el coeficiente de variación (CV) de 1.78% permite afirmar la confiabilidad de la información obtenida.

4.2.10.1. Peso hectolítrico como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas

El peso hectolítrico como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas se muestra en la figura 21.

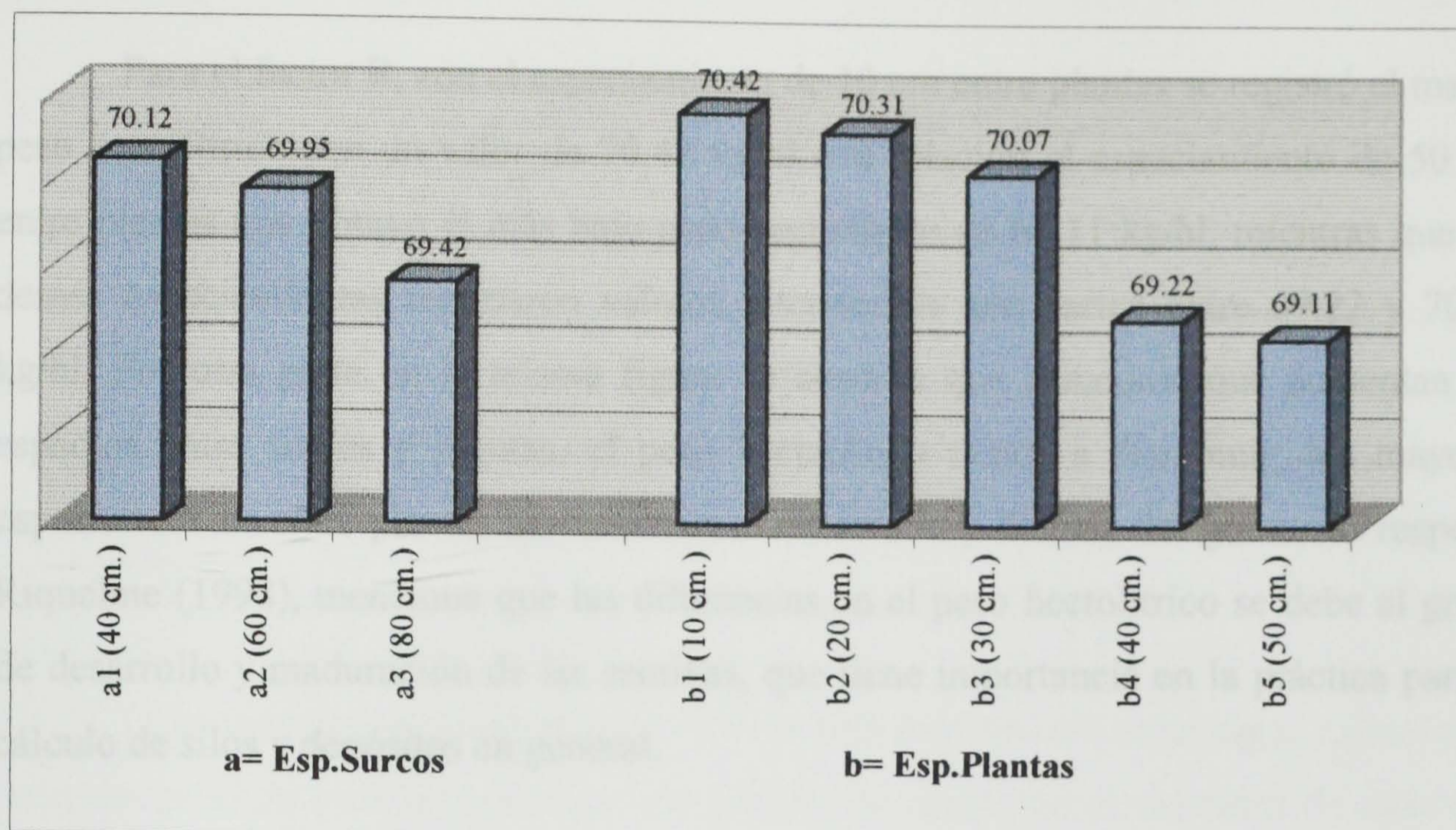


Figura 21. Peso hectolítrico como efecto de los espaciamientos entre surcos y plantas

Se observa que para el factor A, el espaciamiento de 40 cm entre surcos registró el máximo valor de 70.12 kg/hl, seguido de los espaciamientos de 60 y 80 cm entre surcos que alcanzaron valores de 69.95 y 69.42 kg/hl respectivamente; no existiendo diferencia estadística significativa entre estos promedios, lo cual respalda a lo anteriormente mencionado. Resultados similares fueron encontrados por Rivero (1985), para el peso hectolítrico, al trabajar con diferentes espaciamientos de siembra.

El peso hectolítrico para la variedad Patacamaya, no responde al efecto de los espaciamientos entre surcos, sin embargo se observa que el espaciamiento de 40 cm entre surcos alcanzó un mayor valor con relación al espaciamiento de 80 cm, esta mínima diferencia se debe a que en el primer caso, las plantas al estar más estrechas entre sí, compitieron entre ellas por (espacio, agua y nutrientes principalmente), teniendo como resultado final granos relativamente más pequeños; estos granos al ser introducidos a un determinado volumen resultaron con un peso superior con relación a los granos de mayor tamaño, porque existió un menor número de granos; en el segundo caso sucederá lo contrario, al estar los surcos más espaciados entre sí, estos ofrecerán mejores condiciones favorables a las plantas y como resultado final se tendrá granos relativamente más grandes y uniformes.

Para el factor B, con el espaciamiento de 10 cm entre plantas se registró el mayor peso hectolítrico con un valor de 70.42 kg/hl con relación al espaciamiento de 50 cm entre plantas que obtuvo el más bajo peso hectolítrico de 69.11 kg/hl, mientras que los demás espaciamientos reportaron valores intermedios que varían entre 69.22 y 70.31 kg/hl. Por otra parte en la misma figura se observa que a medida que aumentan los espacios entre surcos y plantas, el peso hectolítrico tiende a disminuir; los mayores espaciamientos entre plantas favorecieron al desarrollo y llenado del grano. Al respecto Riquelme (1998), menciona que las diferencias en el peso hectolítrico se debe al grado de desarrollo y maduración de las semillas, que tiene importancia en la práctica para el cálculo de silos y depósitos en general.

4.3. Análisis de correlación y regresión de los componentes del rendimiento en función al rendimiento

El rendimiento de grano de quinua está afectado por diversos caracteres de la planta que tienen influencia directa sobre la expresión del rendimiento, constituyendo entidades orgánicas que cumplen una función biológica sobre aquel, en este sentido se realizó una serie de análisis de correlación y regresión, en base a datos cuantitativos, con la finalidad de encontrar algún grado de asociación entre caracteres conocidos como componentes del rendimiento y el rendimiento. El cálculo de correlaciones fenotípicas simples entre rendimiento y sus componentes se presenta en el cuadro 18.

Cuadro 18. Coeficiente de correlación entre componentes de rendimiento y rendimiento

Componentes de rendimiento	Rendimiento de grano (Y)	Peso de 100 granos (X1)	Altura de planta (X2)	Diámetro de tallo (X3)	Longitud de panoja (X4)
Peso de 100 granos (X1)	0.07917				
Altura de planta (X2)	0.56213	-0.0089			
Diámetro de tallo (X3)	0.39774	0.01488	0.93504		
Longitud de Panoja (X4)	0.37196	0.01411	0.96119	0.95466	
Diámetro de Panoja (X5)	0.30241	0.04342	0.9138	0.8877	0.9427

El cálculo de correlaciones simples entre rendimiento y sus componentes, muestra que el peso de 100 granos, altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja, están asociados al rendimiento en forma positiva, siendo la altura de planta la que esta más fuertemente asociada al rendimiento, en tanto que el peso de 100 granos es la que menor grado de asociación registra con el rendimiento y los demás caracteres, por este comportamiento del peso de 100 granos da lugar a inferir que no depende de los otros y que sería un carácter genéticamente aislado, resultados similares fueron encontrados por Espíndola y Gandarillas (1986).

Cabe mencionar que la altura de planta esta fuertemente asociada al diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja. Al igual que el diámetro de tallo esta asociado a longitud de panoja y diámetro de panoja, por último la longitud de panoja esta fuertemente asociada al diámetro de panoja.

De estas asociaciones, el peso de 100 granos con altura de planta es la que esta asociada negativamente; en este caso se afirma que el peso de 100 granos esta inversamente relacionado con la altura de planta. En tanto que el resto de los pares asociados, tienen una relación directamente proporcional.

En el cuadro 19, se presenta el análisis de regresión lineal simple entre el rendimiento y los componentes del rendimiento.

Cuadro 19. Análisis de regresión lineal simple de rendimiento con los componentes del rendimiento

Componente	a	b	R ²
Peso de 100 granos (gr)	972.766442	1766.956432	0.0063
Altura de planta (cm.)	-0.372092	28.525007	0.3160
Diámetro de tallo (mm)	338.631086	159.158581	0.1582
Longitud de panoja (cm.)	849.589748	55.589049	0.1384
Diámetro de panoja (mm)	380.026343	34.725518	0.0915

Formula de regresión lineal simple:

$$Y = a + b X$$

Al determinar el coeficiente de determinación (R^2), se observa que la altura de planta es la que tiene un mayor efecto sobre el rendimiento, con 31.60%, seguido de diámetro de tallo, longitud de panoja, diámetro de panoja y peso de 100 granos con 15.82%, 13.84%, 8.15% y 0.0063% respectivamente.

Apreciándose el coeficiente de regresión (b), en el caso de diámetro de tallo por cada unidad de incremento de diámetro de tallo se producirá un incremento en el rendimiento de 159.16 kg/ha. De la misma manera se explica para los otros componentes, que por cada unidad de incremento en el peso de 100 granos, altura de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja, se producirá un incremento en el rendimiento de 1766.95, 28.52, 55.58 y 34.72 kg./ha respectivamente.

El cuadro 20, muestra el análisis de regresión múltiple entre el rendimiento y los componentes del rendimiento.

Cuadro 20. Análisis de regresión múltiple de rendimiento con los componentes del rendimiento

Componente	a	b	R ²
Peso de 100 granos	-1045.662422	3540.224951	0.7572
Altura de planta		143.797887	
Diámetro de tallo		-58.256247	
Longitud de panoja		-233.571888	
Diámetro de panoja		-79.389069	

Fórmula de regresión múltiple:

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n$$

El coeficiente de determinación (R^2), muestra que los componentes del rendimiento explican un 75.72% del rendimiento, en tanto que el restante 24.28% es debido a otros factores como edáficos, genéticos, medioambientales y otros.

De igual forma apreciando los coeficientes de regresión parciales, el peso de 100 granos y altura de planta tienen una regresión positiva, por tanto, por cada unidad de incremento del peso de 100 granos y altura de planta, se incrementará el rendimiento en 3540.22 y 143.79 kg/ha respectivamente; por otra parte en los componentes de diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja, registran coeficientes de regresión negativos por lo que por cada unidad de incremento de estas variables se producirá un descenso en el rendimiento de 58.25, 233.57 y 79.39 kg/ha respectivamente.

4.4. Análisis de costos parciales de producción

El cuadro 21, muestra el presupuesto parcial para cada uno de los tratamientos estudiados.

