



Theses and Dissertations

2002

Spacing between rows and plants in two ecotypes of Kanawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) in the northern highlands

Wilfredo Pablo Marín Parra
Brigham Young University - Provo

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



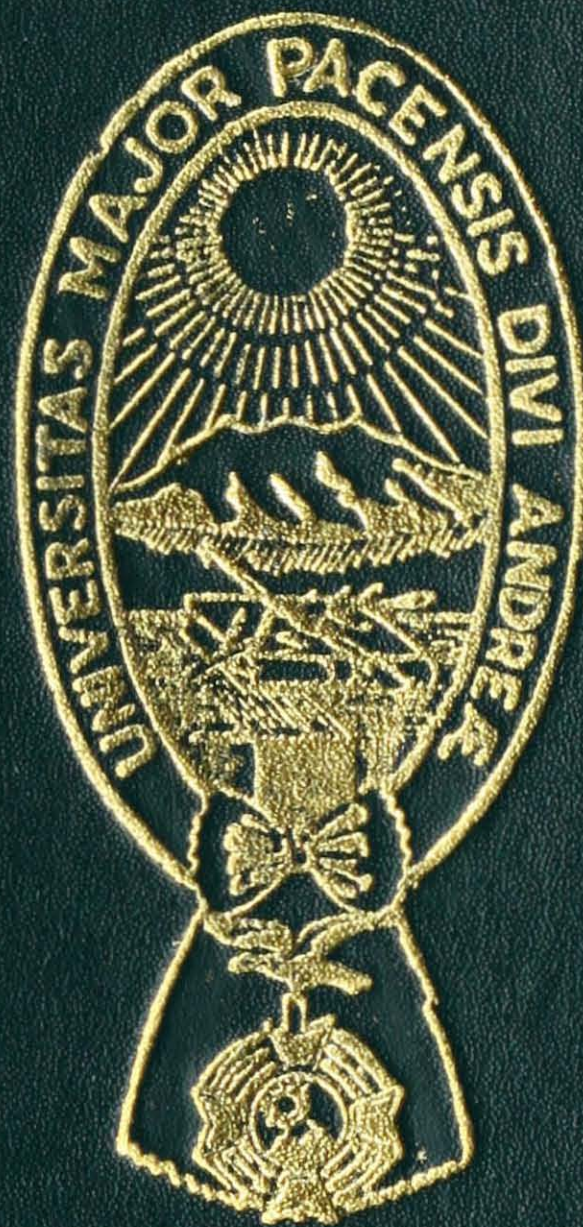
Part of the [Agriculture Commons](#)

BYU ScholarsArchive Citation

Marín Parra, Wilfredo Pablo, "Spacing between rows and plants in two ecotypes of Kanawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) in the northern highlands" (2002). *Theses and Dissertations*. 5398.
<https://scholarsarchive.byu.edu/etd/5398>

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

**DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS Y
PLANTAS EN DOS ECOTIPOS DE KAÑAWA
(Chenopodium pallidicaule Aellen) EN EL
ALTIPLANO NORTE**

**Presentado por:
Wilfredo Pablo Marín Parra**

**LA PAZ - BOLIVIA
2002**

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



TESIS DE GRADO

**DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS Y
PLANTAS EN DOS ECOTIPOS DE KAÑAWA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN EL
ALTIPLANO NORTE**

Presentado por:

WILFREDO PABLO MARÍN PARRA

LA PAZ – BOLIVIA
2002

Distance between rows and plants in two ecotypes of canihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) in the northern Altiplano

Wilfredo Pablo Marin Parra

Faculty of Agronomy • San Andrés Higher University (La Paz, Bolivia)

Agronomic Engineer • 2002

The study “Distance between rows and plants in two ecotypes of canihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) in the northern Altiplano” was conducted during the agricultural period of 1999–2000 in the community of Achaca, Tiahuanaco canton, Ingavi province, department of La Paz, Bolivia. It was at 3854 meters above sea level, 16°35' South latitude by 68°41' West longitude. Precipitation was 474.6 mm and the soil was a loose sandy texture. The genetic material was composed of the ecotypes of yellow Lasta, red Lasta, yellow Saihua, and red Saihua, from the Belén Experimental Station, part of the Faculty of Agronomy, San Andrés Higher University.

With the objective to evaluate the effect of distance between rows and between plants on the agronomic behavior of two ecotypes of Canihua in the northern Altiplano, planting took place on December 20, 1999, in rows 20, 40, and 60 cm apart, at a density of 4 kg/ha, all of it under a random block design with plots sub-subdivided. The principal plot set the distance between rows, the subplot set the distance between plants, and the sub-subplot the different ecotypes. Thirty-five days after planting the plants were thinned by hand, and with the use of a cord they were located at pre-established distances of 10, 20, and 30 cm between plants.

The effects of the different distances on the ecotypes gave the following results and principal conclusions:

- The height and stem width of canihua was directly proportional to the different distances between plants and rows, and inversely proportional to the number of plants per area. The maximum values reached for height (21.4 cm) and diameter (2.5mm) occurred with 60 cm between rows and 101,852 plants per hectare. Also, the yellow Saihua ecotype was taller than the rest of the ecotypes at 19.1 cm. As for diameter, the ecotypes presented statistically similar behavior.
- The harvest index with 30 cm between plants and 40 cm between rows had a value of 0.32, higher than the rest of the treatments. Also, red Saihua and yellow Saihua ecotypes had high harvest indexes with a value of 0.29
- Higher shoot yields were obtained at 10 cm and 30 cm between plants and 40 cm between rows, with yields of 1689.7 kg/ha and 1384.7 kg/ha in a population of 250,000 plants/ha and 83,333 plants/ha respectively. Also, the yellow Saihua ecotype gave the best shoot yield (1185.4 kg/ha) at 30 cm between plants at the extremes of distance between rows.
- The canihua grain yield is significantly determined by the distance between rows and plants, yielding 688.2 kg/ha and 647 kg/ha, greater than all other treatments, at distances of 30 cm and 10 cm between plants, respectively, and 40 cm between rows. Also, the red Lasta and yellow Saihua ecotypes with 40 cm between rows gave the best grain yield with 598.3 kg/ha and 561.9 kg/ha, respectively.
- Treatment 23, with 30 cm between plants and 40 cm between rows of yellow Saihua, and treatment 16, with 10 cm between plants and 40 cm between rows of red Saihua, are interesting alternatives. However, treatment 23 is recommended with a marginal yield of 1055.5% relative to treatment 35—which corresponds to 30 cm between plants and 60 cm between rows of yellow Saihua—and a benefit:cost ratio of 19.4, higher than treatment 16's benefit:cost ratio of 17.6.

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

DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS Y PLANTAS EN DOS
ECOTIPOS DE KAÑAWA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN
EL ALTIPLANO NORTE

Tesis de grado para obtener el título de:

LICENCIATURA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Presentado por:

WILFREDO PABLO MARÍN PARRA

ASESORES:

Ing. M Sc. Alejandro Bonifacio Flores

Ing. M Sc. Félix Mamani Reynoso

TRIBUNALES:

Ing. M Sc. Félix Rojas Ponce

Ing. M Sc. Orlando Espinoza Canedo

Ing. René Calatayud Valdez

VoBo.

Ing. M Sc. René Terán Céspedes

DECANO

LA PAZ - BOLIVIA

2002

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer al Sr. Ing. M. Sc. Abelardo González Flores y al Sr. Raúl Martínez Ramírez, por el asesoramiento, guía y orientación en la realización del presente trabajo, los cuales me hubieran sido de gran ayuda si no fuera por el apoyo de mi familia y amigos.

Un sincero reconocimiento al Excmo. Titular, Director Agrícola and Forestal de la Universidad de Costa Rica, Ing. M. Sc. Juan B. A. Quiroz, por haberme brindado el apoyo y facilidades para la realización de este trabajo, con especial mención a la Dra. M. Sc. Lidia Chacón.

Un agradecimiento a los señores Ing. M. Sc. Pablo Rojas Parra, Ing. M. Sc. Orlando Espinoza e Ing. René Calvo por su revisión, observaciones y enriquecimiento del presente trabajo.

Un más sincero agradecimiento al Ing. M. Sc. Jorge Guzmán Gallo por su asesoría y colaboración en la redacción del presente trabajo.

DEDICATORIA:

A los seres que más amo y respeto, mis padres Julia y Ciriaco, quienes siempre compartieron mis triunfos y mis derrotas; los mejores amigos que tengo.

A mi querida esposa Dora, quién supo apoyarme en la culminación de esta etapa de mi carrera profesional.

A mí estimado hermano F. Edwin.

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi agradecimiento, al Ing. M Sc. Alejandro Bonifacio Flores y al Ing. Félix Mamani Reynoso, por el asesoramiento, guía y orientación en la realización del presente trabajo, sin los cuales no hubiera sido posible su ejecución.

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

Mi agradecimiento a los señores tribunales, Ing. M Sc. Félix Rojas Ponce, Ing. M Sc. Orlando Espinoza e Ing. Rene Calatayud Valdez, por la revisión, observaciones y enriquecimiento del presente trabajo.

Mi mas sincero agradecimiento al Ing M Sc. Jorge Guzmán Calla por su orientación y asesoramiento en la redacción del presente trabajo.

Mi sincero agradecimiento al MVZ M Sc. Santiago Copa por su apoyo y enriquecimiento al presente trabajo; a la Sra, Wilma Alanoca por su apoyo y aliento para la culminación de esta etapa de mi carrera profesional.

Al Sr. TN. DIM. Gonzalo Lobatón Camacho por su apoyo y amistad sin el cual no hubiera sido posible la conclusión de la presente Tesis.

A la Lic. Teresa Callisaya Parra, por su colaboración durante los años de mi formación.

Mi agradecimiento al Ing. Ramiro Ochoa por su amistad y colaboración en el presente trabajo.

INDICE GENERAL

A todos los Docentes de la Facultad de Agronomía, por los conocimientos y experiencias impartidas en los años de mi formación.

A los compañeros becarios: José Ferrufino, Milton Pinto y Luis Asturizaga, con quienes compartí gratos momentos durante el trabajo de campo de la tesis.

A los compañeros y amigos de estudio: Jhonny Lujan, Rosa Cupana, Crispín, Franz, Ernesto, Estanislao, Juvenal, Juan Pablo, quienes me brindaron su amistad y apoyo.

INDICE

1. INTRODUCCION

1.1. Importancia de la labor

1.2. Origen y aspectos históricos de la labor

1.3. Características del cultivo

1.3.1. Características botánicas

1.3.2. Epoca de siembra

1.3.3. Sistema de siembra

1.3.4. Fertilización

1.3.5. Labores culturales

1.3.6. Riego de riego

1.3.7. Plagas

1.3.8. Enfermedades

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Localización y organización del área de experimentación

2.2. Materiales

ÍNDICE GENERAL

	Página
CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
HIPÓTESIS	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Importancia de la kañawa	3
2.2. Origen y aspectos botánicos de la kañawa	6
2.3. Características del cultivo	6
2.3.1. Características botánicas	6
2.3.2. Época de siembra	6
2.3.3. Sistema de siembra	7
2.3.4. Fases fenológicas	8
2.3.5. Labores culturales	9
2.3.6. Ritmo de crecimiento	9
2.3.7. Rendimiento	9
2.4. Plagas y enfermedades	11
3. MATERIALES Y MÉTODO	12
3.1. Localización y características del área de experimento	13
3.2. Fisiografía	13

3.3.	Agroecología de la zona	16
3.3.1.	Vegetación predominante	17
3.3.2.	Cultivos predominantes	17
3.4.	Material experimental	18
3.4.1.	Material genético	18
3.4.2.	Material de trabajo (campo)	19
3.5.	Metodología de campo	20
3.5.1.	Preparación del sitio del experimento	20
3.5.2.	Muestreo y análisis de suelo	20
3.5.3.	Siembra	20
3.5.4.	Raleo	21
3.5.5.	Labores culturales	21
3.5.5.1.	Control de malezas	21
3.5.5.2.	Control de plagas y enfermedades	21
3.5.6.	Cosecha	22
3.5.7.	Trilla y limpieza de semilla	22
3.6.	Procedimiento experimental	23
3.6.1.	Diseño experimental	23
3.6.1.1.	Modelo estadístico	23
3.6.2.	Factores estudio	24
3.6.3.	Tratamientos	24
3.6.4.	Características de la unidad experimental	25
3.6.5.	Variables agronómicas	28
	Altura de planta	28
	Diámetro de tallo	28
	Índice de tallo	28
	Índice de hoja	28
	Índice de cosecha	29
	Rendimiento de fitomasa	29
	Rendimiento de broza	29
	Rendimiento de grano	29

	Peso de 1000 granos	30
	Diámetro de grano	30
	Espesor de grano	30
3.6.5.1.	Análisis de costos parciales de producción	30
3.6.6.	Proceso del análisis de datos	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	Clima y suelo	33
4.2.	Análisis estadístico de las variables de respuesta	36
4.2.1.	Altura de planta (cm)	37
4.2.1.1.	Altura de planta en tres distancias entre surcos (A)	38
4.2.1.2.	Altura de planta de ecotipos (C)	40
4.2.2.	Diámetro de tallo (mm)	42
4.2.2.1.	Diámetro de tallo en tres distancias entre surcos (A)	43
4.2.2.2.	Diámetro de tallo en tres distancias entre plantas (B)	44
4.2.3.	Índice de tallo	45
4.2.3.1.	Índice de tallo en tres distancias entre plantas (B)	46
4.2.3.2.	Índice de tallo para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	47
	Prueba de Duncan para distancia entre plantas (B) en el primer nivel de distancia entre surcos (20 cm)	48
	Prueba de Duncan para distancia entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)	49
4.2.3.3.	Índice de tallo para ecotipos (C)	51
4.2.4.	Índice de hoja	53
4.2.4.1.	Índice de hoja en tres distancias entre plantas (B)	54
4.2.5.	Índice de cosecha	55
4.2.5.1.	Índice de cosecha en tres distancias entre surcos (A)	56
4.2.5.2.	Índice de cosecha para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	57

	Prueba de Duncan para la distancia entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)	58
4.2.5.3.	Índice de cosecha para ecotipos (C)	60
4.2.6.	Rendimiento de fitomasa (kg/ha)	61
4.2.6.1.	Rendimiento de fitomasa en tres niveles de distancia entre surcos (A)	62
4.2.6.2.	Rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	64
	Prueba de Duncan para distancia entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)	66
4.2.6.3.	Rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)	67
	Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	69
4.2.7.	Rendimiento de broza (kg/ha)	71
4.2.7.1.	Rendimiento de broza en tres niveles de distancia entre surcos (A)	72
4.2.7.2.	Rendimiento de broza para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	73
	Prueba de Duncan para comparar las distancias entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surco (40 cm)	74
4.2.7.3.	Rendimiento de broza para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)	76
	Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	78
4.2.8.	Rendimiento de grano (kg/ha)	80
4.2.8.1.	Rendimiento de grano en tres niveles de distancia entre surcos (A)	81
4.2.8.2.	Rendimiento de grano para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	82
	Prueba de Duncan para distancia entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)	84
4.2.8.3.	Rendimiento de grano para la interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC)	85

	Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	87
Cuadro 7	4.2.8.4. Rendimiento de grano para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)	88
Cuadro 8	Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	89
Cuadro 9	4.2.9. Peso de 1000 granos (mg)	91
Cuadro 10	4.2.10. Diámetro de grano (mm)	92
Cuadro 11	4.2.11. Espesor de grano (mm)	93
Cuadro 12	4.2.11.1. Espesor de grano en tres distancias entre surcos (A)	94
Cuadro 13	4.2.12. Correlación y regresión de las variables de respuesta respecto al rendimiento de grano	96
Cuadro 14	4.3. Análisis de costos parciales de producción.	98
Cuadro 15	5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
Cuadro 16	5.1. Conclusiones	104
Cuadro 17	5.2. Recomendaciones	106
Cuadro 18	6. BIBLIOGRAFÍA	107
Cuadro 19	Análisis de varianzas para el efecto de la distancia entre plantas	85
Cuadro 20	Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	87
Cuadro 21	Análisis de varianzas para el efecto de la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)	88
Cuadro 22	Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	89
Cuadro 23	Peso de 1000 granos (mg)	91
Cuadro 24	Diámetro de grano (mm)	92
Cuadro 25	Espesor de grano (mm)	93
Cuadro 26	Espesor de grano en tres distancias entre surcos (A)	94
Cuadro 27	Correlación y regresión de las variables de respuesta respecto al rendimiento de grano	96
Cuadro 28	Análisis de costos parciales de producción.	98
Cuadro 29	Análisis de varianzas para el efecto de la distancia entre plantas	85
Cuadro 30	Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	87
Cuadro 31	Análisis de varianzas para el efecto de la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)	88
Cuadro 32	Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	89
Cuadro 33	Peso de 1000 granos (mg)	91
Cuadro 34	Diámetro de grano (mm)	92
Cuadro 35	Espesor de grano (mm)	93
Cuadro 36	Espesor de grano en tres distancias entre surcos (A)	94
Cuadro 37	Correlación y regresión de las variables de respuesta respecto al rendimiento de grano	96
Cuadro 38	Análisis de costos parciales de producción.	98

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Valor nutritivo de quinua, kañawa y tarwi expresados en gr/100 gr de grano.	3
Cuadro 2.	Composición química del grano de la kañawa, luego de la molienda.	4
Cuadro 3.	Análisis bioquímico de diferentes brozas de quinua, cebada, avena y kañawa.	5
Cuadro 4.	Rendimiento de grano y broza de las formas botánicas de kañawa	10
Cuadro 5.	Características físicas de la semilla de los distintos ecotipos kañawa	18
Cuadro 6.	Flujograma del análisis de datos.	32
Cuadro 7.	Principales parámetros climáticos de la gestión agrícola 1999 – 2000, Zona Tiahuanaco.	34
Cuadro 8.	Análisis de varianza para la variable altura de planta.	37
Cuadro 9.	Prueba de Duncan para comparar la altura de planta en las diferentes distancias entre surcos (A)	38
Cuadro 10.	Prueba de Duncan para comparar la altura de planta de diferentes ecotipos (C)	40
Cuadro 11.	Análisis de varianza para el diámetro de tallo	42
Cuadro 12.	Prueba de Duncan para comparar el diámetro de tallo en tres distancias entre surcos (A)	43
Cuadro 13.	Prueba de Duncan para comparar el diámetro de tallo en tres distancias entre plantas (B)	44
Cuadro 14.	Análisis de varianza para el índice de tallo	45
Cuadro 15.	Prueba de Duncan para comparar el índice de tallo en tres distancias entre plantas (B)	46
Cuadro 16.	Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	47
Cuadro 17.	Prueba de Duncan para comparar las diferentes distancias entre plantas (B) en el primer nivel de distancia entre surco (20 cm)	49
Cuadro 18.	Prueba de Duncan para comparar las diferentes distancias entre plantas (B) en el primer nivel de distancia entre surco (40 cm)	50
Cuadro 19.	Prueba de Duncan para el índice de tallo de ecotipos (C)	51
Cuadro 20.	Análisis de varianza para el índice de hoja	53

Cuadro 21.	Prueba de Duncan para comparar el índice de hoja en las diferentes distancias entre plantas (B)	54
Cuadro 22.	Análisis de varianza para la variable Índice de cosecha	55
Cuadro 23.	Prueba de Duncan para comparar el índice de cosecha en las diferentes distancias entre surcos (A)	56
Cuadro 24.	Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	57
Cuadro 25.	Prueba de Duncan para comparar las diferentes distancias entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)	59
Cuadro 26.	Prueba de Duncan para comparar el índice de cosecha de los ecotipos (C)	60
Cuadro 27.	Análisis de varianza para el rendimiento de fitomasa (kg/ha)	61
Cuadro 28.	Prueba de Duncan para los diferentes distanciamientos entre surcos (A)	62
Cuadro 29.	Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	64
Cuadro 30.	Prueba de Duncan para comparar las diferentes distancias entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surco (40 cm)	66
Cuadro 31.	Análisis de efectos simples de la interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC)	68
Cuadro 32.	Prueba de Duncan para comparar ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)	69
Cuadro 33.	Análisis de varianza para el rendimiento de broza (kg/ha)	71
Cuadro 34.	Prueba de Duncan para los diferentes distanciamientos entre surcos (A)	72
Cuadro 35.	Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	73
Cuadro 36.	Prueba de Duncan para comparar las diferentes distancias entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surco (40 cm)	75
Cuadro 37.	Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)	76
Cuadro 38.	Prueba de Duncan para comparar ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre surco (30 cm)	78
Cuadro 39.	Análisis de varianza para el rendimiento de grano.	80

Cuadro 40.	Prueba de Duncan para los diferentes distanciamientos entre surcos (A)	81
Cuadro 41.	Análisis de efectos simples de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB).	83
Cuadro 42.	Prueba de Duncan para comparar las diferentes distancias entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)	84
Cuadro 43.	Análisis de efectos simples de la interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC)	85
Cuadro 44.	Prueba de Duncan para comparar ecotipos (C) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)	87
Cuadro 45.	Análisis de efectos simples de la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC).	88
Cuadro 46.	Prueba de Duncan para comparar ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre surcos (30 cm)	90
Cuadro 47.	Análisis de varianza para el peso de 1000 granos	91
Cuadro 48.	Análisis de varianza para el diámetro de grano	92
Cuadro 49.	Análisis de varianza para el espesor de grano	93
Cuadro 50.	Prueba de Duncan para comparar espesor de grano en las diferentes distancias entre surcos (A)	94
Cuadro 51.	Variabes de respuesta con alta correlación respecto al rendimiento de grano.	95
Cuadro 52.	Variabes de respuesta con baja correlación respecto al rendimiento de grano.	97
Cuadro 53.	Presupuesto Económico Parcial.	98
Cuadro 54.	Costos variables de la producción.	100
Cuadro 55.	Análisis de dominancia de tratamientos.	101
Cuadro 56.	Análisis marginal.	103

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Localización de Tiahuanaco, provincia Ingavi, departamento de La Paz	14
Figura 2.	Mapa político de la localidad de Tiahuanaco y localización de la comunidad Achaca, Provincia Ingavi, departamento de La Paz.	15
Figura 3.	Precipitación pluvial (mm) registrada por gestiones agrícolas periodo septiembre - abril 1995 – 2000	16
Figura 4.	Croquis de campo	27
Figura 5	Comportamiento de la precipitación pluvial mensual en la gestión agrícola 1999 – 2000. Zona Tiahuanaco.	33
Figura 6	Comportamiento de la altura de planta de kañawa con respecto al número de plantas por hectárea	39
Figura 7.	Índice de tallo para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	48
Figura 8.	Índice de cosecha para la interacción distancia entre plantas por distancia entre surcos (AxB)	58
Figura 9.	Rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	65
Figura 10.	Rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (AxB)	68
Figura 11.	Rendimiento de broza para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	74
Figura 12.	Rendimiento de broza para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)	77
Figura 13.	Rendimiento de grano para interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)	83
Figura 14.	Rendimiento de grano para interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC)	86
Figura 15.	Rendimiento de grano para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)	89

ANEXOS

- ANEXO 1. Precipitación pluvial registrada (mm) por gestiones agrícolas periodo septiembre - abril 1995 – 2000
- ANEXO 2. Comportamiento de la precipitación pluvial mensual en la gestión agrícola 1999 – 2000. Zona de Tiahuanaco.
- ANEXO 3. Análisis físico - químico de suelos
- ANEXO 4. Variación del número de plantas por unidad experimental y por hectárea
- ANEXO 5. Índice de tallo para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)
- ANEXO 6. Índice de cosecha para la interacción distancia entre plantas por distancia entre surcos (AxB)
- ANEXO 7. Rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)
- ANEXO 8. Rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (AxB)
- ANEXO 9. Rendimiento de broza para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)
- ANEXO 10. Rendimiento de broza para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)
- ANEXO 11. Rendimiento de grano para interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)
- ANEXO 12. Rendimiento de grano para interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC)
- ANEXO 13. Rendimiento de grano para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)

RESUMEN

El estudio: “**Distanciamiento entre surcos y plantas en dos ecotipos de Kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte**”, fue conducido durante el periodo agrícola 1999 – 2000 en la Comunidad Achaca, Cantón Tiahuanaco, Provincia Ingavi del departamento de La Paz, Bolivia, a una altitud de 3854 m.s.n.m., dentro de las coordenadas geodésicas 16°35' Latitud Sur, 68°41' Longitud Oeste. La precipitación fue 474.6 mm y el suelo presentó una textura franco arenosa (FA). El material genético estuvo formado por los ecotipos: Lasta amarilla, Lasta roja, Saihua amarilla y Saihua roja, provenientes de la Estación Experimental de Belén, dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

Con el objetivo de evaluar el efecto del distanciamiento entre surcos y entre plantas en el comportamiento agronómico de dos ecotipos de kañawa en el Altiplano Norte, la siembra se efectuó el 20 de diciembre de 1999 en surcos distanciados a 20, 40 y 60 cm, con una densidad de 4 kg/ha, todo ello bajo el diseño bloques al azar con arreglo en parcelas sub – sub divididas, donde en la parcela principal se localizó la distancia entre surcos, en la sub parcela se ubicó la distancia entre plantas y en la sub - sub parcela los diferentes ecotipos. Al cabo de 35 días de la siembra se procedió al raleo de plantas en forma manual y con la ayuda de cordeles ubicados a distancias preestablecidas como tratamientos de 10, 20, 30 cm entre plantas.

El efecto de los diferentes distanciamientos sobre los ecotipos presentó los siguientes resultados y conclusiones principales:

- La altura de planta y el diámetro tallo de kañawa, fue directamente proporcional a los diferentes distanciamientos entre surcos y plantas, e inversamente proporcional al número de plantas por superficie, alcanzando valores máximos de altura (21.4 cm) y diámetro (2.5 mm) a 60 cm de distancia entre surcos y 101852 plantas/ha. Por otra parte, el ecotipo saihua amarilla presentó una altura de planta superior al resto de los ecotipos, con

un valor de 19.1 cm y para el diámetro de tallo los ecotipos presentaron un comportamiento estadísticamente similar.

- El índice de cosecha, a 30 cm de distancia entre plantas por 40 cm de distancia entre surcos alcanzó un valor de 0.32, superior al resto de los tratamientos, por otra parte los ecotipos saihua roja y saihua amarilla presentaron índices de cosecha superiores con un valor de 0.29.
- Se obtuvo mayores rendimientos de broza a 10 cm y 30 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos con rendimientos de 1689.7 kg/ha y 1384.7 kg/ha en una población de 250000 plantas/ha y 83333 plantas/ha respectivamente, por otra parte el ecotipo saihua amarilla presentó mayor rendimiento de broza (1185.4 kg/ha) a 30 cm de distancia entre plantas al margen de la distancia entre surcos.
- El rendimiento de grano de kañawa, es significativamente determinado por el distanciamiento entre surcos y plantas, obteniéndose a 30 cm y 10 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, rendimientos de 688.2 kg/ha y 647 kg/ha respectivamente, superiores al resto de los tratamientos, por otra parte los ecotipos lasta roja y saihua amarilla a 40 cm de distancia entre surcos, presentaron mayor rendimiento de grano con 598.3 kg/ha y 561.9 kg/ha respectivamente.
- Los tratamientos 23 con 30 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla y el tratamiento 16 con 10 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua roja son alternativas interesantes, sin embargo se recomienda el tratamiento 23, con una tasa marginal de 1055.5% respecto al tratamiento 35 que corresponde a 30 cm de distancia entre plantas en 60 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla, y una relación beneficio costo de 19.4 superior al tratamiento 16 con una relación beneficio costo de 17.6

1. INTRODUCCIÓN

La kañawa¹ (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), constituye uno de los cultivos originarios de la Zona Alto Andina de Sud América, sin embargo no se tiene evidencias arqueológicas que indiquen desde que tiempos data su cultivo. La kañawa en principio fue confundida con la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). El investigador Chervin en 1908 lo diferenció por primera vez como especie distinta a la quinua, y en 1929 el botánico suizo Paul Aellen, lo clasificó como *Chenopodium pallidicaule* (Tapia, 1990).

El cultivo de la kañawa agrupa a dos ecotipos denominados “Lasta” y “Saihua”, los mismos presentan cinco colores básicos de planta: Roja, rosada, amarilla, anaranjada, y púrpura (Lescano *et al*, 1994). La clasificación de ecotipo “Lasta” y “Saihua” se da de acuerdo al hábito de crecimiento que presentan los mismos, manifestando el primero un crecimiento postrado y el segundo un crecimiento erecto. En la actualidad existen muy pocos estudios sobre los mencionados ecotipos, a pesar de ser uno de los pocos cultivos junto a la quinua con alto contenido de proteína en la zona Andina, constituyendo así un cultivo de gran importancia para la alimentación de los pobladores de esta región.

La Kañawa, en las zonas de producción se cultiva generalmente al voleo, sistema de siembra que según Cahuana (1975), es anacrónico debido a que dificulta las labores agronómicas y Schuch (2001) indica que este sistema de siembra presenta una serie de inconvenientes, razón por la cual plantean el sistema de siembra en surcos. Sin embargo, para el cultivo de la kañawa no se conoce un distanciamiento adecuado, principalmente entre surcos, el cual permita recomendarse, para sustituir el sistema de siembra al voleo por el de surcos.

¹ Los nombres comunes de *Chenopodium pallidicaule* Aellen, varían de acuerdo al idioma; en Aymará se denomina: iswalla hupa, ahara hupa, aara, ajara, cañahua y kañawa; en Quechua se denomina: kañiwa, kañawa, kañahua, kañagua, quitacañigua, ayara y cuchi – quinua; en Español: cañihua, cañigua, cañahua, cañagua y kañiwa; en Inglés se denomina: kaniwa, canihua.

Considerando a la kañawa un cultivo excepcional para la región Andina y lo expuesto anteriormente, es prioritario desarrollar investigaciones sobre su comportamiento agronómico bajo distintos distanciamientos entre surcos y entre plantas. Por lo que el presente estudio propone los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

- Evaluar el efecto del distanciamiento entre surcos y entre plantas en el comportamiento agronómico de dos ecotipos de kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte.
- Comparar los costos parciales de los tratamientos propuestos.

HIPÓTESIS

- El distanciamiento entre surcos y entre plantas, no afecta el comportamiento agronómico de los ecotipos en estudio.
- Los costos parciales de los tratamientos son similares.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTANCIA DE LA KAÑAWA

Según Tapia (1990), la kañawa es un cultivo relacionado con la cultura Tiahuanacota, que estuvo asentada en el altiplano de Bolivia y Perú. Es en esta área donde se encuentra en la actualidad la mayor parte de la superficie cultivada y este cultivo es una de las pocas fuentes de proteína vegetal junto con la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y el tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) para esta región.

Comparando el valor nutritivo de este cereal andino con la quinua, la kañawa es ligeramente superior en términos de proteína con un valor de 15.23%. García (1953), citado por Tapia et al (1979)

Por otra parte Lescano (1988) menciona que, los atributos nutritivos de la kañawa comparados con la quinua y tarwi son:

Cuadro 1. Valor nutritivo de quinua, kañawa y tarwi expresados en gr/100gr de grano

COMPONENTES	QUINUA	KAÑAWA	TARWI
Materia seca	84.40	90.20	89.50
Proteínas	14.22	15.18	40 – 48
Grasa (%)	5.10	8.40	20
Carbohidratos	59.70	58.60	20
Cenizas	3.40	3.40	2.80
Fibra	4.10	3.80	7.30

FUENTE: Lescano (1988)

En el Cuadro 1 se observa la ligera superioridad de la kañawa (15.18 %) frente a la quinua con un valor de 14.22% y mayor contenido de carbohidratos (58.60) con relación al tarwi.