Cuadro 21. Presupuesto parcial

N°	Tratamientos	Rendimiento medio(Kg/ha)	Rendimiento ajustado(Kg/ha)	Beneficio Bruto(Bs/ha)	Total costos variables(Bs/ha)	Beneficio Neto(Bs/ha)
T1	a1 b1	2557.2	2301.5	9205.9	7759.8	1446.1
T2	a1 b2	2153.6	1938.2	7753.0	5642.6	2110.4
T3	a1 b3	2036.5	1832.8	7331.4	4990.5	2340.9
T4	a1 b4	1745.9	1571.3	6285.2	4719.4	1565.8
T5	a1 b5	1653.4	1488.1	5952.2	4492.2	1460.0
T6	a2 b1	2708.5	2437.6	9750.6	5300.4	4450.2
T7	a2 b2	2248.8	2023.9	8095.7	4473.8	3621.9
T8	a2 b3	2068.9	1862.0	7448.0	4268.9	3179.1
T9	a2 b4	1877.7	1689.9	6759.7	4115.2	2644.5
T10	a2 b5	1561.5	1405.3	5621.4	4056.1	1565.3
T11	a3 b1	2430.7	2187.6	8750.5	4617.8	4132.7
T12	a3 b2	1973.6	1776.2	7105.0	4190.2	2914.8
T13	a3 b3	1752.6	1577.3	6309.4	4012.0	2297.4
T14	a3 b4	1599.0	1439.1	5756.4	3925.5	1830.9
T15	a3 b5	1194.3	1074.9	4299.5	3870.5	429.0

Espaciamiento entre surcos

a1 = 40 cm

a2 = 60 cm

a3 = 80 cm

Espaciamiento entre plantas

b1 = 10 cm

b2 = 20 cm

b3 = 30 cm

b4 = 40 cm

b5 = 50 cm

El presupuesto parcial para las diferentes combinaciones de los espaciamientos entre surcos y plantas, presenta en la primera columna a los tratamientos producto de la combinación de tres niveles de espaciamientos entre surcos y cinco niveles de espaciamientos entre plantas, lo que dio un total de 15 tratamientos.

La segunda columna muestra el rendimiento medio de grano, obtenido para cada tratamiento; estos rendimientos son el producto del efecto de los tratamientos. La tercera columna muestra el rendimiento ajustado a un 10% sobre el rendimiento medio, con la finalidad de mostrar condiciones representativas que reflejen las diferencias reales entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con el mismo tratamiento, al respecto el CIMMYT (1988), considera adecuado un ajuste total que va de 5 al 30%.

En la cuarta columna, se presenta los beneficios brutos, calculados con el rendimiento ajustado por el costo de un kilogramo de grano de quinua a 4.0 bolivianos. En la siguiente columna se observa el total de los costos variables para cada tratamiento, considerando los costos de preparación del terreno, mano de obra para las diferentes labores culturales, compra de agroquímicos, cosecha y post-cosecha. En la última columna se observa los beneficios netos para cada tratamiento, los valores obtenidos fueron producto de la diferencia entre los beneficios brutos y los costos totales realizados durante la producción, expresados en bolivianos por hectárea (Bs/ha).

En el cuadro 22, se muestra los costos variables tomados en cuenta para los análisis parciales de presupuesto calculados para cada nivel de tratamiento en bolivianos por hectárea.

Cuadro 22. Costos variables de producción para cada nivel de tratamiento en (Bs/ha)

Trat.	Costo semilla	Prep. terreno	M.de obra	Raleo	Des-hierbe	Agroquímicos			Aplic.	Siega	Beneficiado	Total costos
						Karate	Ridomil	Citowet				
a1b1	48.0	578.7	2025.5	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	868.1	1157.4	7759.8
a1b2	23.2	578.7	979.2	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	419.7	559.6	5642.6
a1b3	15.6	578.7	657.0	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	281.6	375.4	4990.5
a1b4	12.4	578.7	523.1	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	224.2	298.9	4719.4
a1b5	9.7	578.7	410.8	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	176.0	234.7	4492.2
a2b1	19.2	578.7	810.2	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	347.2	463.0	5300.4
a2b2	9.5	578.7	401.7	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	172.2	229.6	4473.8
a2b3	7.1	578.7	300.4	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	128.8	171.7	4268.9
a2b4	5.3	578.7	224.5	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	96.2	128.3	4115.2
a2b5	4.6	578.7	195.3	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	83.7	111.6	4056.1
a3b1	11.2	578.7	472.9	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	202.7	270.2	4617.8
a3b2	6.2	578.7	261.6	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	112.1	149.5	4190.2
a3b3	4.1	578.7	173.5	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	74.4	99.2	4012.0
a3b4	3.1	578.7	130.8	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	56.0	74.7	3925.5
a3b5	2.5	578.7	103.6	1157.4	578.7	209.8	694.4	7.8	434.0	44.4	59.2	3870.5

Espaciamiento entre surcos

- a1 = 40 cm
- a2 = 60 cm
- a3 = 80 cm

Espaciamiento entre plantas

- b1 = 10 cm
- b2 = 20 cm
- b3 = 30 cm
- b4 = 40 cm
- b5 = 50 cm

Para el análisis de dominancia de los costos, se han enumerado el total de los costos que fluctúan y los beneficios netos de cada uno de los tratamientos, ordenándose en una escala ascendente de costos totales que varían, tal como muestra en el cuadro 23.

El análisis de dominancia nos permitió seleccionar los tratamientos de acuerdo a la metodología propuesta por el CIMMYT (1988), el mismo señala que, un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos.

Cuadro 23. Análisis de dominancia de los costos de un ensayo sobre espaciamientos entre surcos y plantas

N°	Tratamiento (AxB)	Costos variables (Bs/ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)	Dominancia
T15	a3 b5	3870.5	429.0	D
T14	a3 b4	3925.5	1830.9	*
T13	a3 b3	4012.0	2297.4	*
T10	a2 b5	4056.1	1565.3	D
T9	a2 b4	4115.2	2644.5	*
T12	a3 b2	4190.2	2914.8	*
T8	a2 b3	4268.9	3179.1	*
T7	a2 b2	4473.8	3621.9	*
T5	a1 b5	4492.2	1460.0	D
T11	a3 b1	4617.8	4132.7	*
T4	a1 b4	4719.4	1565.8	D
T3	a1 b3	4990.5	2340.9	D
T6	a2 b1	5300.4	4450.2	*
T2	a1 b2	5642.6	2110.4	D
T1	a1 b1	7759.8	1446.1	D

Espaciamiento entre surcos

a1 = 40 cm
a2 = 60 cm
a3 = 80 cm

Espaciamiento entre plantas

b1 = 10 cm
b2 = 20 cm
b3 = 30 cm
b4 = 40 cm
b5 = 50 cm

Se encontró ocho tratamientos (T14, T13, T9, T12, T8, T7, T11 y T6), con costos variables bajos y beneficios altos; los demás tratamientos presentan costos variables mayores y sus beneficios netos son menores, estos fueron marcados con una letra “D” mayúscula, que indica un valor de beneficio neto dominado y por lo tanto son excluidos del análisis marginal.

El análisis marginal (cuadro 24) se realizó para los tratamientos no dominados, el cual consiste en comparar los incrementos en beneficios netos sobre el incremento de los costos variables, su propósito es revelar lo que el agricultor podría esperar ganar, en promedio, con su inversión cuando decide cambiar una práctica o un conjunto de prácticas por otra.

Cuadro 24. Análisis marginal y tasa de retorno marginal (TRM) de los costos de un ensayo sobre espaciamiento entre surcos y plantas en el cultivo de quina var. Patacamaya

N°	Tratamiento	Costos variables	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios marginales	Tasa de retorno marginal (%)
T14	a3 b4	3925.5	86.5	1830.9	466.5	539.3
T13	a3 b3	4012.0	103.2	2297.4	347.2	336.4
T9	a2 b4	4115.2	75.0	2644.5	270.2	360.3
T12	a3 b2	4190.2	78.7	2914.8	264.4	335.9
T8	a2 b3	4268.9	204.9	3179.1	442.7	216.1
T7	a2 b2	4473.8	144.0	3621.9	510.8	354.7
T11	a3 b1	4617.8	682.6	4132.7	317.5	46.5
T6	a2 b1	5300.4	0.0	4450.2	0.0	0.0

Se observa que la tasa de retorno marginal (TRM), al pasar del tratamiento T14 con 40 cm de espacio entre plantas en 80 cm de espacio entre surcos al tratamiento T13 con 30 cm de espacio entre plantas en 80 cm de espacio entre surcos, presentó una tasa de retorno marginal de 539.3%, lo que indica que, por cada boliviano (1 Bs.) invertido en el tratamiento T14 se puede esperar recobrar un boliviano (1 Bs.) y obtener 5.39 bolivianos adicionales.

En la figura 22, se muestra la curva de beneficios netos, para un ensayo de tres espaciamientos entre surcos y cinco espaciamientos entre plantas.

En la figura se observa que cada tratamiento está identificado con un punto, según sus beneficios netos y el total de los costos que varían. Las alternativas que no son dominadas están unidas por una línea, cuya pendiente es positiva; en tanto que los tratamientos dominados se encuentran por debajo de la curva de beneficios netos. Por otra parte se puede observar que los beneficios netos del T6 aumentan al incrementar la cantidad invertida, sin embargo el análisis marginal muestra un valor de 0.0%, lo que indica que aplicando este tratamiento no se tendrán ganancias ni pérdidas, debido a que el valor del aumento de rendimiento no es suficiente para compensar el incremento de los costos; finalmente debemos destacar que las tasas obtenidas con excepción del tratamiento 6 son superiores a la tasa de retorno mínima aceptable en condiciones del agricultor (100%).

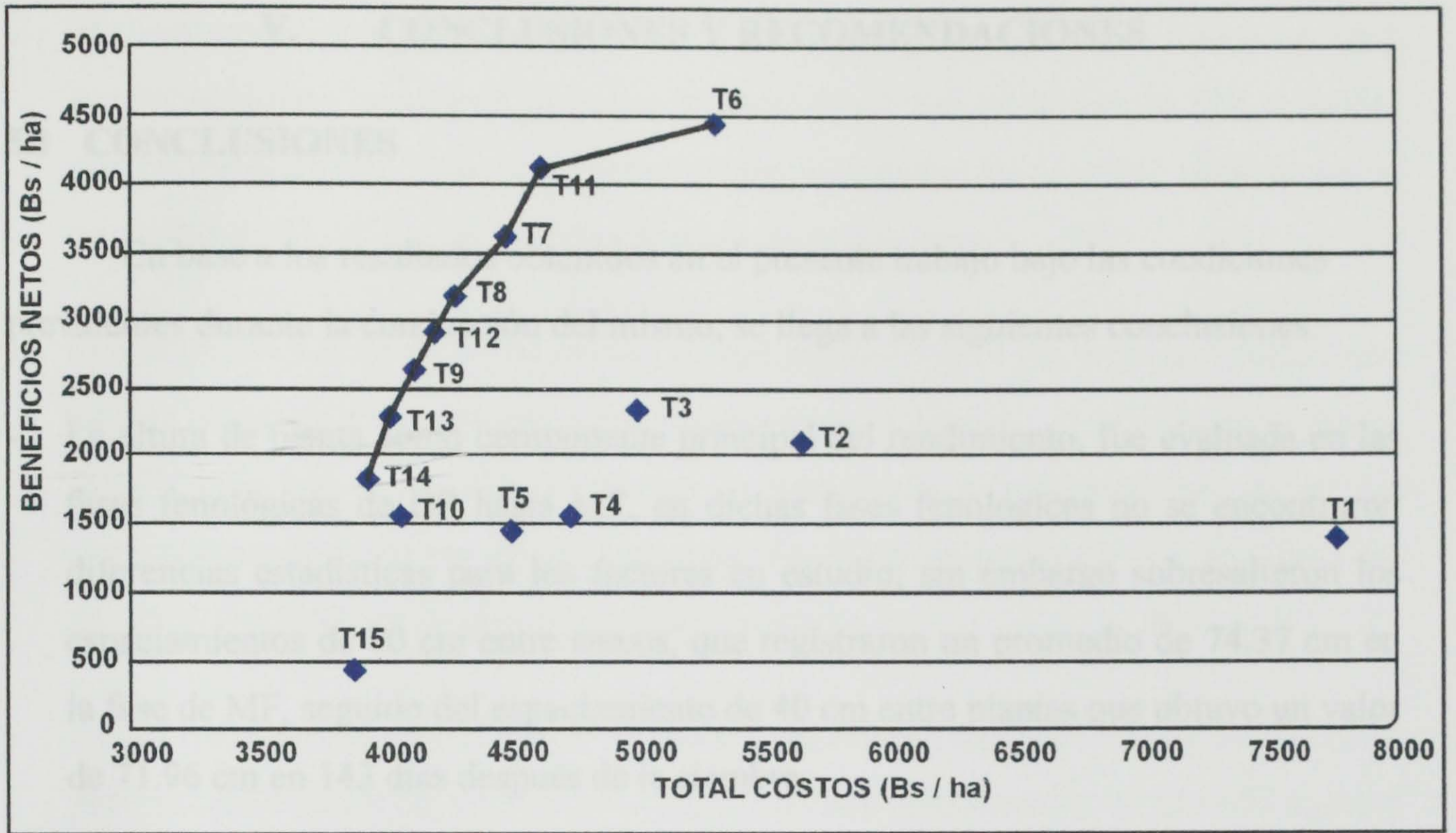


Figura 22. Curva de beneficios netos en un ensayo de tres espaciamientos entre surcos y cinco espaciamientos entre plantas

El diámetro de tallo presentó diferencias en la fase de DP para el factor A, mientras que en las fases de GM y MF no se presentaron diferencias para los factores en estudio, tal como se ilustra en el gráfico de barras correspondiente. En esta fase se observó que los espaciamientos de 80 cm entre surcos favorecieron el desarrollo del tallo, alcanzando un mayor promedio de 11.05 mm en la fase de MF. Para el factor B, el espaciamiento de 40 cm entre plantas obtuvo el máximo promedio, con un valor de 10.68 mm de diámetro de tallo en la fase de MF.