En el Cuadro siguiente se muestra el análisis de diversos productos del grano de kañawa realizado por García (1953)

Cuadro 2 Composición química del grano de la kañawa, luego de la molienda:

<i>COMPONENTE</i>	<i>INTEGRAL</i>	<i>HARINA</i>	<i>MOYUELO</i>	<i>AFRECHO</i>
Humedad	10.90	9.60	8.03	10.10
Cenizas	3.40	5.28	3.18	3.30
Proteína	15.23	13.10	9.70	11.40
Fibra	3.85	3.80	3.65	6.70
Grasa	8.04	8.63	9.44	5.60
Carbohidratos	58.58	59.59	66.00	62.90
Fósforo ² (P ₂ O ₅)	0.37	0.59	0.47	0.24
Potasio ² (K ₂ O)	0.16	0.24	1.18	0.17
Calcio ² (CaO)	0.65	0.70	0.15	0.60

Fuente: García (1953), citado por Tapia et al (1979).

Según Tapia (1980), la kañawa se utiliza en forma de "pito" producto del tostado y molido del grano, esta harina se consume solo o mezclada con azúcar, leche, harina de cebada y habas, también se elaboran panes mazamorra los cuales son el alimento de las poblaciones campesinas de las tierras altas en el altiplano.

En la antigüedad el "pito" de kañawa se usaba en forma medicinal junto a la coca, para contrarrestar el "Sorojchi" (mal de altura), este empleo lo realizaban

² En cenizas

los viajeros, quienes comerciaban mercaderías alimenticias y otros enseres, del Altiplano al Trópico y viceversa (Trueque³), integración que fue rota con la colonización española.

En lo que respecta a la broza, ésta presenta propiedades promisorias en términos de porcentaje con relación a la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), cebada (*Horedeum vulgare* L.) y avena (*Avena sativa* L.).

En el Cuadro siguiente se muestra el análisis bioquímico de diferentes brozas de quinua, cebada, avena y kañawa, realizado por Bustinza y Verástegui (1968) citado por Copeticona (2000).

Cuadro 3. Análisis bioquímico de diferentes brozas de quinua, cebada, avena y kañawa.

BROZA DE	PROTEÍNA %	GRASA	FIBRA CRUDA	NLE	CENIZAS
Quinua	5.52	0.77	26.12	46.56	8.43
Cebada	6.15	0.62	18.98	53.12	8.70
Avena	3.18	1.60	38.70	33.80	5.70
Kañawa	15.80	--	--	--	--

Fuente: Bustinza y Verástegui (1968), citado por Copeticona (2000)

En la zona de Tiahuanaco⁴, la kañawa se cultiva como monocultivo o cultivo asociado a la papa (*Solanum tuberosum* L.). La siembra de esta asociación se realiza inmediatamente después del aporque de la papa, durante los meses de diciembre a enero y la cosecha se realiza antes de la cosecha de la papa en los meses de abril y mayo.

³ Acción de intercambiar mercaderías, productos y otros bienes sin un intermedio monetario, situación practicada durante el periodo Pre colombino y durante la Colonia.

⁴ Existen distintas formas de escritura de Tiahuanaco, el que se optó procede de dos palabras aymaras: "T'ia" traducido significa borde y "huañaco", sector seco.

2.2. ORIGEN Y ASPECTOS BOTÁNICOS DE LA KAÑAWA

Según Cano (1973), el lugar de origen de la kañawa es el altiplano peruano - boliviano, generalmente con la característica de crecimiento postrado. Tapia (1980) indica que, el origen de la kañawa es la parte del Altiplano de los Andes, correspondiendo a la región altiplánica de Perú y Bolivia y puntualiza que en la región boliviana, este cultivo se localiza en las inmediaciones de lago Titicaca.

La ubicación taxonómica de la kañawa según Cronquist (1988), es la siguiente: Orden Caryophyllales, Familia Chenopodiaceae, Género *Chenopodium*, Especie ***Chenopodium pallidicaule* Aellen.**

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

2.3.1. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

La kañawa es una planta terófito, erguida o postrada, ramificada desde la base, de un porte de 20 a 70 cm. Tallo cilíndrico de consistencia herbácea. Hojas simples, alternas, deltoides. Flores cíclicas, pentámeras, androestériles, hermafroditas, haploclamideas. Las flores están dispuestas en grupos de 4 a 5, protegidos por una bráctea denominada hipsoantofilo. Tanto los tallos en su parte superior como las hojas y las inflorescencias están cubiertas de vesículas blancas o rojas. Los frutos son inconspicuos, generalmente cubiertos por el cáliz, la semilla de distintas tonalidades entre castaño y negro este último llamado comúnmente cooito (León 1964), citado por Tapia (1997).

2.3.2. ÉPOCA DE SIEMBRA

Según Tapia (1980), la fecha de siembra está ligada a la localidad y la variedad utilizada, cuando el año presenta una primavera seca, es conveniente

atrasar la siembra, generalmente los meses de septiembre a noviembre se consideran como los más adecuados.

Mamani (1994), en su trabajo realizado en la zona de Tiahuanaco sobre el efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de kañawa, sembró el 17 de diciembre de 1991, obteniendo rendimientos favorables de 1882 kg/ha de grano para los ecotipos saihua y 481 kg/ha de grano para los ecotipos lasta.

Copeticona (2000), en su trabajo sobre el comportamiento de la kañawa en dos épocas y formas de siembra, realizado en la misma zona, procedió a la siembra el 10 de Noviembre y 10 de diciembre donde no encontró diferencia significativa entre ambas épocas de siembra.

2.3.3. SISTEMA DE SIEMBRA

En el cultivo de la kañawa el sistema de siembra generalmente usado es el de voleo y solo algunos trabajos de investigación se llevaron a cabo bajo el sistema de siembra en surcos (Lescano *et al* 1994).

Cahuana (1975), considera el sistema de siembra al voleo, como anacrónico debido a que dificulta las labores agronómicas por su distribución irregular en la superficie del terreno y propone el sistema de siembra en surcos.

Cahuana (1975) indica que no encontró diferencias significativas en el rendimiento bajo el sistema de siembra en surcos con los tratamientos 25, 30 y 35 cm de distancia entre surcos para los ecotipos: Lasta cañihua roja, Lasta cañihua rosada, Lasta cañihua anaranjada, Lasta ccoito morada, Lasta ccoito amarilla.

Schuch (2001) indica que, la distribución ideal de plantas es aquella donde las plantas se encuentran equidistantemente localizadas, como sucede por ejemplo, en siembras realizadas al voleo, sin embargo esta forma de siembra

presenta una serie de inconvenientes de orden práctico, de manera que en la actualidad la siembra de surcos es la más utilizada. Por otra parte el mismo autor señala que, la distribución de plantas sobre la superficie del terreno es definida por la distancia entre surcos.

Tapia (1979) considera que, se debe emplear una densidad de siembra de 4 a 8 Kg/ha de semilla, cuando la siembra es en surcos y un poco más cuando es al voleo. Por otro lado Carrasco (1988) señala que, la kañawa responde bien a la siembra en chorro continuo en surcos distanciados de 30 a 50 cm, empleando 4 a 8 kg/ha, cuando la siembra se realiza al voleo la cantidad de semilla es mayor.

Acebey (1989) indica que, la kañawa se siembra al voleo, sin embargo señala que responde bien a la siembra en surcos (30 a 50 cm entre surcos) con una densidad de siembra de 4 Kg/ha.

Mamani (1994), en su trabajo realizado en la misma zona indica que la densidad de siembra para el sistema de siembra al voleo fluctúa entre 3 a 13 kg/ha.

Copeticona (2000), experimentó dos sistemas de siembra; Siembra al voleo y en surcos, observó que el sistema de siembra en surcos tiene un menor rendimiento en comparación del sistema de siembra al voleo, por el mayor número de plantas en este ultimo, sin embargo el sistema de siembra al voleo dificulta el control de malezas y otras labores, por lo tanto eleva los costos de producción.

2.3.4. FASES FENOLÓGICAS

Catacora (1989), señala las siguientes fases fonológicas para la kañawa: Emergencia, dos hojas verdaderas, ramificación, formación de inflorescencia. Floración, grano lechoso, grano pastoso, madurez fisiológica.

2.3.5. LABORES CULTURALES

Tapia (1980) sostiene que, la kañawa, es un cultivo que ha recibido escasa atención en cuanto a estudios sobre labores culturales agrícolas, sin embargo se considera que se desarrolla mejor en suelos franco - arcillosos con buen drenaje. Como la semilla es pequeña, responde bien a una buena aradura y desterronado, lo cual favorece a la germinación rápida y uniforme.

2.3.6. RITMO DE CRECIMIENTO

La kañawa del ecotipo "Saihua" forma su biomasa con mayor rapidez que las del ecotipo "Lasta" hasta los 70 días de la siembra. A partir de esta edad detiene su producción de materia seca, mientras del ecotipo "Lasta" continúan aumentando su biomasa, llegando a superar a las "Saihuas" en biomasa total, por efecto de un mayor incremento de tallos, en comparación con las "Saihuas". En biomasa de hojas, el ecotipo "Saihua", es siempre superior al ecotipo "Lasta" (Lescano *et al*, 1994).

Los mismos autores señalan que la kañawa tiene un periodo máximo de crecimiento y mayores exigencias ambientales, entre los 60 y 90 días de la siembra.

2.3.7. RENDIMIENTO

Tapia (1968), considera un buen rendimiento promedio de 3000 Kg/ha de grano, sin la fertilización de ninguna clase, sin embargo considera que el rendimiento aumentaría con fertilización.

Tapia y Velasco (1968), citado por Copeticona (2000), reporta rendimientos de 1800 – 2000 kg/ha de grano y 10000 – 12000 kg/ha de broza.

De la Torre (1969), en un estudio sobre el comportamiento de la kañawa a diferentes dosis de fertilización, obtiene rendimientos de 2440 kg/ha de grano con la aplicación de la fórmula 120 – 60 – 00, utilizando la variedad Lasta rosada.

Ccosio (1970), en un ensayo comparativo de cinco formas botánicas de kañahua en Puno – Perú, obtiene los siguientes rendimientos para grano y broza.

Cuadro 4 Rendimiento de grano y broza de las formas botánicas de kañawa

Formas botánicas	Grano kg/ha		Broza kg/ha	
	UNTA	Chuqui	UNTA	Chuqui
Rosada	2629	2409	26923	24677
Anaranjada	2576	1971	26834	19963
Roja	2255	2047	22746	21184
Morada	2138	2076	21468	21028
Amarilla	2011	1669	20112	17435

Fuente: Ccosio, (1970)

Vallenas y Carpio (1974) citado por Tapia et al (1979), de acuerdo a las investigaciones realizadas en Puno, Perú, señalan que en los cultivos experimentales se obtuvieron hasta 3000 kg/ha.

Miranda *et al* (1979), indican que diez líneas de kañawa estudiadas, obtuvieron un rendimiento promedio de 3886 kg/ha, sin embargo sobre la base de características agronómicas deseables de producción de grano y forraje, estiman como promisorios los rendimientos de grano próximo a 2000 kg/ha.

Ramírez (1980), indica que en un estudio realizado con 80 entradas, con densidad de siembra de 10 kg/ha obtuvo mayor rendimiento con el ecotipo lasta amarilla que alcanzó 3558 kg/ha en grano, 4675 kg/ha de jipi y 8404 Kg/ha.

Lescano (1994), cita a la variedad "Cupi rosada" producto del mejoramiento genético, con rendimientos de 1.2 a 1.5 tm/ha de grano y 12 a 15 tm/ha de materia verde, también menciona a la línea lasta rosada que da rendimientos de 11 a 29 tm/ha de forraje verde y 1.7 a 7.6 tm/ha en materia seca.

Mamani (1994) señala, que el cultivar saihua amarilla sembrada en Tiahuanaco, a una densidad de siembra de 9 kg/ha de semilla, alcanzó el mayor rendimiento promedio de 2193 kg/ha. Mientras con la variedad lasta rosada con una densidad de siembra de 12 kg/ha de semilla, se obtuvo el mayor rendimiento de broza 5816 kg/ha.

Benito (1995), obtuvo un rendimiento de 348.30 kg/ha de grano con los cultivares lasta y saihua, a una densidad de siembra de 4 kg/ha.

Acarapi (1997), en su estudio con cultivares saihua en la localidad de Tiahuanaco, obtuvo mejor rendimiento con el cultivar saihua roja, el cual alcanzó un valor de 741 kg/ha.

Choque (1998), obtuvo un rendimiento promedio mayor de materia seca de 9892 kg/ha en la etapa de grano masoso, sembrada a 10 kg/ha de densidad de siembra.

Quispe (1999), obtuvo con el cultivar lasta rosada un rendimiento de 2188 kg de grano/ha y 7651 kg de broza/ha, y con el cultivar saihua roja se obtuvieron 1633 kg de grano/ha y 5510 kg de broza/ha.

Copeticona (2000) reportó que, el cultivar saihua anaranjada sembrada al voleo, mostró mayor rendimiento en grano (2886.7 kg/ha). En contraste el cultivar lasta rosada sembrada en surcos alcanzó menor rendimiento de grano (1876.2 kg/ha).

2.4. PLAGAS Y ENFERMEDADES

La cañawa es uno de los cultivos más resistentes al ataque de plagas y enfermedades, a pesar de ser un cultivo resistente, sin embargo Tapia et al (1979) menciona a la *Peronospora farinosa* "mildiu" como una de las enfermedades que ataca en el comienzo de la floración y desaparece o la planta muestra altos índices de tolerancia.

Pastor (1970), Vallenas y Carpio (1974) citado por Tapia et al (1979) indican que, se han detectado las siguientes plagas: Pulgones (*Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*), Escarabajo negro (*Epicauta willei* y *Epicauta latitarsis*), Gusanos y larvas de lepidópteros (*Gnorimoschema* sp. Y de la familia *Noctuidae*).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE EXPERIMENTO

El presente estudio fue realizado en la Comunidad de Achaca, Cantón Tiahuanaco, Provincia Ingavi del Departamento de La Paz, 1.5 km distante de la Localidad de Tiahuanaco. Geodésicamente situado a 16°35' Latitud Sur, 68°41' Longitud Oeste, a una altitud de 3854 m.s.n.m. (Mapa 1).

Tiahuanaco es un centro arqueológico y Tercera Sección de la Provincia Ingavi. Se encuentra a 74 km de la ciudad de La Paz. Limita al noreste con la provincia Los Andes, al Sur con el cantón San Andrés de Machaca, al Oeste con el cantón Guaqui (Ver mapa 2).