Los espaciamientos entre surcos no tuvieron efecto alguno sobre la variable longitud de panaja, en las fases fenológicas estudiadas, mientras que este carácter fue influenciado en las fases fenológicas de GL, GM y MF por los espaciamientos entre plantas, presentando un máximo valor de 21.31 cm a 30 cm de espacio entre plantas, en tanto que el espaciamiento de 80 cm entre surcos obtuvo un máximo promedio de 22.03 cm de longitud de panaja en la fase de MF.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo bajo las condiciones prevalentes durante la conducción del mismo, se llega a las siguientes conclusiones:

- La altura de planta como componente principal del rendimiento, fue evaluada en las fases fenológicas de DP hasta MF, en dichas fases fenológicas no se encontraron diferencias estadísticas para los factores en estudio; sin embargo sobresalieron los espaciamientos de 80 cm entre surcos, que registraron un promedio de 74.37 cm en la fase de MF, seguido del espaciamiento de 40 cm entre plantas que obtuvo un valor de 71.96 cm en 143 días después de la siembra.
- El diámetro de tallo presentó diferencias en la fase de DP para el factor A, presentando un valor máximo de 9.38 mm a 80 cm de espaciamiento entre surcos, mientras que en las demás fases fenológicas se encontraron semejanzas para los factores en estudio; cabe mencionar que los espaciamientos de 80 cm entre surcos favorecieron al desarrollo del tallo, alcanzando un mayor promedio de 11.05 mm en fase de MF. Para el factor B, el espaciamiento de 40 cm entre plantas obtuvo el máximo promedio, con un valor de 10.68 mm de diámetro de tallo en la fase de MF.
- Los espaciamientos entre surcos no tuvieron efecto alguno sobre la variable longitud de panoja, en las fases fenológicas estudiadas, mientras que este carácter fue influenciado en las fases fenológicas de GL, GM y MF por los espaciamientos entre plantas, presentando un máximo valor de 21.31 cm a 50 cm de espacio entre plantas; en tanto que el espaciamiento de 80 cm entre surcos obtuvo un máximo promedio de 22.03 cm de longitud de panoja en la fase de MF.

- El diámetro de panoja fue mayor a espaciamientos de 80 cm entre surcos en las 5 fases fenológicas estudiadas, llegando a medir 49.07 mm en la fase de MF; mientras que los espaciamientos de 40 cm entre plantas reportaron los mayores valores con un promedio de 48.49 mm en 143 días después de la siembra.
- Los rendimientos de grano de quinua fueron similares para los espaciamientos entre surcos, mientras que para los espaciamientos entre plantas, el rendimiento estuvo determinado por el número de plantas, sobresaliendo el espaciamiento de 10 cm entre plantas, seguido por el espaciamiento de 60 cm entre surcos con rendimientos de 2565.5 y 2093. kg de grano/ha respectivamente.
- Se obtuvo mayores rendimientos de broza a espaciamientos de 10 cm y 20 cm entre plantas dentro de 60 cm de espacio entre surcos con rendimientos de 1564.73 kg/ha y 1376.56 kg/ha respectivamente. Así mismo los espaciamientos de 10 cm entre plantas y 60 cm entre surcos reportaron los mayores rendimientos de “jipi” con un valor de 1427.49 kg/ha.
- Los espaciamientos de 50 cm entre plantas y 80 cm entre surcos registraron los mayores promedios de peso de 100 granos, diámetro de grano y espesor de grano con valores de 0.57 gramos, 2.46 mm y 1.29 mm respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

- No existe ninguna influencia del distanciamiento entre surcos y plantas sobre la relación grano/biomasa total, sin embargo los mayores índices de cosecha se obtuvieron con los tratamientos T6 y T11 que registraron un mismo valor de 0.475, seguido por el tratamiento T1 que reportó un valor de 0.467, en tanto que los tratamientos T5, T10 reportaron un valor similar de 0.432, siendo el promedio más bajo entre los demás tratamientos.
- El peso hectolítrico fue similar para los espaciamientos entre surcos, en tanto que los espaciamientos entre plantas presentaron valores diferentes, sobresaliendo el espaciamiento de 10 cm entre surcos con 72.42 kg/hl, seguido del espaciamiento de 40 cm entre surcos con 70.12 kg/hl superior a los otros niveles de estudio.

- La altura de planta esta fuertemente asociada con el rendimiento, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja, mientras que el diámetro de tallo, longitud de panoja, diámetro de panoja y el peso de 100 granos están asociados al rendimiento en forma positiva, siendo que este último carácter presenta una asociación de menor grado. Cabe señalar que el diámetro de tallo esta asociado a longitud de panoja y diámetro de panoja y por último la longitud de panoja y diámetro de panoja tienen una asociación positiva.
- El 75.7% de la variación del rendimiento es efecto directo de los componentes del rendimiento, en tanto que el 24.28% se debe a otros factores como edáficos, genéticos, medioambientales y otros.
- El tratamiento T14 con 40 cm de espacio entre plantas en 80 cm de espacio entre surcos, presentó una tasa de retorno marginal de 539.3% superior al resto de los tratamientos, mientras que el tratamiento T6 con 10 cm de espacio entre plantas en 60 cm de espacio entre surcos obtuvo el mayor rendimiento en grano, sin embargo el análisis marginal muestra un valor de 0.0%, lo que indica que con este tratamiento no se tendrán ganancias ni pérdidas, debido a que el valor del aumento de rendimiento no es suficiente para compensar el incremento de los costos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda validar la producción de quinua en la comunidad de Mamani a espaciamientos de 80 cm entre surcos y 40 cm entre plantas para la variedad Patacamaya, debido a que presentó una mayor tasa de retorno marginal; por otra parte dichos espaciamientos ofrecerán mejores condiciones favorables a las plantas (luz, agua, nutrientes, espacio físico, etc.); y favorecerá el uso de maquinaria agrícola, facilitará realizar las labores culturales y habrá un menor peligro de dañar a las plantas.

- Es importante incrementar el área de producción del cultivo de quinua en la zona, con variedades mejoradas de altos rendimientos, para que pueda ser una alternativa más que eleve el nivel de ingresos económicos, de los agricultores de la comunidad de Mamani.
- No existiendo semilla de alta calidad para la siembra, se recomienda realizar la multiplicación de semilla de las variedades mejoradas para la dotación de semilla a los productores de quinua, según la adaptación y el comportamiento de cada variedad.
- En razón de que un solo experimento no es suficiente para llegar a conclusiones definitivas, se sugiere repetir el experimento en diferentes lugares y comparar con otras variedades, tomando en cuenta los tratamientos que condujeron a los mejores rendimientos de grano y que obtuvieron las mayores tasas de retorno marginal, para luego mediante la difusión y adopción por parte de los agricultores de la tecnología lograda por las investigaciones, se logre obtener mayores rendimientos y un producto de mejor calidad que sea aceptable en el mercado local, nacional como internacional.

CARDOZO, A. 1979. Valor nutricional. La quinua en la alimentación animal. En: Quinua y Kaniwa Cultivos Andinos. Mario Tapia, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogotá, Colombia. pp. 148-152.

CIMMYT, 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual Metodológico de Evaluación Económica. México D.F. 79 p.

COSSIO, J. 1995. Preparación del terreno. En: Memorias del seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinua. Estación Experimental Patacamarca. 1994. Yaris Puno-La Paz, Bolivia. pp. 27-28.

CHILON, E. 1996. Manual de edafología. Ediciones CIDAT. La Paz, Bolivia. 290 p.

_____. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAT. La Paz, Bolivia. 183 p.

VI. BIBLIOGRAFIA

- ALEGRIA, S. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la quinua en dos épocas y dos espaciamientos de siembra en el Altiplano Central. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 105 p.
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE QUINUA, 2001. Entrevista personal con el director, en fecha 11 de octubre del 2001.
- BARAHONA, E. 1975. Efecto del distanciamiento, densidad de siembra y variedades en el cultivo de la quinua. Tesis de Grado. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Programa Académico de Ingeniería Agronómica. Puno, Perú. 50 p.
- BLANCO, C. 1970. La quinua como se debe cultivar. Universidad Técnica de Oruro. Instituto de Agronomía. Departamento de Extensión Cultural. 20 p.
- CALZADA, B. J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. 5ta. edición. Milagros. S.A. Lima, Perú. 642 p.
- CAHUANA, F. 1975. Comparativo de rendimiento de cinco formas botánicas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) por tres distanciamientos entre surcos. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. pp: 1-30.
- CARDOZO, A. 1979. Valor nutritivo. La quinua en la alimentación animal. En: Quinua y Kañiwa Cultivos Andinos. Mario Tapia, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá, Colombia. pp: 149-192.
- CIMMYT, 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual Metodológico de Evaluación Económica. México D.F. 79 p.
- COSSIO, J. 1995. Preparación del terreno. En: Memorias del seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinua. Estación Experimental Patacamaya. 1994. Yeris Peric. La Paz, Bolivia. pp: 27 -28.
- CHILON, E. 1996. Manual de edafología. Ediciones CIDAT. La Paz, Bolivia. 290 p.
- _____. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAT. La Paz, Bolivia. 185 p.

- ESPINDOLA, G. 1986. Respuestas Fisiológicas, Morfológicas y Agronómicas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis para obtener el Grado de: Maestro en Ciencias, Area de Resistencia a Sequia. Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza en Ciencias Agrícolas, Chapingo, México. 98 p.
- _____. 1995. Mejoramiento del cultivo de la quinua. En: Memorias del seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinua. Estación Experimental Patacamaya. 1994. Yeris Peric. La Paz, Bolivia. pp: 16 -24.
- _____. y BONIFACIO, A. 1996. Catálogo de variedades mejoradas de quinua y recomendaciones para producción y uso de semilla certificada. IBTA. La Paz, Bolivia.
- _____. y GANDARILLAS, H. 1986. Estudio de caracteres correlacionados y sus efectos sobre el rendimiento en quinua. En: Estructura anatómica de los órganos de la planta de quinua. Estudio de caracteres correlacionados y sus efectos sobre el rendimiento en quinua e Hibridación entre especies de la subsección cellulata del género *Chenopodium*. Humberto Gandarillas. MACA/ IBTA/ CIID. La Paz, Bolivia. pp: 19-31.
- GANDARILLAS, H. 1979. Historia y distribución geográfica, Botánica, Genética y origen. En: Quinua y Kañiwa Cultivos Andinos. Mario Tapia, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá, Colombia. pp: 11-64.
- _____. 1982. El cultivo de la quinua. MACA / SNAG / IBTA. CIID-Canadá. La Paz, Bolivia. 21 p.
- _____. 1984. Obtención Experimental de *Chenopodium quinoa* Willd. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. IBTA. La Paz, Bolivia. 21 p.
- HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- HUIZA, Z. 1994. Efecto del déficit hídrico a marchitez intensa sobre el ritmo de crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 111 p.
- INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 2001. Atlas digital de Bolivia. Software multimedia MULTISOFT. Departamento de La Paz, Provincia Ingavi. La Paz, Bolivia.
- IICA. 1991. Estudio de mercado y comercialización de la quinua Real de Bolivia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). La Paz, Bolivia. pp: 6-27.

- IICA. 2002. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura / GTZ. Unidad de Desarrollo Rural Sostenible, Proyecto INFOAGRO-Bolivia (IICA/GTZ) Copyright, 2002. 7 p.
- JACOBSEN, S. 1992. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under temperate climatic conditions in Denmark. *Journal of Agricultural Science*. Cambridge. University Press-Denmark. pp: 47-65.
- _____. y MUJICA A. 1999. Fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 1er. Curso Internacional. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 79 p.
- KAISER, O. 1968. Densidad óptima de plantas de quinua en el Altiplano Central. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agronómicas. Cochabamba, Bolivia. 42 p.
- KOZIOT, M. J. 1990. Composición química. En: Quinoa hacia su cultivo comercial. Christian Wahli. Latinreco S.A. Quito, Ecuador. pp: 135-158.
- LITTLE, T. y HILLS, J. 1991. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Editorial Trillas. México. 270 p.
- LOPEZ, F. 1996. Evaluación de sistemas y densidades de siembra en tres variedades de quinua en la zona de villa verde. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Tomas Frías. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Potosí, Bolivia. 119 p.
- MARTÍNEZ, G. A. 1996. Diseños Experimentales, Métodos y Elementos de Teoría. México, Trillas. pp 299 – 315.
- MARIN, W. 2002. Distanciamiento entre surcos y plantas en dos ecotipos de kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 114 p.
- MENDOZA, J. 1999. Densidad de plantación y abonamiento orgánico en Brócoli (*Brassica oleracea* Var. Italica) bajo carpa solar. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 130 p.
- MUJICA, A., JACOBSEN, S., AGUILAR, P., ORTIZ, R., y AMES, T. 1999. Cultivo de quinua. Proyecto quinua: CIP-DANIDA-UNA. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad Ciencias Agrarias. Escuela Postgrado. Puno, Perú. 19 p.
- MURILLO, R. 1995. Comportamiento del nitrógeno proveniente de fertilizantes minerales en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de riego y secano. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 159 p.

- ORSAG, V. 1989. Determinación de las variaciones del almacenamiento de agua en un suelo Typic paleargid del Altiplano Central con ayuda de Técnicas Nucleares. *Ecología en Bolivia*. La Paz, Bolivia. 17 p.
- PROYECTO QUINUA, 1985. Efecto de la distancia de siembra sobre el rendimiento bajo condiciones de secano. Informe 1984-1985. Proyecto quinua. IBTA. La Paz, Bolivia. pp: 39-66.
- RAMOS, M. 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego diferenciado por fases fenológicas en el Altiplano Central. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 125 p.
- REA, J., TAPIA, M., y MUJICA, A. 1979. Prácticas agronómicas. En: Quinua y Kañiwa Cultivos Andinos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Bogotá, Colombia. pp: 83-120.
- RIVERO, L. 1985. Efecto del distanciamiento entre surcos y entre plantas sobre el rendimiento y otros caracteres de dos ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Tesis de grado de Magíster Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Post- Grado. Lima, Perú. 166 p.
- RIQUELME, C. 1998. Comportamiento agronómico de 8 líneas precoces de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo tres épocas de siembra en el altiplano central. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 124 p.
- RODRIGUEZ, M. 1991. Morfología y anatomía vegetal 2º Edición. Impresiones Poligraf. Bolivia. pp: 291- 460.
- ROJAS, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis de Magíster en Ciencias Vegetales. Escuela de graduados. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 209 p.
- ROJAS, F. 2001. Catalogo de plantas. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 77 p.
- SARAVIA, R. 1988. Técnica de producción de quinua. En: Seminario Nacional sobre quinua y Cultivos Andinos. Teodomiro Ordóñez y David Morales. La Paz, Bolivia. pp: 26-43.
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 2001. Datos agroclimáticos de la localidad de Viacha, provincia Ingavi, La Paz, Bolivia.

SCHUCH, L.O.B. 2001. Densidad de siembra. Revista internacional de semillas. SEED NEWS, Año V, Número 5. Pelotas, Brasil.

TAPIA, M. 1997. Cultivos Andinos subexplotación y su aporte a la alimentación. FAO. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Santiago, Chile. pp: 30-52.

WAHLI, C. 1990. Quinoa hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A. Quito, Ecuador. pp: 1-35.

A N E X O S

A N E X O S

Anexo 1. Valores comparativos del contenido de algunas vitaminas del grano de quinua y otras fuentes vegetales (partes por millón en base de materia seca)

Componentes	Quinua	Arroz	Cebada	Fríjol	Trigo
Niacina	10.7	57.3	58.3	25.7	47.5
Tiamina (B1)	3.1	3.5	3.3	5.3	0.6
Riboflavina (B2)	3.9	0.6	1.3	2.1	1.4
Ácido Ascórbico (C)	49	0.0	0.0	22.6	0.0
Alfa Tocoferol (E)	52.3	-	-	-	-
Carotenos (C)	53	0.0	3.7	0.1	0.0

Fuente: Koziot, 1990

Anexo 2. Contenido de minerales en la quinua y algunos otros cereales de consumo más frecuente (partes por millón en base de materia seca)

Elementos	Quinua	Arroz	Cebada	Maíz	Trigo
Calcio (Ca)	1274	276	880	700	500
Fósforo (P)	3869	2845	4200	4100	4700
Magnesio (Mg)	2700	0	1200	1400	1600
Potasio (K)	6967	2120	5600	4400	8700
Hierro (Fe)	120	37	50	21	50
Manganeso (Mn)	75	0	16	0	49
Zinc (Zn)	48	51	15	0	14

Fuente: Koziot, 1990

Anexo 3. Comportamiento de la precipitación pluvial media mensual, temperatura máxima media y mínima media mensual, durante los 10 últimos años

Precipitación media mensual total en (mm)													
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total-Anual
1989	94,6	53,8	30,4	76,1	7,8	1,6	13,0	0,0	22,4	6,3	30,4	67,0	403,40
1990	111,2	27,9	21,5	17,3	33,4	40,8	0,0	11,2	13,0	35,0	61,2	74,8	447,30
1991	61,8	80,5	71,2	15,6	16,2	18,7	3,4	0,5	12,0	0,0	51,8	66,2	397,90
1992	174,2	47,2	18,6	4,0	7,0	7,3	4,5	35,3	4,8	45,9	113,2	59,9	521,90
1993	127,9	40,5	67,9	22,0	0,8	3,1	0,0	33,1	21,3	41,8	69,6	108,8	536,80
1994	84,3	65,0	28,7	32,7	0,0	12,1	0,0	0,4	7,7	21,7	49,7	59,4	361,70
1995	97,8	62,4	45,1	10,9	3,3	0,0	0,0	16,0	27,5	13,0	37,6	105,2	418,80
1996	173,4	68,0	40,8	5,4	0,0	0,8	0,0	18,5	24,1	8,5	7,3	94,0	440,80
1997	218,2	134,4	85,6	43,4	2,8	0,0	0,0	21,3	27,2	17,5	37,8	30,7	618,90
1998	131,1	69,2	71,8	50,1	2,0	13,8	0,0	6,0	5,0	76,4	75,0	28,8	529,20
1999	95,2	73,6	119,2	28,8	2,2	0,0	7,7	0,0	67,0	99,0	24,6	27,0	544,30
2000	98,5	88,4	102,8	4,0	5,2	18,7	0,0	1,5	2,5	53,2	7,5	75,7	458,00
Temperatura máxima media mensual (°C)													
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promd-Anual
1989	16,8	17,2	16,6	15,8	16,9	15,9	16,1	16,3	18,1	19,0	17,9	18,1	17,06
1990	16,2	17,6	18,1	17,6	16,4	13,7	14,7	15,1	17,8	17,0	16,9	16,8	16,49
1991	16,6	16,6	15,9	17,0	18,3	15,2	15,8	17,4	16,8	18,1	17,3	17,8	16,90
1992	15,8	17,2	18,6	18,3	15,6	15,5	14,6	14,1	16,4	17,1	16,8	17,1	16,43
1993	15,6	17,2	16,7	17,7	17,9	16,7	16,2	16,3	17,9	18,0	18,2	17,7	17,18
1994	17,5	17,3	18,2	18,4	17,6	17,3	17,5	18,2	18,3	18,2	18,1	18,0	17,88
1995	17,9	17,7	17,8	17,8	16,9	17,7	18,1	18,3	18,7	19,0	18,4	17,6	17,99
1996	17,2	17,8	18,2	17,3	17,1	16,8	17,8	18,2	18,3	19,8	17,3	16,6	17,70
1997	16,1	15,6	14,8	16,9	19,4	16,2	18,4	16,9	18,4	19,0	19,3	20,4	17,62
1998	19,4	18,6	19,0	18,9	17,4	17,8	16,1	19,1	18,4	17,7	17,7	18,5	18,22
1999	16,9	15,9	15,4	16,6	17,9	16,7	16,6	17,7	16,6	16,6	18,1	17,2	16,85
2000	16,5	16,1	16,4	18,2	17,9	15,6	16,6	17,4	18,2	17,7	18,5	17,2	17,19
Temperatura mínima media mensual (°C)													
Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promd-Anual
1989	3,4	3,3	2,8	1,6	-3,3	-4,4	-7,2	-4,2	-2,6	-0,1	0,6	3,7	-0,5
1990	3,7	2,1	0,7	-0,3	-2,9	-3,4	-8,9	-5,1	-4,2	1,6	3,8	4,0	-0,7
1991	3,6	3,3	3,6	0,2	-5,0	-8,3	-8,7	-6,9	-3,4	0,6	1,3	2,5	-1,4
1992	3,7	3,0	0,8	-2,3	-5,4	-5,7	-7,3	-5,2	-3,1	1,2	0,9	2,8	-1,4
1993	3,9	1,8	2,2	1,3	-3,8	-9,2	-8,1	-5,4	-1,7	1,5	2,4	4,0	-0,9
1994	3,7	3,6	1,7	1,0	-4,7	-8,7	-8,4	-7,6	-3,5	0,3	2,0	3,2	-1,5
1995	4,0	3,4	2,7	-1,0	-6,1	-9,3	-6,8	-5,7	-1,4	-0,9	1,8	2,3	-1,4
1996	4,3	3,8	2,2	0,9	-3,0	-7,8	-7,8	-4,2	-2,9	0,0	2,2	3,3	-0,8
1997	4,4	3,8	3,0	-0,7	-5,1	-9,8	-7,9	-3,5	-1,4	-0,5	3,0	3,3	-1,0
1998	5,1	6,5	4,2	1,8	-6,7	-5,1	-7,3	-4,3	-2,5	1,1	2,1	3,2	-0,2
1999	3,7	4,2	4,5	2,1	-3,0	-8,1	-6,3	-6,0	-2,4	0,8	1,5	3,4	-0,5
2000	3,8	3,8	3,7	-0,1	-4,3	-6,0	-8,7	-4,3	-3,5	0,6	-0,8	2,3	-1,1

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI 2001)