3.2. FISIOGRAFÍA

De acuerdo a las formas y características del relieve, y sobre la base de la similitud de las propiedades físico – químicas de los suelos, características geológicas y geomorfológicas de la zona de Tiahuanaco presentan los siguientes grandes paisajes: gran paisaje de llanuras plano onduladas subrecientes (PO), y gran paisaje de colinas denudaciones (CD). El primero conformado por superficies estructurales de relieve plano ondulado, cuya característica fundamental es su formación fluvio lacustre, por influencia del lago Titicaca, con materiales que se depositaron en la superficie de depósitos más antiguos. Y el segundo conformado por ondulaciones pronunciadas con elevaciones menores de 300 m sobre el nivel de base local, constituidas mayormente por materiales volcánicos, y sedimentos e intrusiones en menor proporción. En este gran paisaje se encuentra geoformas de lomadas y colinas; se incluyen también los conos de deyección, abanicos, etc. (Chilón, 1996)

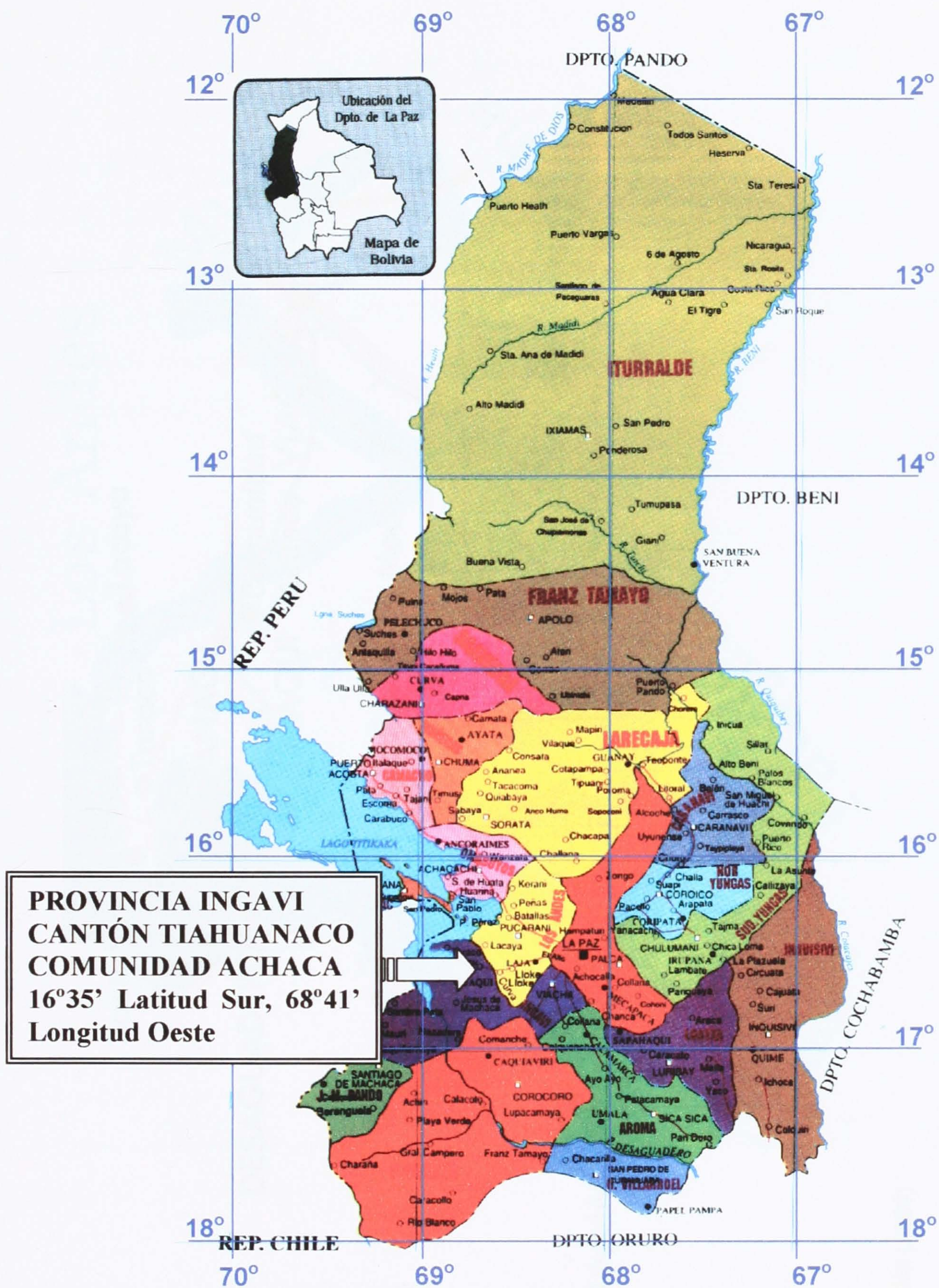


Figura 1. LOCALIZACIÓN DE TIAHUANACO, PROVINCIA INGAVI, DEPARTAMENTO DE LA PAZ

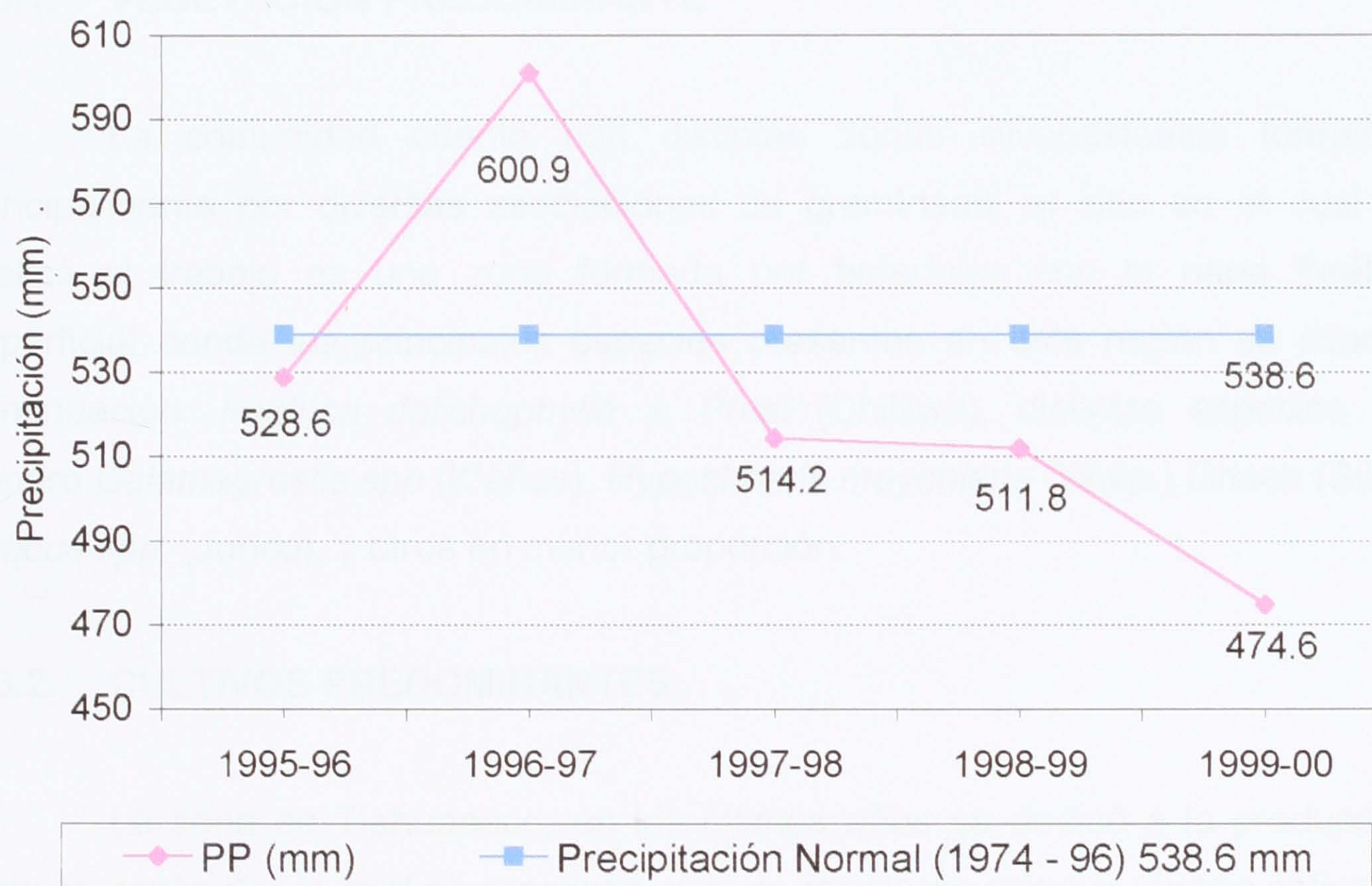


FUENTE: IGM (2000)

Figura 2. MAPA DE LA PROVINCIA INGAVI Y LOCALIZACIÓN DE LA COMUNIDAD ACHACA.

3.3. AGROECOLOGÍA DE LA ZONA

La Comunidad de Achaca, presenta una topografía llana en una gran parte de su superficie y colinas en una menor extensión. Según la clasificación de Montes de Oca (1989), la zona es considerada como Bosque Húmedo Montano Tropical. Las condiciones climáticas de la zona de Tiahuanaco, en 23 años de observación presenta una precipitación anual media promedio de 538.6 mm. (Figura 1, Anexo 1). La temperatura es similar a otras regiones del altiplano con una media anual de 7.5 °C y un periodo libre de heladas de 120 días a una probabilidad del 50% (PROSUKO, 2000).



Fuente: PROSUKO, 2000

Figura 3. PRECIPITACIÓN PLUVIAL (mm) REGISTRADO POR GESTIONES AGRÍCOLAS PERIODO SEPTIEMBRE - ABRIL 1995 - 2000

El comportamiento climático de la región de estudio a lo largo de los 5 años de evaluación, se caracterizó por ser aleatoria en la manifestación de sus diferentes elementos climáticos (PROSUKO, 2000).

Las características de los suelos son de origen fluvio – lacustre, profundos, con Horizonte Bw (en formación) diferenciado, en algunos sitios con drenaje imperfecto, reacción ligeramente alcalina, con valores de conductividad eléctrica menores a 4 mmhos/cm. Taxonómicamente pertenecen al orden ARIDISOLS (Chilón, 1996). Las clases texturales predominantes de la zona van desde arenosa, franco arcilloso a arcillosa.

3.3.1. VEGETACIÓN PREDOMINANTE

La comunidad cuenta con distintas zonas silvopastoriles formadas principalmente por diversas asociaciones de gramíneas, el sitio en el cual se realizó el trabajo es una zona formada por bofedales con la napa freática superficial donde las principales especies presentes en esta región se citan a continuación: *Festuca dolichophylla* J. Presl (Chilliwa), distintas especies del género *Calamagrostis spp* (K'eñas), *Hypochoeris meyeniana* (Walp.) Griseb (Sik'i), *Juncus spp*, (Junco), y otros en menor proporción.

3.3.2. CULTIVOS PREDOMINANTES

La zona de Tiahuanaco, en los últimos años se dedicó a la producción lechera, razón por la cual se practican cultivos forrajeros como la *Avena sativa* L., *A. fatua* L. (Avena), *Medicago sativa* L. (Alfalfa), *Hordeum vulgare* L. (Cebada), *Festuca alta* (Festuca), *Dactylis glomerata* L. (Pasto ovillo), *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees (Pasto llorón), y como cultivos de subsistencia familiar se tiene a: *Solanum tuberosum* L. (Papa), *Solanum x juzepczukii* Ochoa (Papa luq'i), *Chenopodium pallidicaule* Aellen (Kañawa), *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa), *Vicia faba* L. (Haba).

3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.4.1. MATERIAL GENÉTICO

En el presente trabajo se emplearon los siguientes ecotipos de kañawa: Lasta amarilla, Lasta roja, Saihua amarilla y Saihua roja. El material genético fue proveniente de la Estación Experimental de Belén, dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

Cuadro 5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SEMILLA DE LOS DISTINTOS ECOTIPOS KAÑAWA

Factor	ECOTIPOS			
	“Lasta amarilla”	“Lasta roja”	“Saihua amarilla”	“Saihua roja”
Pureza física	98 %	95 %	96 %	98 %
Material inerte	2 %	5 %	4 %	2 %
Semilla de otros ecotipos	2 %	5 %	1 %	3 %
Semilla de malezas comunes	0 %	0.01 %	0.02 %	0 %
Semilla de otros cultivos	0 %	0 %	0 %	0 %
Humedad	12 %	13 %	12 %	13 %
Germinación	83 %	85 %	84 %	83 %

FUENTE: IBTA / DNS. 1996 y elaboración propia.

A continuación se detallan las características morfológicas de los ecotipos utilizados para el presente trabajo:

Ecotipo lasta

Los ecotipos lasta, se caracterizan por el crecimiento postrado, de consistencia herbácea, anual, los tallos fueron bastante ramificados desde la base, hojas simples, alternas, deltoides. El ecotipo lasta roja presentó tallos y hojas de

color rojo al concluir su ciclo vegetativo, mientras que, el ecotipo lasta amarilla presentó una coloración amarilla. En lo que respecta a las flores, estas fueron cíclicas, actinomorfas, hermafroditas, perianto aploclamideo, formado por cinco piezas soldadas en la base del fruto, las piezas mencionadas comúnmente denominadas como perigonio. Androceo formado por 2 – 3 estambres sueltos, ovario súpero, unilocular, uniovulado, estigmas 3. Fruto utrículo, con la particularidad de que el ecotipo lasta amarilla presentó frutos de color castaño oscuro, acompañado del perigonio de color plomo a la madurez. El ecotipo lasta roja presentó el fruto de color castaño claro, acompañado del perigonio de color rojo a la madurez.

Ecotipo saihua

Los ecotipos saihua presentaron un crecimiento erecto, de tallos de consistencia herbácea, anual, hojas simples, alternas, deltoides. El ecotipo saihua roja presentó tallos y hojas de color rojo al concluir su ciclo vegetativo, mientras que, el ecotipo saihua amarilla presentó una coloración amarilla. Las flores fueron cíclicas, actinomorfas, hermafroditas. Perianto aploclamideo (monocíclico), de cinco piezas soldados en la base de color amarillo a la madurez del fruto, 2 - 3 estambres sueltos, ovario súpero, unilocular, uniovulado, estigmas 3, fruto utrículo. Con la particularidad de que el ecotipo saihua amarilla presentó frutos de color castaño oscuro, acompañado del perigonio de color amarillo a la madurez y el ecotipo saihua roja presentó frutos de color castaño claro, acompañado del cáliz de color plomo a la madurez.

3.4.2. MATERIAL DE TRABAJO (CAMPO)

Los materiales de campo utilizados en el estudio fueron: picota, chontilla, estacas, hoz, mochila de fumigación (20 litros), insumos (insecticida), cuaderno de campo, cámara fotográfica, balanza de precisión, lienzo, flexómetro, calibrador, bolsas de polietileno, cinta métrica.

3.5. MÉTODO DE CAMPO

3.5.1. PREPARACIÓN DEL SITIO DEL EXPERIMENTO

La preparación del terreno se llevó a cabo en el mes de septiembre con las primeras lluvias. Esta actividad consistió en una arada profunda (25 cm) con un arado de discos tirado por un tractor, posteriormente desterronado con dos pasadas de una rastra tirada por un tractor. Finalmente fue nivelado con la ayuda de una "Yunta".

3.5.2. MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELO

Se tomaron muestras de suelo al azar utilizando el método zigzag (Chilón, 1996), a 20 cm de profundidad de toda el área donde se realizó el ensayo, luego se envió para su análisis al Laboratorio de suelos, aguas y nutrición animal del SEDAG de la Prefectura de La Paz.

3.5.3. SIEMBRA

La siembra se efectuó el 20 de diciembre de 1999, fecha relativamente tardía, debido a la ausencia de lluvias hasta esa época, ver Figura 1. Preparado el sitio del experimento con anticipación, se procedió a establecer los bloques de acuerdo al croquis, y posteriormente se realizó la apertura de surcos en una longitud de 4 m, con la ayuda de una chontilla de acuerdo a las distancias entre surcos prescritas como tratamientos (20, 40 y 60 cm), posteriormente se colocó la semilla a chorro continuo a una densidad de 4 kg/ha, finalmente se cubrió la semilla con ayuda de un rastrillo.

3.5.4. RALEO

Al cabo de 35 días de la siembra se procedió al raleo de plantas, en forma manual con la ayuda de cordeles ubicados a distancias preestablecidas como tratamiento de 10, 20 y 30 cm entre plantas. La finalidad del uso de los cordeles fue de establecer distanciamientos uniformes de acuerdo a los diferentes niveles de tratamiento.