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE BIOLOGIA

El Instituto de Ecología
es miembro de la UICN

INSTITUTO DE ECOLOGIA

Informe de Ensayo S 80/00

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO

Origen: **Faculta de Agronomía – UMSA**
Solicitante: Sr. José Ferrufino
Procedencia de la muestra: Comunidad Mamani
Provincia Ingavi
Departamento de La Paz
Responsable del muestreo: Sr. José Ferrufino
Fecha de muestreo: 25 de Noviembre de 1999
Fecha de recepción de la muestra: 17 de Septiembre de 2000
Fecha de ejecución del ensayo: 24 de Septiembre al 3 de Octubre de 2000
Caracterización de la muestra: Suelo: Muestra 1
Tipo de muestra: Compuesta
Envase: Bolsa Plástica
Código LCA: 80-1

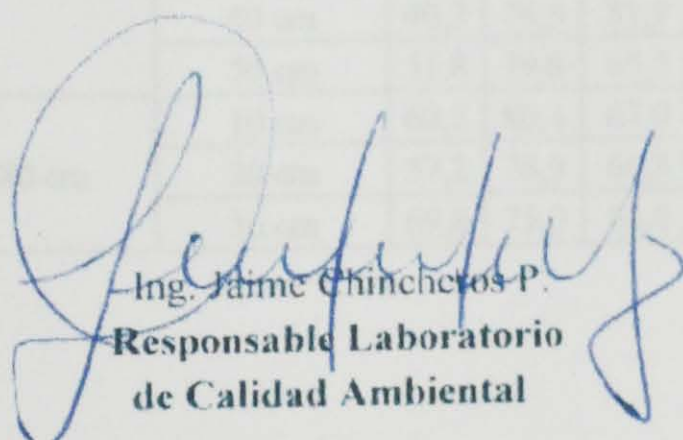
Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	Muestra 1 80 - 1
Ph	ISRIC 4		1-14	6.3
Conductividad eléctrica	ASPT 6	µS/cm	1 - 100000	130
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0.0014	0.15
Carbón Orgánico	WSP S-9.10	%	0.06	0.76
Materia orgánica	WSP S-9.10	%	0.10	1.3
Fósforo disponible	ISRIC 14-2	mg/kg	0.01	30
Sodio intercambiable	WSP S-5.10	cmol/kg	0.001	0.19
Potasio intercambiable	WSP S-5.10	cmol/kg	0.01	0.75
Calcio intercambiable	WSP S-5.10	cmol/kg	0.01	4.0
Magnesio intercámbiale	WSP S-5.10	cmol/kg	0.003	1.5
Acidez intercambiable	ISRIC 11	cmol/kg	0.05	0.050
CIC		cmol/kg		6.5
Textura	DIN 18 123			
Arena	DIN 18 123	%	2.5	38
Limo	DIN 18 123	%	1	47
Arcilla	DIN 18 123	%	1	15
Clase textural				Franco

Los resultados se refieren solamente a los objetos ensayados.

El informe no debe reproducirse, sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la Reproducción sea en su integridad.

La Paz, 3 de Octubre de 2000


Ing. Jaime Chincheros P.
Responsable Laboratorio
de Calidad Ambiental



Anexo 5. Altura de planta en (cm) en 5 fases fenológicas

ALTURA DE PLANTA FASE (DP) 2/II/00						ALTURA DE PLANTA FASE (FL)20/III/00					
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	27,5	32,7	21,7	29,1	40 cm	10 cm	41,1	61,7	59,5	46,7
	20 cm	27,8	38,9	21,1	27,1		20 cm	40,6	69,8	60,6	43,7
	30 cm	24,4	31,7	22,3	29,3		30 cm	34,8	58,7	62,9	54,5
	40 cm	24,3	42,4	22,0	30,8		40 cm	36,4	71,6	63,9	48,8
	50 cm	32,6	41,6	15,7	26,5		50 cm	47,6	73,5	48,3	46,5
60 cm	10 cm	29,5	36,9	37,5	27,3	60 cm	10 cm	55,7	62,8	77,9	70,6
	20 cm	24,6	31,9	31,4	23,2		20 cm	56,1	59,5	69,6	70,3
	30 cm	24,4	29,6	39,1	28,3		30 cm	51,8	47,3	80,3	73,2
	40 cm	19,3	33,3	30,0	23,7		40 cm	46,2	62,5	69,8	71,8
	50 cm	26,2	27,9	24,6	37,9		50 cm	56,4	50,1	66,7	73,8
80 cm	10 cm	33,4	29,3	36,8	39,5	80 cm	10 cm	57,6	68,9	65,3	78,3
	20 cm	36,7	33,7	36,6	37,3		20 cm	55,1	73,6	63,7	74,4
	30 cm	29,5	19,0	34,8	39,9		30 cm	64,2	53,8	75,0	75,1
	40 cm	30,5	38,2	35,1	34,2		40 cm	74,1	79,1	71,3	59,4
	50 cm	29,6	21,0	33,3	39,2		50 cm	65,2	59,7	62,8	70,8

ALTURA DE PLANTA FASE (GL) 2/IV/00						ALTURA DE PLANTA FASE (GM) 12/IV/00					
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	42,0	65,8	71,0	48,3	40 cm	10 cm	42,0	65,8	71,1	48,6
	20 cm	41,4	71,8	84,4	46,8		20 cm	41,5	71,9	84,5	47,0
	30 cm	35,4	62,1	86,0	57,5		30 cm	36,6	62,4	86,3	57,5
	40 cm	40,2	74,9	81,9	51,2		40 cm	40,7	74,9	81,9	51,6
	50 cm	51,1	79,5	65,3	52,6		50 cm	51,8	79,6	65,5	52,6
60 cm	10 cm	57,3	65,0	80,8	80,3	60 cm	10 cm	57,4	65,2	80,9	80,4
	20 cm	68,1	62,1	73,1	96,9		20 cm	68,3	62,1	73,2	97,2
	30 cm	59,4	50,3	84,7	86,8		30 cm	59,5	50,5	84,8	86,9
	40 cm	61,1	66,2	79,6	97,5		40 cm	62,2	66,2	79,7	97,6
	50 cm	63,0	52,5	86,0	81,6		50 cm	63,7	52,6	86,1	81,6
80 cm	10 cm	60,0	80,2	67,1	81,1	80 cm	10 cm	60,2	80,4	67,0	81,2
	20 cm	57,2	78,9	66,1	80,0		20 cm	57,2	78,9	66,3	80,1
	30 cm	69,7	74,8	84,0	80,2		30 cm	69,8	75,0	84,0	80,4
	40 cm	82,2	86,7	76,5	62,7		40 cm	82,3	86,9	76,6	62,9
	50 cm	72,0	81,6	68,0	76,0		50 cm	71,9	82,0	68,1	76,2

ALTURA DE PLANTA FASE (MF) 21/IV/00											
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	42,0	65,8	71,1	48,6	60 cm	10 cm	57,4	65,2	80,9	80,4
	20 cm	41,5	71,9	84,5	47,0		20 cm	68,3	62,1	73,2	97,2
	30 cm	36,6	62,4	86,3	57,5		30 cm	59,5	50,5	84,8	86,9
	40 cm	40,7	74,9	81,9	51,6		40 cm	62,2	66,2	79,7	97,6
	50 cm	51,8	79,6	65,5	52,6		50 cm	63,7	52,6	86,1	81,6
80 cm	10 cm	60,2	80,4	67,0	81,2	80 cm					
	20 cm	57,2	78,9	66,3	80,1		40 cm	82,3	86,9	76,6	62,9
	30 cm	69,8	75,0	84,0	80,4		50 cm	71,9	82,0	68,1	76,2

Anexo 6. Diámetro de tallo (mm) en 5 fases fenológicas

DIAMETRO DE TALLO FASE (DP) 2/II/00						DIAMETRO DE TALLO FASE (FL)20/III/00					
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	7,0	8,0	8,0	7,0	40 cm	10 cm	7,0	8,0	11,0	8,0
	20 cm	7,0	9,0	8,0	7,0		20 cm	7,0	10,0	12,0	8,0
	30 cm	7,0	8,0	8,0	8,0		30 cm	7,0	10,0	12,0	9,0
	40 cm	6,0	10,0	9,0	8,0		40 cm	7,0	10,0	13,0	9,0
	50 cm	8,0	9,0	7,0	7,0		50 cm	8,0	11,0	10,0	8,0
60 cm	10 cm	8,0	9,0	11,0	8,0	60 cm	10 cm	10,0	10,0	12,0	13,0
	20 cm	8,0	9,0	10,0	8,0		20 cm	11,0	10,0	11,0	13,0
	30 cm	8,0	8,0	10,0	9,0		30 cm	11,0	9,0	12,0	12,0
	40 cm	7,0	9,0	9,0	9,0		40 cm	9,0	10,0	11,0	15,0
	50 cm	8,0	9,0	9,0	9,0		50 cm	11,0	10,0	13,0	12,0
80 cm	10 cm	8,0	10,0	10,0	10,0	80 cm	10 cm	10,0	12,0	11,0	11,0
	20 cm	9,0	11,0	9,0	10,0		20 cm	10,0	12,0	10,0	12,0
	30 cm	9,0	8,0	9,0	9,0		30 cm	10,0	12,0	12,0	11,0
	40 cm	9,0	11,0	10,0	8,0		40 cm	12,0	13,0	12,0	10,0
	50 cm	10,0	8,0	9,0	10,0		50 cm	12,0	12,0	11,0	12,0

DIAMETRO DE TALLO FASE (GL) 2/IV/00						DIAMETRO DE TALLO FASE (GM) 12/IV/00					
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	7,0	9,0	11,0	8,0	40 cm	10 cm	7,0	9,0	11,0	8,0
	20 cm	7,0	10,0	13,0	8,0		20 cm	7,0	10,0	13,0	8,0
	30 cm	8,0	10,0	12,0	9,0		30 cm	7,0	10,0	12,0	9,0
	40 cm	7,0	10,0	13,0	9,0		40 cm	7,0	10,0	13,0	9,0
	50 cm	9,0	11,0	10,0	8,0		50 cm	9,0	11,0	10,0	8,0
60 cm	10 cm	10,0	10,0	12,0	13,0	60 cm	10 cm	10,0	10,0	12,0	13,0
	20 cm	10,0	10,0	11,0	14,0		20 cm	10,0	10,0	11,0	14,0
	30 cm	11,0	9,0	12,0	13,0		30 cm	11,0	9,0	12,0	13,0
	40 cm	10,0	10,0	11,0	15,0		40 cm	9,0	10,0	11,0	15,0
	50 cm	11,0	10,0	13,0	12,0		50 cm	11,0	10,0	13,0	12,0
80 cm	10 cm	10,0	13,0	11,0	12,0	80 cm	10 cm	10,0	13,0	11,0	12,0
	20 cm	10,0	12,0	10,0	12,0		20 cm	10,0	12,0	10,0	12,0
	30 cm	11,0	12,0	13,0	11,0		30 cm	11,0	12,0	13,0	11,0
	40 cm	12,0	13,0	12,0	11,0		40 cm	12,0	13,0	12,0	11,0
	50 cm	12,0	13,0	11,0	12,0		50 cm	12,0	13,0	11,0	12,0

DIAMETRO DE TALLO FASE (MF) 21/IV/00											
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	6,0	8,0	11,0	8,0	60 cm	10 cm	9,0	10,0	11,0	12,0
	20 cm	7,0	9,0	13,0	8,0		20 cm	10,0	10,0	10,0	14,0
	30 cm	7,0	9,0	12,0	8,0		30 cm	10,0	9,0	12,0	12,0
	40 cm	7,0	10,0	13,0	8,0		40 cm	9,0	9,0	11,0	15,0
	50 cm	8,0	10,0	9,0	8,0		50 cm	10,0	9,0	12,0	12,0
80 cm	10 cm	9,0	12,0	10,0	11,0	80 cm					
	20 cm	10,0	11,0	10,0	12,0		40 cm	12,0	13,0	11,0	10,0
	30 cm	11,0	11,0	12,0	11,0		50 cm	12,0	12,0	11,0	12,0