3.5.5. LABORES CULTURALES

3.5.5.1. Control de malezas

El control de malezas se efectuó en forma manual de acuerdo a la presencia de las mismas, en los diferentes estados de crecimiento del cultivo, con el objeto de evitar la competencia con el cultivo. Las malezas comúnmente presentes fueron: *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. (Reloj reloj, Cuticuti), *Bromus catharticus* Valh. (Cebadilla), *Taraxacum officinalis* Weber (Diente de león), *Brassica rapa* L. (Mostaza).

3.5.5.2. Control de plagas y enfermedades

En la fase de formación de la inflorescencia del cultivo se detectó la presencia de *Epicauta sp* (Escarabajo negro), el mismo fue controlado con una aplicación del insecticida "Karate" en una dosis de 20 ml/20 lt de agua, esta aplicación fue suficiente para controlar la plaga. Otra de las plagas que atacó al cultivo fue la *Tinamotis pentlandii* (Perdiz) en la fase de maduración del grano, el mismo no se pudo controlar debido a que era próxima la cosecha.

Entre las enfermedades, no se detectó el ataque de ningún patógeno, seguramente debido a que la gestión agrícola presentó precipitaciones erráticas, por lo tanto las condiciones medio ambientales fueron desfavorables para los patógenos.

3.5.6. COSECHA

La cosecha se efectuó en forma manual, durante las primeras horas de la mañana con la ayuda de una "hoz", el horario fue determinante, para evitar un mayor desgrane. La fecha de cosecha estuvo en función a la madurez agronómica del cultivo, la madurez se determinó cuando el grano de la kañawa presionado con las uñas, presentó resistencia en más del 90 % de población de plantas, también la planta tomó una coloración amarillenta y se empezó a desgranar.

Para fines de evaluación se tomaron muestras del área útil de cada unidad experimental por separado, vale decir desechando un surco en cada extremo de la unidad experimental y 50 cm de longitud en cada extremo de los surcos. Posteriormente el material cosechado fue embolsado por separado y trasladado a un ambiente ventilado para su deshidratación durante un periodo de 30 días y posteriormente pesado y trillado.

3.5.7. TRILLA Y LIMPIEZA DE SEMILLA

Posterior al secado se procedió a la trilla de las muestras, la misma se inició con el pesado de las mismas, seguidamente se separaron los tallos del resto de la planta para luego ser registrados en peso, con el restante de fitomasa (biomasa) se procedió al pisoteo en un mantel, posteriormente se separó el "Jipi" del grano mediante el venteado, sin embargo el grano seguía acompañado del perigonio, para separar esta estructura del grano, se procedió al pulido mediante el pisoteo y venteado, finalmente el grano limpio se pesó y etiquetó con sus respectivas identificaciones.

3.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.6.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento fue conducido bajo el diseño de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas Sub – sub divididas (Reyes 1978), donde en la parcela principal se localizó la distancia entre surcos, en la sub parcela se ubicó la distancia entre plantas y en la Sub - sub parcela los diferentes ecotipos (Figura 4).

3.6.1.1. MODELO ESTADÍSTICO

Para evaluar el efecto de los diferentes distanciamientos entre surcos y entre plantas en ecotipos de kañawa, se utilizó el siguiente modelo lineal aditivo:

$$y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \alpha_j + \varepsilon_a + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{jk} + \varepsilon_b + \theta_l + (\alpha\theta)_{lj} + (\gamma\theta)_{lk} + \varepsilon_c$$

Donde:

y_{ijkl} = Observación cualquiera del l -ésimo ecotipo, k -ésimo espacio entre plantas, j -ésimo espacio entre surcos, i -ésimo bloque.

μ = Media general del ensayo

β_i = Efecto del i -ésimo bloque

α_j = Efecto de la j -ésima distancia entre surcos.

ε_a = Efecto del error de la j -ésima distancia entre surcos

γ_k = Efecto de la k -ésima distancia entre plantas

$(\alpha\gamma)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre la k -ésima distancia entre plantas con la j -ésima distancia entre surcos

ε_b = Efecto del error Efecto del error de la k -ésima distancia entre plantas con la j -ésima distancia entre surcos.

θ_l = Efecto del l -ésimo ecotipo.

$(\alpha\theta)_{lj}$ = Efecto de la interacción entre el l -ésimo ecotipo y j -ésima distancia entre surcos.

$(\gamma\theta)_{lk}$ = Efecto de la interacción entre l -ésimo ecotipo k -ésima distancia entre plantas.

ε_c = Efecto del error de la j -ésima distancia entre surcos, k -ésima distancia entre plantas y l -ésimo ecotipo.

3.6.2. FACTORES ESTUDIO

Para el presente estudio, se establecieron los siguientes factores de estudio:

Factor (A) Distancia entre surcos: $a_1 = 20$ cm
 $a_2 = 40$ cm
 $a_3 = 60$ cm

Factor (B) Distancia entre plantas: $b_1 = 10$ cm
 $b_2 = 20$ cm
 $b_3 = 30$ cm

Factor (C) Ecotipos: $c_1 =$ Lasta amarilla
 $c_2 =$ Lasta roja
 $c_3 =$ Saihua amarilla
 $c_4 =$ Saihua roja

3.6.3. TRATAMIENTOS

Los tratamientos fueron establecidos de la siguiente manera: dos ecotipos de kañawa, con dos colores de planta cada ecotipo (lasta amarilla, lasta roja, saihua amarilla, saihua roja), combinados en tres distancias entre plantas (10, 20, 30 cm) y estos 12 arreglos, combinados en tres distancias entre surcos (20, 40, 60 cm) formando un total de 36 tratamientos.

3.6.4. CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

El ensayo se implantó en la Comunidad Achaca, donde se utilizaron los siguientes ecotipos de kañawa: “lasta amarilla”, “lasta roja”, “saihua amarilla” y “saihua roja”, en tres distancias entre surcos y tres distancias entre plantas. Las características del ensayo fueron las siguientes:

Número total de tratamientos	36
Número de repeticiones	3
Área total del experimento	748.8 m ²
Área neta del experimento	691.2 m ²
Área de las calles	57.6 m ²

Bloques

Número de bloques	3
Largo de bloque	57.6 m
Ancho de bloque	4.0 m
Área del bloque	230.4 m ²
Calle entre bloques	0.5 m

Parcelas

Número total de parcelas	9
Número de parcelas por bloque	3
Largo de las parcelas	4 m
Ancho y área de las parcelas:	

p ₁ (0.2 m entre surcos)	9.6 m – 38.4 m ²
p ₂ (0.4 m entre surcos)	19.2 m – 76.8 m ²
p ₃ (0.6 m entre surcos)	28.8 m – 115.2 m ²

Sub parcelas

Número total de sub parcelas	27
Número de sub parcelas por bloque	9
Número de sub parcelas por parcela	3
Ancho y Área de las sub parcelas:	

Sp ₁ (0.2 m entre surcos)	3.2 m – 12.8 m ²
Sp ₂ (0.4 m entre surcos)	6.4 m – 25.6 m ²
Sp ₃ (0.6 m entre surcos)	9.6 m – 38.4 m ²

Sub sub parcelas

Número total de sub sub parcelas	108
Número de sub sub parcelas por bloque	36
Número de sub sub parcelas por sub parcela	4
Ancho y Área de las sub sub parcelas:	

Ssp ₁ (0.2 m entre surcos)	0.8 m – 3.2 m ²
Ssp ₂ (0.4 m entre surcos)	1.6 m – 6.4 m ²
Ssp ₃ (0.6 m entre surcos)	2.6 m – 12.8 m ²

Surcos

Número total de surcos	432
Número de surcos por bloque	144
Número de surcos por parcela	48
Número de surcos por sub parcela	16
Número de surcos por sub sub parcela	4
Distanciamiento entre surcos:	

Ds ₁ (0.2 m entre surcos)	20 cm
Ds ₂ (0.4 m entre surcos)	40 cm
Ds ₃ (0.6 m entre surcos)	60 cm

Distanciamiento entre plantas:

P ₁	10 cm
P ₂	20 cm
P ₃	30 cm

Área de los surcos:

A ₁ (0.2 m entre surcos)	0.8 m ²
A ₂ (0.4 m entre surcos)	1.6 m ²
A ₃ (0.6 m entre surcos)	2.4 m ²



LECTURA

- C₁ = Lasta amarilla
- C₂ = Lasta roja
- C₃ = Saihua amarilla
- C₄ = Saihua roja

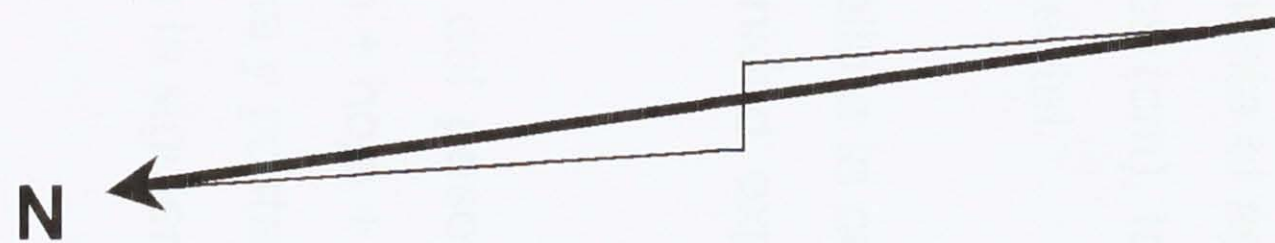


Figura 4. Croquis de campo

3.6.5. VARIABLES AGRONÓMICAS

Para el presente estudio se realizaron las siguientes determinaciones:

Altura de planta: Se tomaron registros de altura de planta a la cosecha, Las mediciones se tomaron desde el cuello de la raíz hasta el ápice medio de la planta, dicha magnitud se expresó en centímetros (cm), todo ello como media general de cinco plantas por unidad experimental.

Diámetro de tallo: Se tomaron registros de diámetro de tallo a la cosecha con la ayuda de un calibrador en cinco plantas por unidad experimental, el mismo se expresó en milímetros (mm).

Índice de tallo (IT): Se consideró como la proporción del peso de tallo con relación al peso total del vástago de la planta (tallo + hoja + grano), estas determinaciones de peso se realizaron a la cosecha y posterior al secado a medio ambiente. Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$IT = Pst / (Pst + Psh + Psg)$$

Donde:

IT = Índice de tallo

Pst = Peso seco de tallo

Psh = Peso seco de hoja

Psg = Peso seco de grano

Índice de hoja (IH): Se consideró como la proporción del peso de hoja con relación al peso total del vástago de la planta (tallo + hoja + grano), los mencionados pesos se determinaron a la cosecha y posterior al secado a medio ambiente. Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$IH = Psh / (Pst + Psh + Psg)$$

Donde:

IH = Índice de hoja

Psh = Peso seco de hoja

Pst = Peso seco de tallo

Psg = Peso seco de grano

Índice de cosecha (IC): Definida como la relación del grano libre de impurezas entre el peso total del vástago de la planta (tallo + hoja + grano). Para su determinación se utilizó la siguiente fórmula:

$$IC = Psg / (Pst + Psh + Psg)$$

Donde:

IC = Índice de cosecha

Psg = Peso seco de grano

Pst = Peso seco de tallo

Psh = Peso seco de hoja

Rendimiento de fitomasa: Se evaluó al concluir el ciclo vegetativo, después de la cosecha y secado de la biomasa a medio ambiente, para tal efecto, se consideró el vástago de la planta y se expresó en kilogramos por hectárea (kg/ha).

Rendimiento de broza: Se obtuvo de la diferencia entre el peso de fitomasa y el peso de grano, expresado en kilogramos por hectárea (kg/ha).

Rendimiento de grano: Una vez separado el grano de la broza mediante la trilla tamizado y venteado, se realizó el pesado respectivo de las muestras, y se expresó el rendimiento en kilogramos por hectárea (kg/ha).

Peso de 1000 granos: Se procedió al contado de mil semillas por unidad experimental, con cinco repeticiones, las mismas fueron pesadas y registradas en miligramos (mg).

Diámetro de grano: El diámetro de grano, para el total de los tratamientos se determinó con la ayuda de un calibrador, en un número de 100 semillas por unidad experimental, expresando estos valores en milímetros (mm).

Espesor de grano: El espesor de grano, para el total de los tratamientos se determinó con la ayuda de un calibrador, en un número de 100 semillas por unidad experimental y se expresó en milímetros (mm).

3.6.5.1. ANÁLISIS DE COSTOS PARCIALES DE PRODUCCIÓN

El análisis económico del ensayo se estableció sobre la base del método de evaluación económica propuesto por el CIMMYT (1988), el cual propone una metodología sobre el presupuesto parcial y el análisis marginal, como herramientas útiles para determinar las implicaciones económicas en costos y beneficios al analizar los resultados.

El análisis económico se realizó con el propósito de identificar los tratamientos que más beneficios pueden otorgar a los agricultores de esta región en términos económicos. Todos los datos de costos de producción (mano de obra, siembra, labores), fueron calculados para la superficie de una hectárea, con los rendimientos obtenidos por cada uno de los tratamientos.

Los rendimientos de grano en promedio por tratamiento, han sido ajustados al 5 %, para de alguna manera asemejar las condiciones del agricultor y compensar las pérdidas ocasionadas por el desgrane, característico en el cultivo de la kañawa. El beneficio bruto de campo se obtuvo con el precio en campo de 1.7 Bs/kg de grano de kañawa.

Cuadro 6. Flujograma del análisis de datos

Los parámetros que se tomaron, fueron calculados por las siguientes relaciones:

Beneficio bruto

$$\text{B.B.} = R * P$$

Donde:

B.B.	=	Beneficio Bruto
R	=	Rendimiento promedio por tratamiento
P	=	Precio de grano ajustado

Beneficio neto

$$\text{B.N.} = \text{B.B.} - \text{TC}$$

Donde:

B.N.	=	Beneficio neto
B.B.	=	Beneficio bruto
TC	=	Total costos variables de producción

Tasa de retorno marginal

$$\text{T.R.M.} = (\text{BN1} - \text{BN2} / \text{CV1} - \text{CV2}) * 100$$

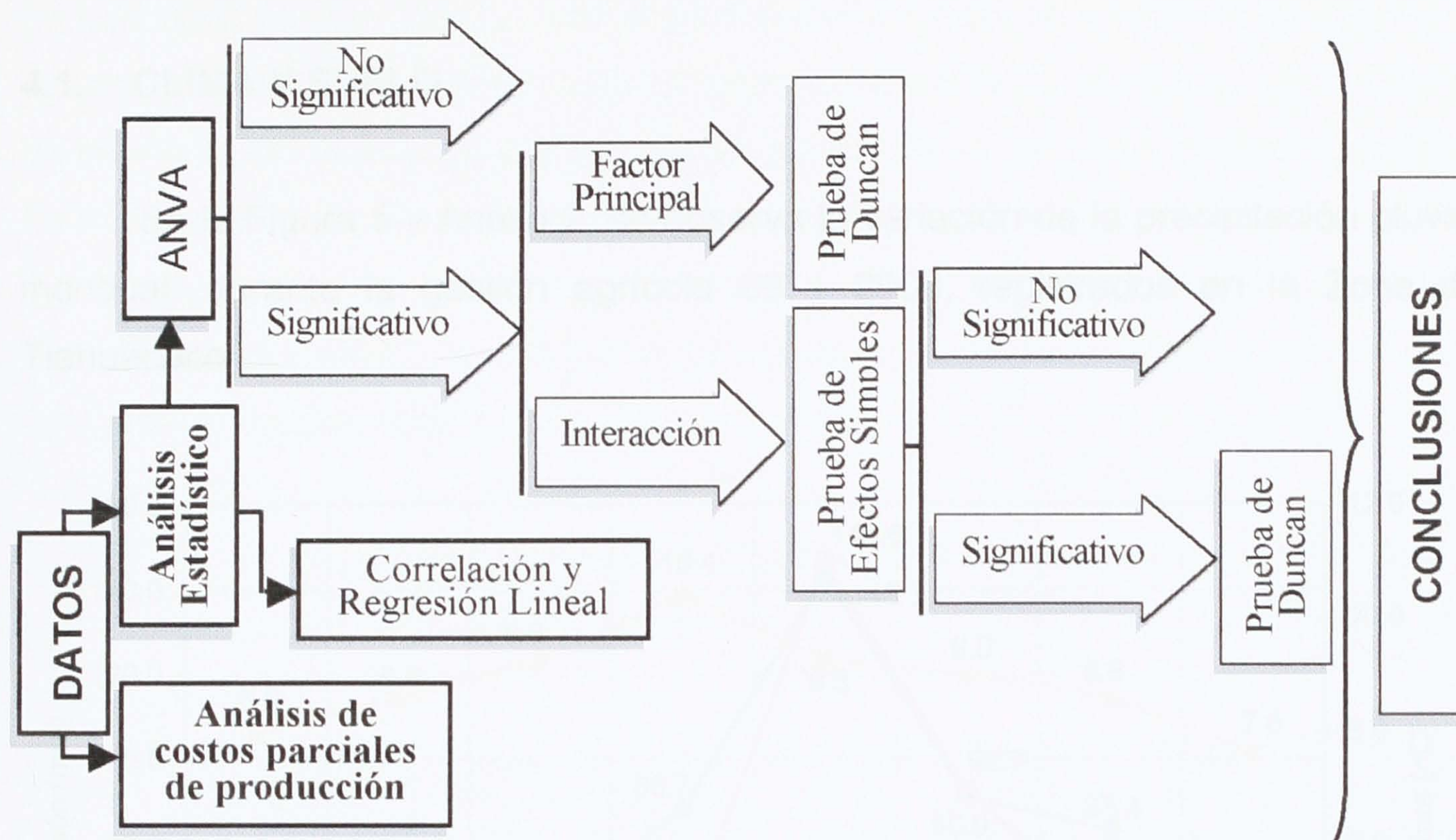
Donde:

T.R.M.	=	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.