Anexo 7. Longitud de panoja (cm) en 5 fases fenológicas

LONGITUD DE PANOJA FASE (DP) 2/II/00						LONGITUD DE PANOJA FASE (FL) 20/III/00					
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	2,1	2,3	1,4	2,3	40 cm	10 cm	8,3	12,5	10,1	9,4
	20 cm	2,4	2,9	1,4	2,0		20 cm	9,7	14,2	10,4	9,4
	30 cm	2,0	2,5	1,5	2,4		30 cm	8,7	13,1	12,3	11,6
	40 cm	2,1	3,1	1,7	2,7		40 cm	8,7	14,9	13,2	11,5
	50 cm	2,8	2,9	1,3	2,0		50 cm	11,2	14,9	9,2	10,4
60 cm	10 cm	2,3	2,8	2,9	2,0	60 cm	10 cm	12,2	12,8	17,4	15,0
	20 cm	1,6	2,5	2,5	1,6		20 cm	11,7	13,6	15,3	13,9
	30 cm	1,9	2,6	2,6	2,0		30 cm	12,0	11,4	18,0	15,4
	40 cm	1,5	2,3	2,4	1,6		40 cm	10,3	13,7	15,0	14,3
	50 cm	1,9	2,5	1,7	2,5		50 cm	13,9	11,8	13,6	16,0
80 cm	10 cm	2,5	1,6	2,8	3,1	80 cm	10 cm	12,6	12,6	14,2	17,2
	20 cm	2,9	2,3	3,1	2,6		20 cm	12,7	14,8	14,5	15,8
	30 cm	2,2	1,3	2,5	2,6		30 cm	14,4	10,8	17,3	17,2
	40 cm	2,3	2,8	2,8	2,7		40 cm	17,1	17,2	16,3	14,1
	50 cm	2,4	1,4	2,6	2,7		50 cm	15,5	11,0	15,4	15,4

LONGITUD DE PANOJA FASE (GL) 2/IV/00						LONGITUD DE PANOJA FASE (GM) 12/IV/00					
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	9,8	15,8	17,8	11,8	40 cm	10 cm	10,1	15,9	19,1	11,8
	20 cm	11,5	18,9	25,4	13,0		20 cm	11,7	19,4	26,5	13,2
	30 cm	10,6	16,6	25,4	15,5		30 cm	11,2	16,7	26,0	15,8
	40 cm	12,1	20,0	24,2	14,1		40 cm	12,5	20,3	25,3	14,6
	50 cm	15,1	21,2	17,3	14,9		50 cm	15,6	22,6	18,1	15,8
60 cm	10 cm	14,5	15,6	20,4	22,9	60 cm	10 cm	14,6	16,4	21,4	23,5
	20 cm	20,8	17,8	18,9	27,5		20 cm	21,1	18,0	19,3	29,9
	30 cm	18,2	14,0	23,0	25,7		30 cm	18,6	14,1	24,7	26,8
	40 cm	17,8	18,3	23,6	29,6		40 cm	17,9	18,8	23,8	30,4
	50 cm	20,4	15,6	25,1	23,0		50 cm	20,7	16,0	27,0	25,1
80 cm	10 cm	16,1	22,4	17,7	21,2	80 cm	10 cm	16,2	22,7	17,8	21,9
	20 cm	16,1	21,3	17,2	22,3		20 cm	16,4	22,4	18,1	23,2
	30 cm	20,7	23,2	25,4	23,6		30 cm	20,8	23,9	26,3	23,7
	40 cm	24,7	24,4	22,5	17,9		40 cm	24,7	26,0	23,1	18,4
	50 cm	23,3	25,8	20,5	21,7		50 cm	23,5	26,8	21,3	23,4

LONGITUD DE PANOJA FASE (MF) 21/IV/00											
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	10,1	15,9	19,1	11,8	60 cm	10 cm	14,6	16,4	21,4	23,5
	20 cm	11,7	19,4	26,5	13,2		20 cm	21,1	18,0	19,3	29,9
	30 cm	11,2	16,7	26,0	15,8		30 cm	18,6	14,1	24,7	26,8
	40 cm	12,5	20,3	25,3	14,6		40 cm	17,9	18,8	23,8	30,4
	50 cm	15,6	22,6	18,1	15,8		50 cm	20,7	16,0	27,0	25,1
80 cm	10 cm	16,2	22,7	17,8	21,9	80 cm	40 cm	24,7	26,0	23,1	18,4
	20 cm	16,4	22,4	18,1	23,2		50 cm	23,5	26,8	21,3	23,4
	30 cm	20,8	23,9	26,3	23,7						

Anexo 8. Diámetro de panoja (mm) en 5 fases fenológicas

DIAMETRO DE PANOJA FASE (DP) 2/II/00						DIAMETRO DE PANOJA FASE (FL) 20/III/00					
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	15,0	15,0	9,0	17,0	40 cm	10 cm	22,0	25,0	20,0	24,0
	20 cm	15,0	18,0	11,0	14,0		20 cm	22,0	29,0	22,0	22,0
	30 cm	14,0	17,0	10,0	15,0		30 cm	22,0	27,0	23,0	24,0
	40 cm	14,0	19,0	11,0	17,0		40 cm	22,0	29,0	24,0	27,0
	50 cm	16,0	19,0	9,0	14,0		50 cm	25,0	30,0	19,0	25,0
60 cm	10 cm	13,0	16,0	19,0	13,0	60 cm	10 cm	25,0	25,0	26,0	24,0
	20 cm	12,0	16,0	16,0	12,0		20 cm	23,0	26,0	27,0	24,0
	30 cm	13,0	17,0	17,0	13,0		30 cm	24,0	24,0	28,0	26,0
	40 cm	10,0	15,0	16,0	11,0		40 cm	20,0	25,0	27,0	25,0
	50 cm	14,0	17,0	12,0	16,0		50 cm	24,0	23,0	23,0	28,0
80 cm	10 cm	17,0	12,0	18,0	19,0	80 cm	10 cm	25,0	22,0	24,0	30,0
	20 cm	18,0	15,0	20,0	17,0		20 cm	27,0	25,0	26,0	28,0
	30 cm	15,0	10,0	17,0	18,0		30 cm	26,0	21,0	28,0	29,0
	40 cm	16,0	19,0	18,0	18,0		40 cm	27,0	30,0	28,0	28,0
	50 cm	16,0	11,0	17,0	17,0		50 cm	27,0	24,0	26,0	29,0

DIAMETRO DE PANOJA FASE (GL) 2/IV/00						DIAMETRO DE PANOJA FASE (GM) 12/IV/00					
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	9,8	15,8	17,8	11,8	40 cm	10 cm	10,1	15,9	19,1	11,8
	20 cm	11,5	18,9	25,4	13,0		20 cm	11,7	19,4	26,5	13,2
	30 cm	10,6	16,6	25,4	15,5		30 cm	11,2	16,7	26,0	15,8
	40 cm	12,1	20,0	24,2	14,1		40 cm	12,5	20,3	25,3	14,6
	50 cm	15,1	21,2	17,3	14,9		50 cm	15,6	22,6	18,1	15,8
60 cm	10 cm	14,5	15,6	20,4	22,9	60 cm	10 cm	14,6	16,4	21,4	23,5
	20 cm	20,8	17,8	18,9	27,5		20 cm	21,1	18,0	19,3	29,9
	30 cm	18,2	14,0	23,0	25,7		30 cm	18,6	14,1	24,7	26,8
	40 cm	17,8	18,3	23,6	29,6		40 cm	17,9	18,8	23,8	30,4
	50 cm	20,4	15,6	25,1	23,0		50 cm	20,7	16,0	27,0	25,1
80 cm	10 cm	16,1	22,4	17,7	21,2	80 cm	10 cm	16,2	22,7	17,8	21,9
	20 cm	16,1	21,3	17,2	22,3		20 cm	16,4	22,4	18,1	23,2
	30 cm	20,7	23,2	25,4	23,6		30 cm	20,8	23,9	26,3	23,7
	40 cm	24,7	24,4	22,5	17,9		40 cm	24,7	26,0	23,1	18,4
	50 cm	23,3	25,8	20,5	21,7		50 cm	23,5	26,8	21,3	23,4

DIAMETRO DE PANOJA FASE (MF) 21/IV/00											
Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Factor A	Factor B	B L O Q U E S			
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV
40 cm	10 cm	32,0	41,0	40,0	36,0	60 cm	10 cm	37,0	41,0	47,0	48,0
	20 cm	33,0	47,0	52,0	37,0		20 cm	44,0	41,0	47,0	55,0
	30 cm	33,0	43,0	50,2	42,0		30 cm	43,0	41,0	52,0	53,0
	40 cm	37,0	49,0	50,0	41,0		40 cm	41,0	46,0	53,0	57,0
	50 cm	41,0	51,0	40,0	40,0		50 cm	45,0	42,0	51,0	52,0
80 cm	10 cm	40,0	46,0	42,0	51,0	80 cm					
	20 cm	42,0	48,0	42,0	50,0		40 cm	54,0	56,0	50,0	47,0
	30 cm	51,0	49,0	53,0	52,0		50 cm	53,0	53,0	48,0	53,0

Anexo 9. Análisis de varianza para altura de planta (cm), en 5 fases fenológicas

Análisis de varianza para Altura de Planta (cm), Fase de Despunte de Panoja					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	185,91	61,97	0,37	0,78 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	274,95	137,48	0,82	0,48 NS
Error (a)	6	1000,45	166,74		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	44,18	11,04	0,57	0,68 NS
Interacción (AxB)	8	164,74	20,59	1,07	0,40 NS
Error (b)	36	695,24	19,31		
Total	59	2365,48			
Análisis de varianza para Altura de Planta (cm), Fase de la Floración					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	1820,58	606,86	1,78	0,25 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	2037,23	1018,62	2,99	0,13 NS
Error (a)	6	2046,15	341,02		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	56,48	14,12	0,29	0,88 NS
Interacción (AxB)	8	108,21	13,53	0,28	0,96 NS
Error (b)	36	1729,59	48,04		
Total	59	7798,26			
Análisis de varianza para Altura de Planta (cm), Fase de Grano Lechoso					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	3142,49	1047,49	1,39	0,33 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	2268,37	1134,19	1,51	0,29 NS
Error (a)	6	4514,11	752,35		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	160,44	40,11	0,73	0,58 NS
Interacción (AxB)	8	175,84	21,98	0,40	0,91 NS
Error (b)	36	1989,24	55,26		
Total	59	12250,49			
Análisis de varianza para Altura de Planta (cm), Fase de Grano Masoso					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	3067,37	1022,46	1,37	0,34 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	2243,58	1121,79	1,50	0,29 NS
Error (a)	6	4494,09	749,01		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	168,87	42,22	0,77	0,55 NS
Interacción (AxB)	8	177,19	22,15	0,40	0,91 NS
Error (b)	36	1976,87	54,91		
Total	59	12127,97			
Análisis de varianza para Altura de Planta (cm), Fase de Madurez Fisiológica					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	3067,37	1022,46	1,37	0,34 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	2243,58	1121,79	1,50	0,29 NS
Error (a)	6	4494,09	749,01		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	168,87	42,22	0,77	0,55 NS
Interacción (AxB)	8	177,19	22,15	0,40	0,91 NS
Error (b)	36	1976,87	54,91		
Total	59	12127,97			

Anexo 10. Análisis de varianza para diámetro de tallo (mm), en 5 fases fenológicas