3.6.6. PROCESO DEL ANÁLISIS DE DATOS

El procedimiento seguido para el análisis de datos se muestra en el flujograma del Cuadro 6.

Cuadro 6 Flujograma del análisis de datos



Los datos fueron analizados estadística y económicamente. En lo referente al análisis estadístico, este consistió en un “análisis de varianza” y “correlación y regresión lineal”. El análisis económico fue evaluado mediante los siguientes parámetros económicos: “Beneficio bruto”, “Beneficio neto” y “Tasa de retorno marginal”

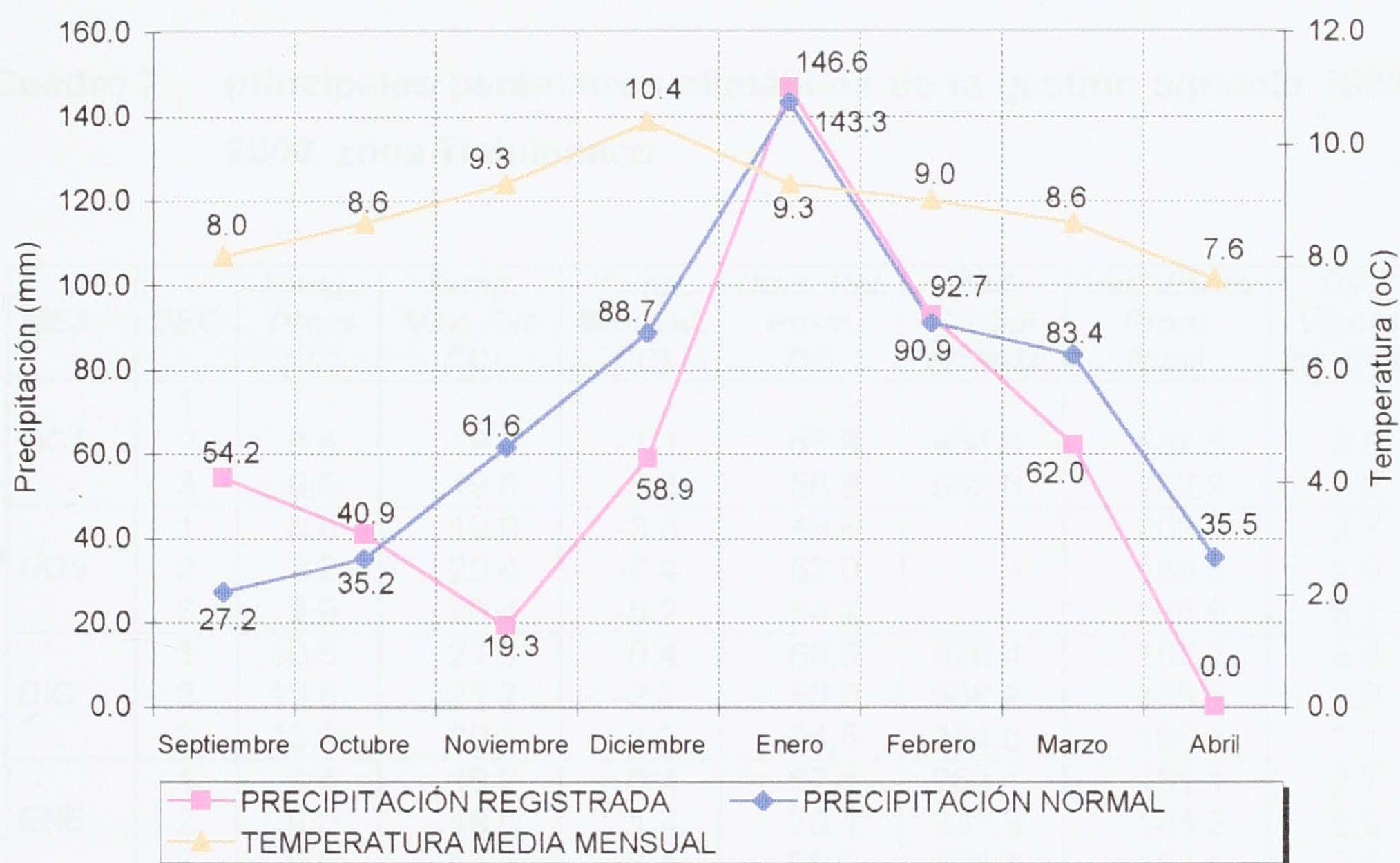
El análisis de varianza muestra las diferencias “significativas” o “no significativas”, en este último caso no da lugar a mayores discusiones. Si existió diferencias significativas y si el mismo fue para factor principal, se efectuó la “prueba de Duncan” y por el contrario si fue para la interacción, se realizó el “análisis de efectos principales”, donde el mencionado análisis mostró de la misma manera diferencias “significativas” o “no significativas”, en este último caso no dio lugar a mayores discusiones. Si existió diferencias significativas se efectuó la “prueba de Duncan”, para establecer diferencias y similitudes.

Como consecuencia de la interpretación de los distintos análisis y pruebas descritas anteriormente, se llegó a las conclusiones.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CLIMA Y SUELO

En la Figura 5 y Anexo 2, se observa la variación de la precipitación pluvial mensual, durante la gestión agrícola 99 – 2000, registrados en la Zona de Tiahuanaco⁵.



Fuente: PROSUKO, 2000

Figura 5. Comportamiento de la precipitación pluvial mensual en la gestión agrícola 1999 – 2000, zona Tiahuanaco.

Como se muestra en la Figura 5, se observa la precipitación pluvial registrada entre los meses de septiembre – abril. Las mismas fueron inferiores a

⁵ Parámetros climáticos registrados por la Estación Meteorológica del Programa Interinstitucional (PROSUKO), en la Comunidad Achuta Grande, estación más próxima a la Comunidad Achaca, Zona Tiahuanaco.

las normalmente observadas, presentando un valor de 16 % por debajo de lo normal (PROSUKO, 2000). Las mayores deficiencias de lluvias se presentaron durante los meses de noviembre y diciembre, razón por la que se retrasó la fecha de siembra, considerando que la cañawa es un cultivo exigente en humedad para su establecimiento. Durante los meses de enero y febrero, se presentó un ligero incremento de precipitación y volviendo a tener registros de precipitaciones inferiores al normal en el mes de marzo, concluyendo con una ausencia total de lluvias en el mes de abril.

Cuadro 7 principales parámetros climáticos de la gestión agrícola 1999 – 2000, zona Tiahuanaco

MES	DEC.	Temp. Prom (°C)	Temp. Max. Ext. (°C)	Temp. Min. Ext. (°C)	Hum. Rel. Prom. (%)	Rad. Global (W/m ²)	Vel. Viento Prom. (m/s)	Dir. Viento (grados)
OCT	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	8.4	19.0	-1.1	67.8	464.6	187.6	2.8
	3	8.8	19.6	-5.8	56.8	552.6	182.9	2.8
NOV	1	8.8	19.9	-3.5	49.5	-	202.2	2.7
	2	9.2	20.4	-7.4	52.0	-	189.5	2.9
	3	9.9	20.4	-5.2	54.2	-	165.8	3.2
DIC	1	10.5	21.3	-0.4	60.8	520.4	167.1	3.0
	2	10.8	21.2	-2.2	58.0	308.2	155.1	3.0
	3	10.0	20.1	1.6	64.5	254.6	160.8	3.1
ENE	1	9.4	19.2	0.4	67.4	260.1	181.1	2.7
	2	9.0	18.0	1.4	70.1	231.3	143.2	2.9
	3	9.5	17.5	3.1	69.9	224.7	161.1	2.6
FEB	1	9.0	17.3	1.6	71.1	239.3	169.0	2.2
	2	9.1	17.2	2.1	69.3	254.6	145.1	2.4
	3	8.8	15.9	0.3	73.1	227.3	175.4	2.1
MAR	1	9.1	19.4	1.7	73.1	222.4	165.4	1.9
	2	8.7	17.3	-1.1	70.2	246.7	167.0	1.7
	3	8.1	19.6	-2.2	-	256.3	149.5	1.8
ABR	1	7.5	19.3	-3.9	-	267.1	136.1	2.0
	2	7.4	19.1	-6.1	-	258.5	164.5	2.0
	3	7.9	18.8	-5.4	64.4	248.0	165.1	2.1
PROM		9.0	19.0	-4.1	64.3	296.3	166.7	2.5

Fuente: PROSUKO, 2000

La temperatura media del aire, tuvo un incremento desde el mes de octubre (8.4 °C), alcanzando el valor máximo en el mes de diciembre (10.8 °C), posteriormente decreció, llegando a un valor de 7.4 °C en la segunda década del mes de abril, conforme se aproxima el periodo invernal. El periodo tuvo un promedio de 9.0 °C. Cuadro 7

Las temperaturas máximas extremas se dieron durante el mes de diciembre, alcanzando 21.3 °C, mientras que en este periodo las temperaturas máximas extremas menores se registraron durante el mes de febrero con un valor de 15,9 °C con un promedio en todo el periodo de 19.0 °C. La temperatura mínima extrema se registro durante el mes de noviembre (- 7.4 °C), con una media de - 4.1 °C en todo el periodo.

La humedad relativa promedio del aire alcanzó valores altos durante el mes de febrero por la mayor precipitación, obteniendo una media de 64.3 % en todo el lapso de la gestión agrícola.

La radiación global promedio, tubo correlación con la precipitación, considerando que en los meses con baja precipitación alcanzó valores altos debido a la mayor cantidad de horas luz y viceversa en los meses con alta precipitación, con una media durante todo el periodo de 296.3 W/m². La velocidad del viento promedio para el periodo de estudio alcanzó a 2.5 m/s. La dirección de viento más frecuente fue de Sud a Sudeste.

De acuerdo al análisis de suelo (Anexo 3), efectuado en el Servicio Departamental Agropecuario "SEDAG" La Paz, con muestras tomadas del sitio experimental, las mismas presentaron las siguientes propiedades físico - químicas:

- 3.1. Propiedades físicas.

Las características físicas corresponden a la capa arable del sitio experimental el cual presentó una textura franco arenosa (55% arena, 31% limo, 14% arcilla); con mínima presencia de grava (0.51%) y una Densidad Aparente de 1.55 g/cc, coherente para el tipo de textura FA al igual que la Densidad Real.

- Propiedades químicas.

Presentó pH ligeramente básico (8.13); con una conductividad eléctrica baja de 0.854 mmhos/cm, sin problema de sales. El contenido de calcio intercambiable es alto con un valor de 13.32 me/100 g; el contenido de potasio es regular con un valor medio de 1.25 me/100 g; la capacidad de intercambio catiónico fue media con un valor de 17.32 me/100g.

- Status de fertilidad del suelo.

La fertilidad natural del suelo fue alta (Chilon, 1996), con 5.29% de materia orgánica; el contenido de nitrógeno presentó un valor de 0.23%, el fósforo 13 ppm.; el contenido de potasio es medio con un valor de 1.25 me/100 g.

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

Aplicando los procedimientos descritos en el capítulo de metodología, se analizaron las siguientes variables: altura de planta, diámetro de tallo, índice de tallo, índice de hoja, índice de cosecha, rendimiento de fitomasa, rendimiento de broza, rendimiento de grano, peso de 1000 granos, diámetro de grano y espesor de grano.

4.2.1. ALTURA DE PLANTA (cm)

El análisis de varianza (ANVA) para la altura de planta de kañawa se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable altura de planta (cm)

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	Pr>F
Bloques	2	30.342	15.171	1.59	0.3103 NS
Distancia entre surcos (A)	2	1187.085	593.542	62.23	0.0010 **
Error (a)	4	38.152	9.538		
Distancia entre plantas (B)	2	60.984	30.492	2.72	0.1061 NS
Interacción (AxB)	4	145.152	36.288	3.24	0.0509 NS
Error (b)	12	134.477	11.206		
Ecotipos (C)	3	65.659	21.886	7.77	0.0002 **
Interacción (AxC)	6	21.193	3.532	1.25	0.2908 NS
Interacción (BxC)	6	23.960	3.993	1.42	0.2211 NS
Error (c)	66	185.911	2.817		
Total	107	1892.915			

Coefficiente de variación = 9.4%

** Altamente significativo

NS No significativo

El coeficiente de variación (CV) es 9.4%, indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30%, porcentaje considerado como limite para trabajos de campo, al respecto Calzada (1972), señala un rango de 9 a 30% de CV como aceptable para trabajos de campo. El análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas entre bloques lo que indica que, la suposición inicial de diferencias en el factor suelo no fue real.

El Cuadro de análisis de varianza muestra que, no existen diferencias significativas para el factor distancia entre plantas (B) y las interacciones: distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), distancia entre surcos por ecotipos (AxC) y distancia entre plantas por ecotipos (BxC).

Se encontraron diferencias significativas para los factores distancia entre surcos (A) y ecotipos (C).

4.2.1.1. ALTURA DE PLANTA EN TRES DISTANCIAS ENTRE SURCOS (A)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para la altura de planta en tres distanciamientos entre surcos, se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba de Duncan para comparar la altura de planta en tres distancias entre surcos (A)

<i>Distancia entre surcos (A)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de altura planta (cm)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
60 cm	101852	21.4	a
40 cm	152778	18.8	b
20 cm	305556	13.4	c

De acuerdo a la clasificación de Duncan, los tres distanciamientos entre surcos presentaron diferencias estadísticamente significativas para la altura de planta.

El nivel 60 cm de distancia entre surcos (101852 plantas/ha) exhibe la mayor altura de planta con un valor de 21.4 cm, seguido de 40 cm de distancia entre surcos (152778 plantas/ha) con un valor de 18.8 cm, y por último el nivel 20 cm de distancia entre surcos (305556 plantas/ha) con 13.4 cm de altura.

En la Figura 6, se observa el comportamiento de la altura de planta respecto a los diferentes niveles de distancia entre surcos y el número de plantas por superficie, donde: A 20 cm de distancia entre surcos con 305556 plantas/ha, la altura de planta promedio fue 13.4 cm, inferior al resto de los tratamientos, a 40 cm de distancia entre surcos con la mitad de la población de plantas del primer

nivel (152778 plantas/ha), la altura de planta se incrementó en un 40.2% sobre el obtenido a 20 cm de distancia entre surcos.

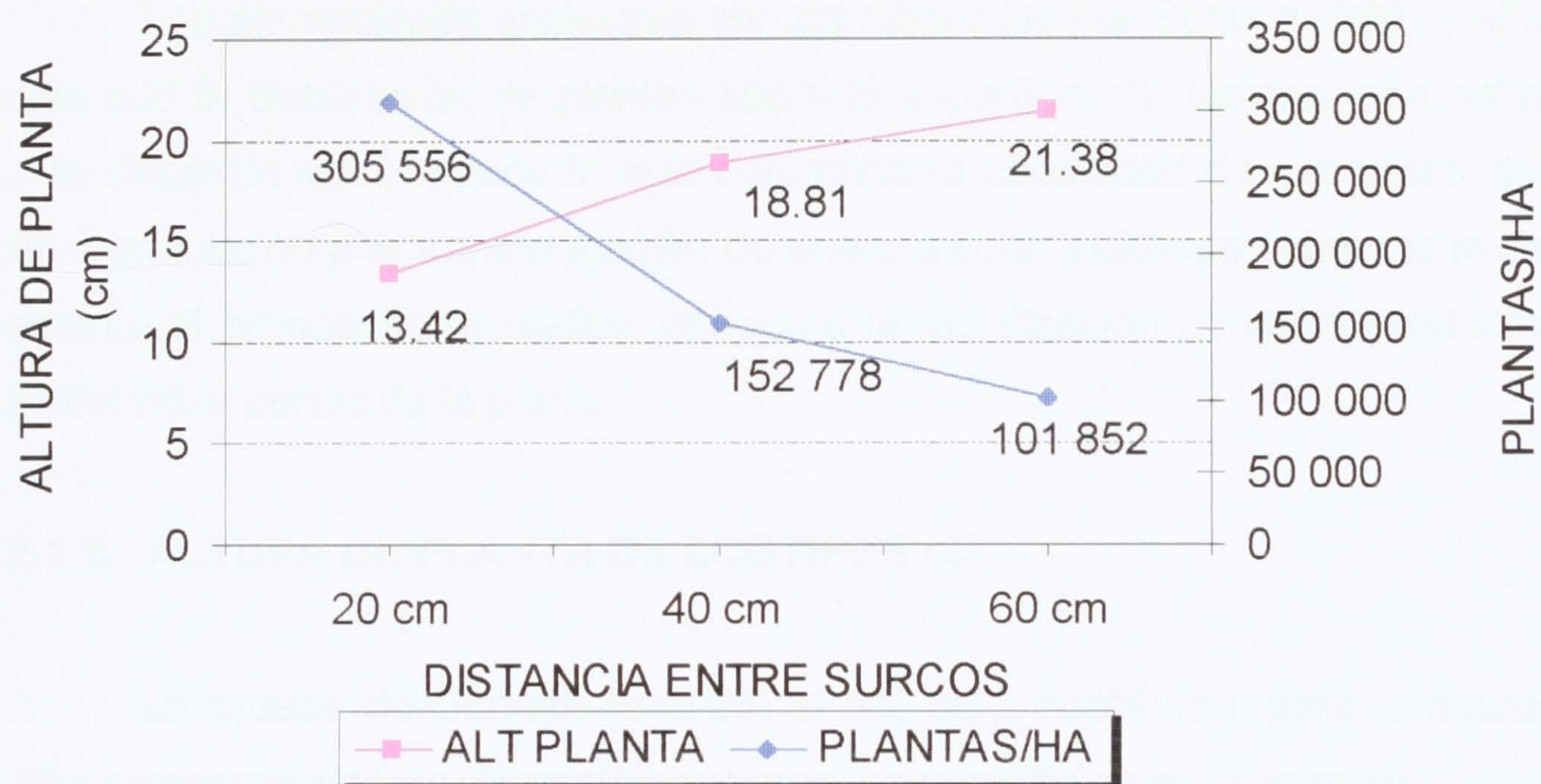


Figura 6. Comportamiento de la altura de planta de cañawa con respecto al número de plantas por hectárea

A 60 cm de distancia entre surcos con una tercera parte (101852 plantas/ha) del número de plantas del primer nivel de distancia entre surcos (20 cm), la altura de planta se incrementó en un 13.7% sobre el obtenido a 40 cm de distancia entre surcos, el valor alcanzado para esta variable a 60 cm de distancia entre surcos fue 21.4 cm, superior al resto de los tratamientos.

Los datos observados nos permiten afirmar que, a mayor distanciamiento entre surcos el desarrollo de la altura de planta será también mayor, o en otras palabras, a medida que se disminuya el número de plantas por superficie, la altura de plantas será mayor, obviamente se llegará a un límite donde el incremento de la altura de planta no se hallará evidente. De esta manera se observó que el desarrollo en altura de planta está directamente relacionado al espaciamiento,

factor que determinó la capacidad de captar la radiación solar incidente sobre la superficie del cultivo y la mayor disponibilidad de nutrientes a nivel del suelo.

Las afirmaciones anteriores son corroboradas por Schuch (2001), el cual indica que la distribución de plantas sobre la superficie del terreno esta definida por la distancia entre surcos lo que determina la capacidad de desarrollo de un cultivo en función a la transformación de energía solar incidente sobre los mismos mediante el proceso fotosintético, así como la movilización de estos productos a las diferentes partes de la planta.

4.2.1.2. ALTURA DE PLANTA DE ECOTIPOS (C)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para la altura de planta alcanzado por los diferentes ecotipos, se muestra en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para comparar la altura de planta de los diferentes ecotipos (C)

<i>ECOTIPOS (C)</i>	<i>Promedio de altura planta(cm)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
Saihua amarilla	19.1	a
Saihua roja	17.9	b
Lasta roja	17.3	b
Lasta amarilla	17.2	b

El análisis de Duncan ($\alpha=0.05$) determinó que, el ecotipo saihua amarilla alcanzó 19.1 cm de altura de planta, superior a los ecotipos: saihua roja con 17.9 cm, lasta roja con 17.3 cm y lasta amarilla con 17.2 cm, estos ecotipos no presentaron diferencias significativas, en consecuencia, el ecotipo saihua amarilla presentó mayor altura de planta sobre los ecotipos lasta, con excepción del ecotipo saihua roja.

Las diferencias y similitudes observados en los ecotipos en cuestión para la presente variable, nos permiten afirmar que, el genotipo de los ecotipos lasta determinó un fenotipo de altura de planta inferior al fenotipo expresado por el ecotipo saihua amarilla, al margen de los distanciamientos entre surcos, aseveración corroborada por Mamani (1994) quien indica que, obtuvo 29.30 cm de altura de planta en los cultivares saihua y 21.30 cm de altura de planta en los cultivares lasta, de la misma manera Copeticona (2000) observó que los cultivares saihua (52.46 cm) son superiores al cultivar lasta (49.44 cm) en altura de planta, situación que atribuye el autor a la morfología distinta de crecimiento de ambos ecotipos.

Los contrastes de altura de planta observados en el presente estudio respecto a los obtenidos por los citados autores, fundamentalmente se atribuyen a las precipitaciones variables en cada zona y gestión agrícola, y el material genético utilizado, presentándose en nuestro caso 474.6 mm de precipitación, 16% inferior al valor normalmente registrado para la zona de Tiawanaku (565.8 mm), a diferencia del reporte de Copeticona (2000), para la zona de Taraco y gestión agrícola 96 – 97, el cual menciona una precipitación de 572.7 mm, superior en un 17% a la precipitación observada en la gestión agrícola en el que se llevó cabo el presente trabajo (99 – 2000).

En síntesis, para el factor altura de planta de kañawa, a medida que disminuye el número de plantas por superficie en los diferentes distanciamientos entre surcos, se observó un incremento de la altura de planta, alcanzando un valor máximo de 21.4 cm a 60 cm de distancia entre surcos y 101852 plantas/ha. Por otra parte, el ecotipo saihua amarilla presentó una altura de planta superior al resto de los ecotipos, con un valor de 19.1 cm, contrario a ello, el ecotipo lasta amarilla presentó una altura de planta de 17.8 cm, inferior al resto de los tratamientos.

4.2.2. DIÁMETRO DE TALLO (mm)

El análisis de varianza (ANVA) para diámetro de tallo a la cosecha (Cuadro 11), muestra un coeficiente de variación de 13.1%, el mismo está dentro el rango tolerable para la investigación agronómica. Por otra parte se observa que no existen diferencias significativas entre bloques.

Cuadro 11. Análisis de varianza para el diámetro de tallo

<i>FUENTE DE VARIACIÓN</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>
Bloques	2	0.103	0.052	1.82	0.2735 NS
Distancia entre surcos (A)	2	15.485	7.743	273.02	0.0001 **
Error (a)	4	0.113	0.028		
Distancia entre plantas (B)	2	1.802	0.901	4.54	0.0340 *
Interacción (AxB)	4	2.486	0.621	3.13	0.0557 NS
Error (b)	12	2.380	0.198		
Ecotipos (C)	3	0.463	0.154	2.07	0.1120 NS
Interacción (AxC)	6	0.962	0.160	2.15	0.0586 NS
Interacción (BxC)	6	0.537	0.089	1.20	0.3163 NS
Error (c)	66	4.909	0.074		
Total	107	29.240			

Coeficiente de variación = 13.1%

* Significativo

** Altamente significativo

NS No significativo

El análisis de varianza muestra que existen diferencias altamente significativas para el factor distancia entre surcos (A) y diferencias significativas para el factor distancia entre plantas (B). No se encontraron diferencias significativas para el factor ecotipos (C) y las interacciones: Distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), distancia entre surcos por ecotipos (AxC)) y distancia entre plantas por ecotipos (BxC).

4.2.2.1. DIÁMETRO DE TALLO EN TRES DISTANCIAS ENTRE SURCOS (A)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para el diámetro de tallo en tres distanciamientos entre surcos (A), se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para comparar el diámetro de tallo en tres distancias entre surcos (A)

<i>Distancia entre surcos (A)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de diam. tallo(mm)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
60 cm	101852	2.5	a
40 cm	152778	2.1	b
20 cm	305556	1.6	c

De acuerdo a la clasificación de Duncan, los tres promedios de diámetro tallos presentaron diferencias significativas para los distanciamientos entre surcos.

Al igual que en la altura de planta, el nivel 60 cm de distancia entre surcos exhibe el mayor diámetro de tallo, con un valor de 2.5 mm, seguido de 40 cm de distancia entre surcos con un valor de 2.1 mm, y por ultimo el nivel 20 cm de distancia entre surcos con 1.6 mm de diámetro.

Los diámetros de tallo alcanzadas por cada uno de los niveles de distancia entre surcos, fueron de la misma manera, determinados por el número de plantas por superficie, donde, el nivel 20 cm de distancia entre surcos, dio lugar a 305556 plantas/ha, a este nivel de plantas, se obtuvo 1.6 mm de espesor de tallo, menor al resto de los tratamientos y a 60 cm de distancia entre plantas con 101852 plantas/ha, se observo 2.5 mm de diámetro de tallo.

Además de las diferencias de diámetro de tallo, se pudo notar que, a mayor distanciamiento entre surcos, los tallos fueron mas lignificados, 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 distanciamiento entre surcos, donde los tallos fueron menos lignificados y presentaron un menor diámetro, debido a la mayor competencia entre plantas por la luz y los nutrientes disponibles en el suelo.

4.2.2.2. DIÁMETRO DE TALLO EN TRES DISTANCIAS ENTRE PLANTAS(B)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad se muestra en el Cuadro 13, el mismo muestra las diferencias y similitudes del diámetro de tallo en tres distanciamientos entre plantas (B).

Cuadro 13. Prueba de Duncan para compara el diámetro de tallo en tres distancias entre plantas (B)

<i>Distancia entre plantas (A)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de diam. tallo(mm)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
30 cm	101852	2.3	a
20 cm	152778	2.0	b
10 cm	305556	1.9	b

A 30 cm de distancia entre plantas se obtuvo 2.3 mm de diámetro de tallo superior a los niveles de 20 y 10 cm de distancia entre plantas con diámetros de 2.0 y 1.9 mm, estos últimos mostraron diferencias no significativas.

En síntesis para el diámetro de tallo, éste fue directamente proporcional a los niveles de distancia entre surcos y entre plantas, e inversamente proporcional al número de plantas por superficie, alcanzando un valor máximo de 2.5 mm a 60 cm de distancia entre surcos y 2.3 mm a 30 cm de distancia entre plantas, al margen de los ecotipos los cuales mostraron diferencias no significativas.

Los resultados obtenidos para el diámetro de tallo son corroborados por Schuch (2001), el mismo señala que la distribución de las plantas sobre la superficie del terreno determina el desarrollo de las mismas, debido a que este

factor determina la asimilación de la energía solar incidente sobre el cultivo y la disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo.

4.2.3. ÍNDICE DE TALLO

El análisis de varianza (ANVA) para el índice de tallo a la cosecha, se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el índice de tallo

<i>FUENTE DE VARIACIÓN</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>
Bloques	2	2.549	1.275	0.06	0.9410 NS
Distancia entre surcos (A)	2	206.123	103.061	5.00	0.0817 NS
Error (a)	4	82.507	20.627		
Distancia entre plantas (B)	2	69.152	34.576	6.39	0.0129 *
Interacción (AxB)	4	114.544	28.636	5.29	0.0108 *
Error (b)	12	64.924	5.410		
Ecotipos (C)	3	123.767	41.256	4.26	0.0082 **
Interacción (AxC)	6	81.843	13.641	1.41	0.2241 NS
Interacción (BxC)	6	106.338	17.723	1.83	0.1063 NS
Error (c)	66	638.528	9.675		
Total	107	1490.275			

Coefficiente de variación = 16.2%

** Altamente significativo
 * Significativo
 NS No significativo

El coeficiente de variación para la presente variable fue 16.2%, el mismo indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30% exigido para trabajos de campo. El análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas entre bloques.

El Cuadro de análisis de varianza muestra que, no existen diferencias significativas para el factor distancia entre surcos (A) y las interacciones distancia entre surcos por ecotipos (AxC) y distancia entre plantas por ecotipos (BxC).

Se encontraron diferencias significativas al 5% de probabilidad estadística para el factor distancia entre plantas (B) y la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), también se pudo observar diferencias altamente significativas al 1% de probabilidad estadística para el factor ecotipos (C).

4.2.3.1. ÍNDICE DE TALLO EN TRES DISTANCIAS ENTRE PLANTAS (B)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para el índice de tallo a la cosecha en tres distancias entre plantas (B), se muestra en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para comparar el índice de tallo en tres distancias entre plantas (B)

<i>Distancia entre plantas (B)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Índice tallo</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
30 cm	101852	0.20	a
10 cm	305556	0.19	ab
20 cm	152778	0.18	b

El índice de 0.20 a 30 cm de distancia entre plantas, fue superior al obtenido por 20 cm de distancia entre plantas con un valor de 0.18 y el índice 0.19 a 10 cm de distancia entre plantas fue estadísticamente similar a los índices de tallo obtenidos a 30 y 20 cm de distancia entre plantas.

Los datos observados nos permiten afirmar que, a mayor distancia entre plantas (30 cm) y menor número de plantas por superficie (101852 plantas/ha), mayor es el desarrollo de tallos con relación al peso total del vástago de la planta (fitomasa), alcanzando un valor de 0.20 y por el contrario a menor distanciamiento entre plantas (10 y 20 cm) y mayor número de plantas por superficie (305556 y 152778 plantas/ha), menor es el índice de tallo.