Análisis de varianza para Diám. de Tallo (mm), Fase de Despunte de Panoja					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	10,59	3,53	3,9	0,07 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	26,22	13,11	14,48	0,005 **
Error (a)	6	5,43	0,9		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	0,65	0,16	0,27	0,89 NS
Interacción (AxB)	8	4,53	0,57	0,94	0,49 NS
Error (b)	36	21,63	0,6		
Total	59	69,05			
Análisis de varianza para Diám. de Tallo (mm), Fase de la Floración					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	28,74	9,58	1,05	0,1 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	51,39	25,69	2,82	0,14 NS
Error (a)	6	54,66	9,11		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	2,09	0,52	0,75	0,56 NS
Interacción (AxB)	8	3,09	0,38	0,55	0,81 NS
Error (b)	36	25,09	0,69		
Total	59	165,08			
Análisis de varianza para Diám. de Tallo (mm), Fase de Grano Lechoso					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	31,79	10,59	0,93	0,48 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	54,39	27,19	2,39	0,17 NS
Error (a)	6	68,35	11,39		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	3,54	0,88	1,15	0,34 NS
Interacción (AxB)	8	2,37	0,29	0,39	0,92 NS
Error (b)	36	27,67	0,77		
Total	59	188,12			
Análisis de varianza para Diám. de Tallo (mm), Fase de Grano Masoso					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	32,43	10,81	0,94	0,48 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	56,77	28,39	2,47	0,17 NS
Error (a)	6	69,01	11,5		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	3,93	0,98	1,24	0,31 NS
Interacción (AxB)	8	2,84	0,35	0,45	0,88 NS
Error (b)	36	28,64	0,79		
Total	59	193,63			
Análisis de varianza para Diám. de Tallo (mm), Fase de Madurez Fisiológica					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	34,62	11,54	1,01	0,45 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	53,74	26,87	2,34	0,18 NS
Error (a)	6	68,84	11,47		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	5,51	1,38	1,68	0,18 NS
Interacción (AxB)	8	2,82	0,35	0,43	0,89 NS
Error (b)	36	29,49	0,82		
Total	59	195,03			

Anexo 11. Análisis de varianza para longitud de panoja (cm), en 5 fases fenológicas

Análisis de varianza para Long. de panoja (cm), Fase de Despunte de Panoja					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	0,31	0,1	0,08	0,97 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	0,99	0,49	0,36	0,71 NS
Error (a)	6	8,29	1,38		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	0,24	0,06	0,62	0,64 NS
Interacción (AxB)	8	1,65	0,2	2,13	0,05 NS
Error (b)	36	3,49	0,09		
Total	59	14,99			
Análisis de varianza para Long. de Panoja (cm), Fase de la Floración					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	42,06	14,02	0,98	0,46 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	140,22	70,11	4,89	0,05 NS
Error (a)	6	86,04	14,34		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	8,13	2,03	0,83	0,51 NS
Interacción (AxB)	8	14,38	1,79	0,73	0,66 NS
Error (b)	36	88,31	2,45		
Total	59	379,14			
Análisis de varianza para Long. De Panoja (cm), Fase de Grano Lechoso					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	187,97	62,66	0,98	0,49 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	272,79	136,39	1,93	0,22 NS
Error (a)	6	423,16	70,53		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	98,79	24,69	4,11	0,007 **
Interacción (AxB)	8	35,74	4,47	0,74	0,65 NS
Error (b)	36	216,10	6,00		
Total	59	1234,58			
Análisis de varianza para Long. de Panoja (cm), Fase de Grano Masoso					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	245,12	81,7	1,01	0,45 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	288,11	144,05	1,79	0,24 NS
Error (a)	6	483,15	80,52		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	113,75	28,44	4,29	0,006 **
Interacción (AxB)	8	29,58	3,69	0,56	0,80 NS
Error (b)	36	238,51	6,62		
Total	59	1398,22			
Análisis de varianza para Long. de Panoja (cm), Fase de Madurez Fisiológica					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	245,12	81,7	1,01	0,45 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	288,11	144,05	1,79	0,24 NS
Error (a)	6	483,15	80,52		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	113,75	28,44	4,29	0,006 **
Interacción (AxB)	8	29,58	3,69	0,56	0,80 NS
Error (b)	36	238,51	6,62		
Total	59	1398,22			

Anexo 12. Análisis de varianza para diámetro de panoja (mm), en 5 fases fenológicas

Análisis de varianza para Diám. de Panoja (mm), Fase de Despunte de Panoja					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	15,76	5,25	0,12	0,14 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	56,72	28,36	0,66	0,55 NS
Error (a)	6	257,39	42,89		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	5,42	1,35	0,51	0,72 NS
Interacción (AxB)	8	37,92	4,74	1,78	0,11 NS
Error (b)	36	95,77	2,66		
Total	59	468,98			
Análisis de varianza para Diám. de Panoja (mm), Fase de la Floración					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	35,79	11,93	0,45	0,2 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	61,9	30,95	1,17	0,37 NS
Error (a)	6	158,44	26,4		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	16,74	4,18	1,22	0,32 NS
Interacción (AxB)	8	22,19	2,77	0,81	0,59 NS
Error (b)	36	123,1	3,42		
Total	59	418,17			
Análisis de varianza para Diám. de Panoja (mm), Fase de Grano Lechoso					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	314,72	104,91	1,27	0,36 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	495,95	247,97	2,99	0,12 NS
Error (a)	6	496,84	82,81		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	242,29	60,57	6,76	0,0004 **
Interacción (AxB)	8	49,26	6,16	0,69	0,69 NS
Error (b)	36	322,51	8,96		
Total	59	1921,57			
Análisis de varianza para Diám. de Panoja (mm), Fase de Grano Masoso					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	349,13	116,38	1,10	0,42 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	590,00	295,00	2,80	0,13 NS
Error (a)	6	632,53	105,42		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	343,31	85,83	7,88	0,0001 **
Interacción (AxB)	8	61,14	7,64	0,70	0,69 NS
Error (b)	36	392,08	10,89		
Total	59	2368,20			
Análisis de varianza para Diám. de Panoja (mm), Fase de Madurez Fisiológica					
Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	3	349,94	116,64	1,11	0,42 NS
Espaciamientos entre Surcos (A)	2	589,81	294,9	2,80	0,13 NS
Error (a)	6	632,64	105,44		
Espaciamientos entre Plantas (B)	4	343,51	85,87	7,89	0,0001 **
Interacción (AxB)	8	60,94	7,61	0,70	0,69 NS
Error (b)	36	391,65	10,88		
Total	59	2368,49			

Anexo 13. Prueba Duncan al 5%, para comparar la altura de planta (cm), debido al espaciamento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

Factor (A)	Desp.dePanoja		Floración		Gr. Lechoso		Gr. Masoso		Mad.Fisiológica	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
a1= 40 cm	28,47	b	53,57	b	60,46	b	60,68	b	60,68	b
a2= 60 cm	29,32	b	63,62	a	72,60	a	72,79	a	72,79	a
a3= 80 cm	33,38	a	67,37	a	74,25	a	74,36	a	74,37	a
Factor (B)	Espaciamento entre plantas									
b1= 10 cm	31,75	a	62,17	a	66,57	a	66,67	a	66,67	a
b2= 20 cm	30,85	a	61,42	a	68,88	a	69,00	a	69,00	a
b3= 30 cm	29,35	a	60,97	a	69,23	a	69,46	a	69,46	a
b4= 40 cm	30,32	a	62,92	a	71,72	a	71,96	a	71,96	a
b5= 50 cm	29,66	a	60,10	a	69,09	a	69,30	a	69,30	a

Cuadro 14. Prueba Duncan al 5%, para comparar el diámetro de tallo (mm) debido al espaciamento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

Factor (A)	Desp.dePanoja		Floración		Gr. Lechoso		Gr. Masoso		Mad.Fisiológica	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
a1= 40 cm	7,78	c	9,26	b	9,37	b	9,44	b	8,92	b
a2= 60 cm	8,79	b	11,12	a	11,35	a	11,37	a	10,79	a
a3= 80 cm	9,38	a	11,30	a	11,59	a	11,62	a	11,05	a
Factor (B)	Espaciamento entre plantas									
b1= 10 cm	8,73	a	10,26	a	10,39	a	10,39	a	9,75	b
b2= 20 cm	8,75	a	10,48	a	10,74	a	10,74	a	10,17	a b
b3= 30 cm	8,54	a	10,56	a	10,85	a	10,85	a	10,30	a b
b4= 40 cm	8,72	a	10,82	a	11,14	a	11,14	a	10,68	a
b5= 50 cm	8,50	a	10,68	a	10,88	a	10,92	a	10,37	a b

Cuadro 15. Prueba Duncan al 5%, para comparar la longitud de panoja (cm), debido al espaciamento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

Factor (A)	Desp.dePanoja		Floración		Gr. Lechoso		Gr. Masoso		Mad. Fisiológica	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
a1= 40 cm	2,18	b	11,18	b	16,54	b	17,09	b	17,09	b
a2= 60 cm	2,17	b	13,85	a	20,64	a	21,39	a	21,39	a
a3= 80 cm	2,45	a	14,79	a	21,40	a	22,03	a	22,03	a
Factor (B)	Espaciamento entre plantas									
b1= 10 cm	2,32	a	12,64	a	17,16	b	17,62	b	17,62	b
b2= 20 cm	2,31	a	13,99	a	19,22	a	19,92	a	19,92	a
b3= 30 cm	2,18	a	13,51	a	20,16	a	20,71	a	20,71	a
b4= 40 cm	2,32	a	13,86	a	20,75	a	21,29	a	21,29	a
b5= 50 cm	2,21	a	13,18	a	20,33	a	21,31	a	21,31	a

Cuadro 16. Prueba Duncan al 5%, para comparar el diámetro de panoja (mm), debido al espaciamiento entre surcos y plantas en 5 fases fenológicas

Factor (A)	Desp.dePanoja		Floración		Gr. Lechoso		Gr. Masoso		Mad.Fisiológica	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
a1= 40 cm	14,35	b	24,08	b	40,34	c	41,57	c	41,57	c
a2= 60 cm	14,36	b	24,85	b	44,89	b	46,79	b	46,79	b
a3= 80 cm	16,41	a	26,51	a	47,27	a	49,07	a	49,06	a
Factor (B)	Espaciamiento entre plantas									
b1=10 cm	15,27	a	24,34	a	40,79	c	41,66	c	41,66	c
b2=20 cm	15,23	a	25,01	a	43,17	c b	44,85	c b	44,85	c b
b3=30 cm	14,61	a	25,11	a	44,81	a b	46,65	a b	46,65	a b
b4=40 cm	15,35	a	25,98	a	46,49	a	48,49	a	48,49	a
b5=50 cm	14,75	a	25,31	a	45,56	a b	47,40	a b	47,40	a b

Anexo 17. ANVA (cuadrados medios) para el peso de 100 granos, diámetro de grano, espesor de grano, índice de cosecha y peso hetolítrico debido al espaciamiento entre surcos y plantas

FV	GL	P100 granos (gr)	Diám.grano (mm)	Esp.grano (mm)	Indice de cosecha	P. Hecto. (kg/hl)
Bloques	3	0,002 N.S.	0,001 *	0,025 N.S.	0,006 N.S.	1,30 N.S.
Esp.entre Surcos (A)	2	0,0003 N.S.	0,00003 N.S.	0,02 N.S.	0,002 N.S.	2,67 N.S.
Error (a)	6	0,001	0,0003	0,015	0,01	3,09
Esp.entre Plantas (B)	4	0,0003 N.S.	0,0006 N.S.	0,02 N.S.	0,004 N.S.	4,57 *
Interacción (AxB)	8	0,0001 N.S.	0,0005 N.S.	0,017 N.S.	0,006 N.S.	1,19 N.S.
Error (b)	36	0,001	0,0005	0,017	0,006	1,55
Total	59					
CV		6,49%	0,90%	10,55%	16,47%	1,78%

Anexo 18. Prueba Duncan al 5%, para comparar el peso de 100 granos, diámetro de grano, espesor de grano, índice de cosecha y peso hetolítrico debido al espaciamiento entre surcos y plantas

Factor (A)	P.de100granos		Diám.de grano		Esp.degrano		Ind.de cosecha		P. hectolítrico	
	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan	Media	Duncan
a1= 40 cm	0,56	a	2,45	a	1,21	a	0,45	a	70,12	a
a2= 60 cm	0,56	a	2,45	a	1,27	a	1,48	a	69,95	a
a3= 80 cm	0,57	a	2,45	a	1,27	a	0,46	a	69,42	a
Factor (B)										
b1= 10 cm	0,56	a	2,45	a	1,26	a	0,48	a	70,42	a
b2= 20 cm	0,57	a	2,44	a	1,18	a	0,47	a	70,31	a
b3= 30 cm	0,57	a	2,45	a	1,27	a	0,45	a	70,07	a b
b4= 40 cm	0,56	a	2,44	a	1,27	a	0,44	a	69,22	b
b5= 50 cm	0,57	a	2,46	a	1,28	a	0,48	a	69,11	b

Anexo 19. Número de plantas por hectárea

Factor A	Factor B	B L O Q U E S				Prom/Trat.
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	
40 cm	10 cm	378125,00	400000,00	378125,00	362500,00	379687,50
	20 cm	181250,00	175000,00	181250,00	193750,00	182812,50
	30 cm	128125,00	121875,00	112500,00	128125,00	122656,25
	40 cm	96875,00	96875,00	96875,00	100000,00	97656,25
	50 cm	78125,00	78125,00	84375,00	78125,00	79687,50
60 cm	10 cm	220833,00	252083,00	208333,00	227083,00	227083,00
	20 cm	93750,00	122916,00	120833,00	112500,00	112499,75
	30 cm	83333,00	85416,00	87500,00	81250,00	84374,75
	40 cm	62500,00	64583,00	66666,00	58333,00	63020,50
	50 cm	54166,00	52083,00	60416,00	52083,00	54687,00
80 cm	10 cm	171875,00	176562,00	179687,00	178125,00	176562,25
	20 cm	92187,00	90625,00	98437,00	109375,00	97656,00
	30 cm	65625,00	62500,00	60937,00	70321,00	64845,75
	40 cm	51562,00	48437,00	46875,00	48437,00	48827,75
	50 cm	37500,00	37500,00	40625,00	39062,00	38671,75

Anexo 20. Rendimiento de grano de quina en (kg/ha)

Factor A	Factor B	B L O Q U E S				PROM.
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	
40 cm	10 cm	1735,63	3817,18	3084,68	1591,25	2557,19
	20 cm	1081,56	3569,68	2344,68	1618,43	2153,59
	30 cm	966,25	2178,43	2944,06	2057,18	2036,48
	40 cm	950,31	2515,93	2244,06	1273,43	1745,93
	50 cm	1114,37	2371,25	2047,80	1080,00	1653,36
60 cm	10 cm	1779,38	2724,38	3408,54	2921,66	2708,49
	20 cm	1382,70	1714,17	2140,00	3758,33	2248,80
	30 cm	1744,38	1184,79	2736,25	2610,00	2068,86
	40 cm	1071,87	1555,83	2172,29	2710,83	1877,71
	50 cm	1078,54	1577,22	1729,08	1861,04	1561,47
80 cm	10 cm	1844,50	2795,78	2243,43	2839,21	2430,73
	20 cm	1427,66	2291,88	1935,93	2238,90	1973,59
	30 cm	1897,34	1341,40	1767,66	2004,06	1752,62
	40 cm	1838,28	1736,09	1651,09	1170,46	1598,98
	50 cm	1230,94	1323,75	1060,15	1162,19	1194,26

Anexo 21. Rendimiento de broza en (kg/ha)

Factor A	Factor B	B L O Q E S				PROM.
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	
40 cm	10 cm	706,87	2131,25	2359,68	812,50	1502,58
	20 cm	488,12	1956,56	1600,93	794,68	1210,07
	30 cm	375,93	1353,12	2161,25	1183,43	1268,43
	40 cm	496,56	1390,31	1674,37	649,06	1052,58
	50 cm	684,37	1398,43	1523,43	644,37	1062,65
60 cm	10 cm	913,33	1536,45	1987,29	1821,87	1564,74
	20 cm	797,08	818,75	1306,87	2583,54	1376,56
	30 cm	877,70	680,42	1482,50	1605,00	1161,41
	40 cm	920,00	903,54	1289,79	1979,37	1273,18
	50 cm	785,20	395,00	1317,29	1219,79	929,32
80 cm	10 cm	995,31	1726,09	1222,97	1490,93	1358,83
	20 cm	634,84	1262,03	893,90	1333,90	1031,17
	30 cm	1115,31	1006,25	1039,68	1159,06	1080,08
	40 cm	1237,18	1110,62	871,40	686,25	976,36
	50 cm	857,50	859,22	654,22	737,03	776,99

Anexo 22. Rendimiento de "jipi" en (kg/ha)

Factor A	Factor B	B L O Q E S				PROM.
Esp.Surcos	Esp.Plantas	I	II	III	IV	
40 cm	10 cm	929,06	1999,68	1633,12	911,56	1368,36
	20 cm	703,75	2374,68	1654,68	1036,56	1442,42
	30 cm	556,56	1467,18	2042,80	1248,50	1328,76
	40 cm	646,25	1430,62	1674,06	820,62	1142,89
	50 cm	650,00	1604,37	1492,81	801,87	1137,26
60 cm	10 cm	921,66	1397,50	1700,62	1690,20	1427,50
	20 cm	789,33	995,00	1262,08	1018,54	1016,24
	30 cm	845,83	663,54	1608,33	1776,04	1223,44
	40 cm	749,79	995,20	1327,50	1915,62	1247,03
	50 cm	655,83	413,96	1282,08	1273,75	906,41
80 cm	10 cm	882,34	1704,68	989,06	1331,87	1226,99
	20 cm	738,59	1376,87	976,56	1169,84	1065,47
	30 cm	1063,43	948,12	1092,96	1195,78	1075,07
	40 cm	1018,75	1134,68	901,25	804,21	964,72
	50 cm	717,03	890,47	576,09	750,62	733,55

Anexo 23. Interacciones de los espaciamientos entre surcos vs. plantas

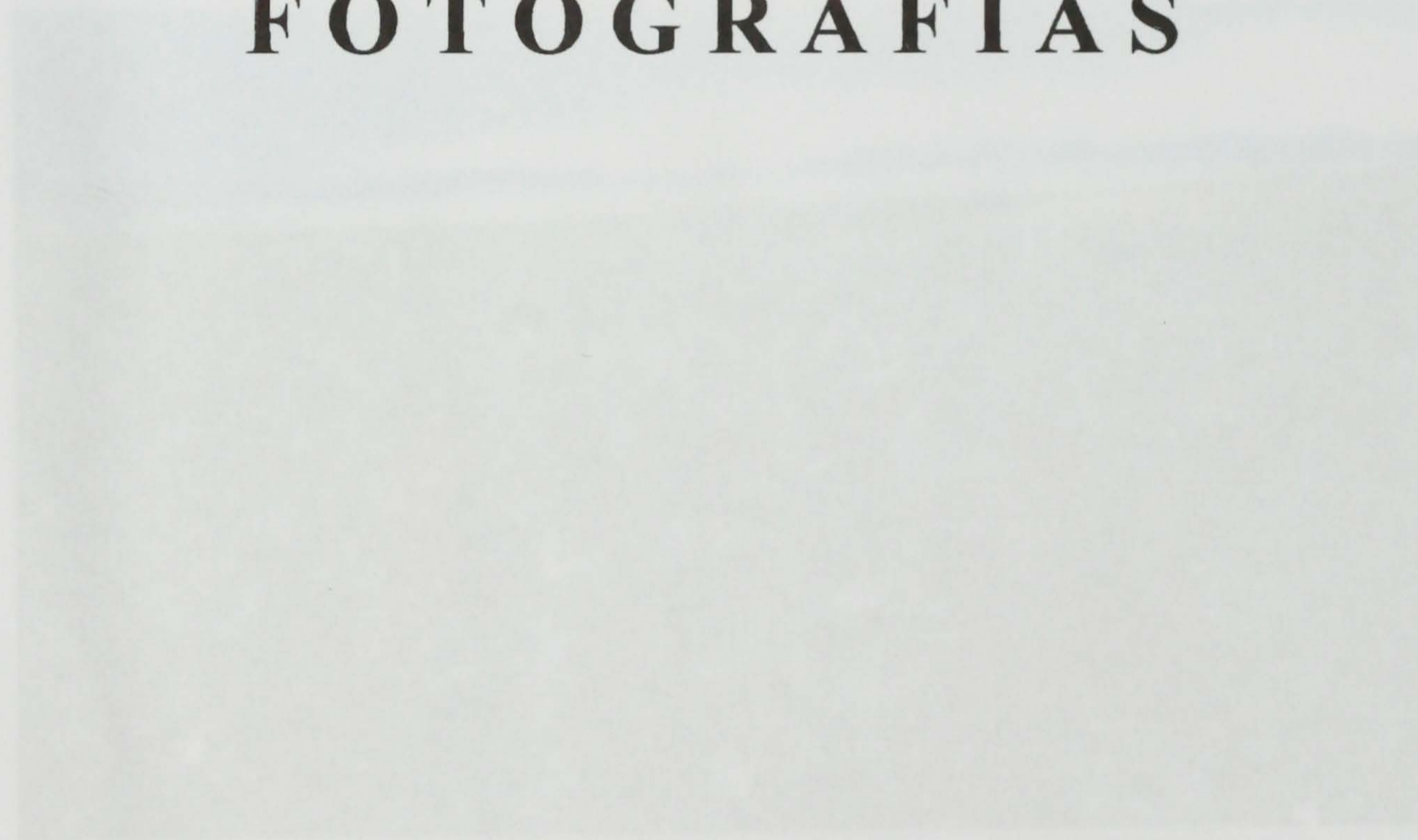
Tratamiento	Rendimiento en (kg/ha)			Peso100 granos(gr)	Diám.grano (mm)	Esp.grano (mm)	PH (kg/hl)	Ind.cosech.
	grano	broza	jipi					
T1(a1-b1)	2557,18	1502,57	1368,35	0,56	2,45	1,263	71,50	0,467
T2(a1-b2)	2153,58	1210,07	1442,41	0,56	2,45	1,003	70,82	0,455
T3(a1-b3)	2036,48	1268,43	1328,76	0,57	2,46	1,272	70,30	0,455
T4(a1-b4)	1745,93	1052,57	1142,88	0,56	2,44	1,259	69,00	0,445
T5(a1-b5)	1653,35	1062,65	1137,26	0,56	2,44	1,266	68,97	0,432
T6(a2-b1)	2708,49	1564,73	1427,49	0,56	2,44	1,262	70,02	0,475
T7(a2-b2)	2248,80	1376,56	1016,24	0,57	2,44	1,268	70,62	0,457
T8(a2-b3)	2068,85	1161,40	1223,43	0,57	2,45	1,281	70,57	0,445
T9(a2-b4)	1877,70	1273,17	1247,02	0,56	2,44	1,278	69,3	0,435
T10(a2-b5)	1561,47	929,32	906,40	0,56	2,46	1,271	69,25	0,432
T11(a3-b1)	2430,73	1358,82	1226,98	0,56	2,45	1,265	69,75	0,475
T12(a3-b2)	1973,59	1031,16	1065,46	0,57	2,44	1,264	69,50	0,465
T13(a3-b3)	1752,61	1080,07	1075,07	0,57	2,44	1,265	69,35	0,447
T14(a3-b4)	1598,98	976,36	964,72	0,57	2,44	1,260	69,37	0,447
T15(a3-b5)	1194,26	776,99	733,52	0,58	2,46	1,292	69,12	0,442

FOTOGRAFÍAS



Elenco de plantas de agua dulce de las montañas de la zona

FOTOGRAFÍAS



Agencia Nacional de Estadística



Raleo de plantas de acuerdo a los espaciamentos entre plantas



Inicio de floración



Fase de grano lechoso



Fase de grano masoso



Inicio de la fase de madurez fisiológica



Medición del diámetro de panoja