4.2.3.2. ÍNDICE DE TALLO PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AxB)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), para la variable índice de tallo, se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>
DIS PLA (DIS SUR 1)	2	90.227	45.113	8.34	0.0017 **
DIS PLA (DIS SUR 2)	2	74.119	37.060	6.85	0.0352 *
DIS PLA (DIS SUR 3)	2	19.349	9.675	1.78	0.3959 NS
Error (b)	12	64.924	5.410		

** Altamente significativo

* Significativo

NS No significativo

El Cuadro 16 muestra que, el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 60 cm de distancia entre surcos, no fue significativo, y por el contrario, el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 20 cm de distancia entre surcos fue altamente significativo al 1% de probabilidad estadística y en 40 cm de distancia entre surcos fue significativo al 5% de probabilidad estadística.

Para una observación más objetiva de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), para la variable índice de tallo, los resultados se muestran en la Figura 7, Anexo 5.

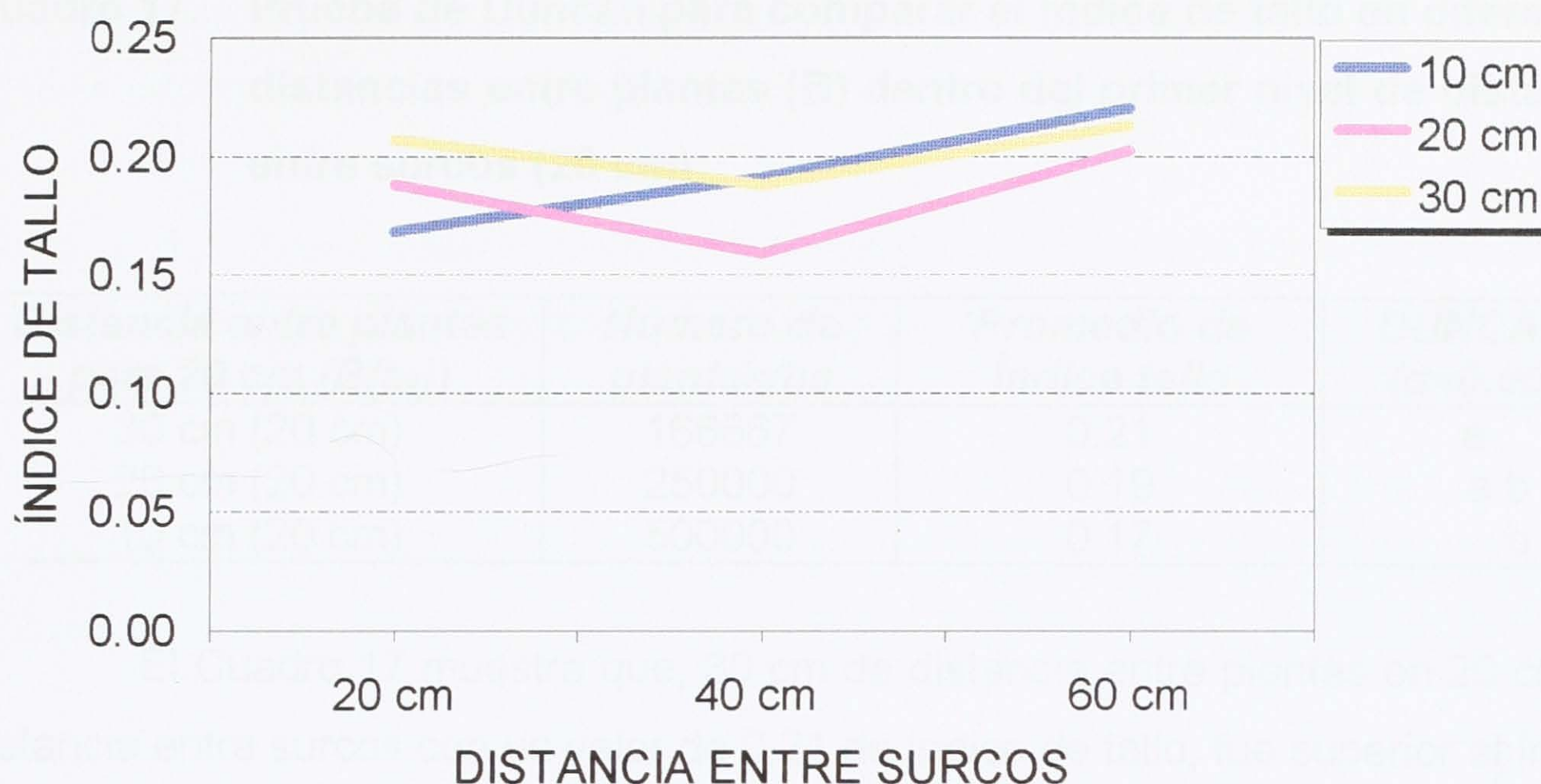


Figura 7. Índice de tallo para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas

En la Figura 7, Anexo 5, muestra el comportamiento de diferentes distancias entre plantas en tres distanciamientos entre surcos, donde se observa el incremento constante del nivel 10 cm de distancia entre plantas en los diferentes niveles de distancia entre surcos. Se observó el mayor índice de tallo (0.22) a 10 cm de distancia entre plantas por 60 cm de distancia entre surcos, con respecto al resto de los efectos simples de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas.

Prueba de Duncan para distancia entre plantas (B) en el primer nivel de distancia entre surcos (20 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 16, el mismo presenta las diferencias estadísticas en el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) dentro de 20 cm de distancia entre surcos (a_1), para la variable índice de tallo.

Cuadro 17. Prueba de Duncan para comparar el índice de tallo en diferentes distancias entre plantas (B) dentro del primer nivel de distancia entre surcos (20 cm)

<i>Distancia entre plantas para 20 cm (B(a₁))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Índice tallo</i>	<i>DUNCAN (α=0.05)</i>
30 cm (20 cm)	166667	0.21	a
20 cm (20 cm)	250000	0.19	a b
10 cm (20 cm)	500000	0.17	b

El Cuadro 17 muestra que, 30 cm de distancia entre plantas en 20 cm de distancia entre surcos con un valor de 0.21 de índice de tallo, fue superior al índice alcanzado por el nivel 10 cm de distancia entre plantas en 20 cm de distancia entre surcos con un valor 0.17. Por otra parte, a 20 cm de distancia entre plantas dentro de 20 cm de distancia entre surcos se obtuvo un índice de tallo de 0.19, valor estadísticamente similar a los índices obtenidos por los niveles 30 y 10 cm de distancia entre plantas dentro de 20 cm de distancia entre surcos.

Los valores de índice de tallo mencionados, mostraron un mayor desarrollo de tallos en peso (0.21) a mayor distanciamiento entre plantas (30 cm) y menor número de plantas por superficie con un valor de 166667 plantas/ha, situación que se atribuye a la menor competencia entre plantas. Por el contrario, a menor distancia entre plantas (10 cm) y mayor número de plantas por superficie (500000 plantas/ha), menor fue el desarrollo de tallos alcanzando un valor de 0.17, debido a la mayor competencia entre plantas, todo ello en 20 cm de distancia entre surcos.

Prueba de Duncan para distancia entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 18, el mismo presenta las diferencias estadísticas en el comportamiento

de los diferentes niveles de distancias entre plantas (B) dentro de 40 cm de distancia entre surcos (a_1), para la variable índice de tallo.

Cuadro 18. Prueba de Duncan para comparar el índice de tallo en diferentes distancias entre plantas (B) dentro del segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

<i>Distancia entre plantas para 40 cm (B(a₂))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Índice tallo</i>	<i>DUNCAN (α=0.05)</i>
10 cm (40 cm)	250000	0.19	a
30 cm (40 cm)	125000	0.19	a
20 cm (40 cm)	83333	0.16	b

El Cuadro 18 muestra que, los efectos simples de 10 y 30 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, alcanzaron un promedio estadística y numéricamente igual con un valor de 0.19 de índice de tallo y fueron superiores al índice 0.16, obtenido a 20 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos.

Hacemos notar que, el índice de tallo para 20 (0.16) y 30 cm (0.19) de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos muestra un decremento con relación a 20 cm de distancia entre surcos, volviendo a incrementarse a 60 cm de distancia entre surcos, nivel al cual se observó elevados índices de tallo respecto al resto de los efectos simples. Por otra parte el nivel 10 cm de distancia entre plantas, presentó un incremento constante en cada uno de las distancias entre surcos, observándose un valor de 0.19 a 40 cm de distancia entre surcos superior al obtenido en 20 cm de distancia entre surcos con un valor de 0.17 de índice de tallo. (Figura 7).

Las similitudes observadas en los niveles 10 y 30 cm distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, se deben principalmente a que en el primer caso existió mayor competencia entre plantas lo que determinó mayor desarrollo de tallos buscando condiciones de mayor radiación solar. En el segundo

caso, a 30 cm de distancia entre plantas el desarrollo de tallos también fue mayor ya que a este espaciamiento el desarrollo de la planta fue superior debido a la menor competencia entre plantas.

En síntesis el índice de tallo a distintas distancias entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surco, presentó mayor índice de tallo a 10 y 30 cm de distancia entre plantas con un valor de 0.19 de índice de tallo con relación a 20 cm de distancia entre plantas con un valor de 0.16 de índice de tallo, inferior a los niveles mencionados.

En general para la interacción distancia entre plantas por distancia entre surcos (AxB), se observó mayor índice de tallo a 60 cm de distancia entre surcos, con un promedio de 0.21 de índice de tallo para los tres distanciamientos entre plantas, este valor es superior a los obtenidos por resto de las distancias entre plantas dentro los niveles 20 y 40 cm de distancia entre surcos.

4.2.3.3. ÍNDICE DE TALLO PARA ECOTIPOS (C)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para el índice de tallo de los ecotipos (C), se muestra en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Prueba de Duncan para el índice de tallo de ecotipos (C)

<i>ECOTIPOS (C)</i>	<i>Promedio de Índice tallo</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
Lasta roja	0.21	a
Saihua roja	0.20	ab
Lasta amarilla	0.19	b
Saihua amarilla	0.18	b

De acuerdo a la clasificación de Duncan ($\alpha=0.05$), El ecotipo lasta roja presentó un valor de 0.21 de índice de tallo, superior a los promedios obtenidos por los ecotipos lasta amarilla y saihua amarilla con valores de 0.19 y 0.18

respectivamente, estos últimos presentaron diferencias no significativas, el ecotipo saihua roja obtuvo un índice de tallo de 0.20, estadísticamente similar a los obtenidos por los ecotipos lasta roja, lasta amarilla y saihua amarilla.

Las diferencias observadas de índice de tallo para los ecotipos, principalmente se deben a las características genéticas de cada ecotipo, presentándose diferentes colores dentro de cada ecotipo. Estos individuos indudablemente tienen diferente composición genotípica, al respecto Lescano (1994) indica que, los ecotipos lasta presentan mayor desarrollo de tallos con respecto a los ecotipos saihua.

La afirmación realizada por Lescano (1994) no es corroborada en su plenitud, ya que dentro los ecotipos lasta, solo lasta roja desarrolló mayor cantidad de tallo en términos de peso y la lasta amarilla presentó un comportamiento estadísticamente similar a saihua amarilla, los cuales alcanzaron bajos índices de tallo, por lo que afirmaríamos que los ecotipos presentaron un comportamiento particular.

En síntesis para el índice de tallo, se alcanzaron índices de tallo superiores a 60 cm de distancia entre surcos con un valor promedio de 0.21 indistintamente para cada distancia entre plantas, por otra parte el ecotipo lasta roja presentó mayor desarrollo de tallo con respecto al peso total del vástago de la planta con un valor de 0.21.

4.2.4. ÍNDICE DE HOJA

El análisis de varianza (ANVA) para el índice de hoja a la cosecha se muestra en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Análisis de varianza para el índice de hoja

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	Pr>F
Bloques	2	112.332	56.166	2.73	0.1789 NS
Distancia entre surcos (A)	2	109.033	54.517	2.65	0.1851 NS
Error (a)	4	82.329	20.582		
Distancia entre plantas (B)	2	148.724	74.362	9.57	0.0033 **
Interacción (AxB)	4	76.111	19.028	2.45	0.1030 NS
Error (b)	12	93.243	7.770		
Ecotipos (C)	3	107.702	35.901	2.15	0.1021 NS
Interacción (AxC)	6	151.627	25.271	1.51	0.1871 NS
Interacción (BxC)	6	83.648	13.941	0.84	0.5469 NS
Error (c)	66	1101.186	16.685		
Total	107	2065.934			

Coefficiente de variación = 7.8%

** Altamente significativo

NS No significativo

El coeficiente de variación (CV) alcanzado para la variable Índice de hoja fue de 7.8%, valor menor al 30%, limite considerado como máximo para las investigaciones agronómicas.

El análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas entre bloques. También se observó que no existen diferencias significativas para: los factores distancia entre plantas (B), ecotipos (C) y las interacciones distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), distancia entre surcos por ecotipo (AxC) y distancia entre plantas por ecotipo (BxC).

Se observó que existen diferencias altamente significativas a un nivel de 1% de probabilidad estadística, para el factor distancia entre plantas (B).

4.2.4.1. ÍNDICE DE HOJA EN TRES DISTANCIAS ENTRE PLANTAS (B)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para el índice de hoja en tres distanciamientos entre plantas (B), se muestra en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Prueba de Duncan para comparar el índice de hoja en las diferentes distancias entre plantas (B)

<i>Distancia entre plantas (B)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Índice hoja</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
20 cm	152778	0.54	a
10 cm	305556	0.53	ab
30 cm	101852	0.51	b

De acuerdo a la clasificación de Duncan, el índice de hoja de 0.54 alcanzado a 20 cm de distancia entre plantas, resultó superior y estadísticamente diferente al nivel 30 cm de distancia entre plantas con 0.51 de índice de hoja. El índice de 0.53 a 10 cm de distancia entre plantas, fue estadísticamente similar a los promedios de los niveles 20 y 30 cm de distancia entre plantas.

Los valores de índice de hoja alcanzados en los diferentes niveles de distanciamiento entre plantas, nos permiten afirmar que, a mayor distancia entre plantas (30 cm), la cantidad de hoja con respecto al peso total del vástago de la planta es menor, debido a que a mayor espacio entre plantas, existió menor competencia por la luz, lo que determinó menor desarrollo de hojas.

En síntesis, para la variable índice de hoja, presentó un mayor índice de hoja (0.54) a 20 cm de distancia entre plantas, al margen de la distancia entre surcos y los ecotipos, ya que estos dos últimos factores se comportaron estadísticamente similares para cada uno de los niveles.

4.2.5. ÍNDICE DE COSECHA

4.2.5.1 El análisis de varianza (ANVA) para el Índice de cosecha, se muestra en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Análisis de varianza para la variable Índice de cosecha

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	Pr>F
Bloques	2	147.834	73.917	6.91	0.0504 NS
Distancia entre surcos (A)	2	158.474	79.237	7.40	0.0452 *
Error (a)	4	42.813	10.703		
Distancia entre plantas (B)	2	14.434	7.217	3.31	0.0716 NS
Interacción (AxB)	4	64.196	16.049	7.36	0.0031 **
Error (b)	12	26.155	2.180		
Ecotipos (C)	3	58.443	19.481	3.32	0.0249 *
Interacción (AxC)	6	56.084	9.347	1.60	0.1625 NS
Interacción (BxC)	6	40.801	6.800	1.16	0.3382 NS
Error (c)	66	386.754	5.860		
Total	107	995.987			

Coefficiente de variación = 8.6%

* Significativo

** Altamente significativo

NS No significativo

El coeficiente de variación (CV) alcanzado para la variable Índice de cosecha fue de 8.6%, valor menor al 30%, limite considerado como máximo para las investigaciones agronómicas.

El análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas entre bloques. También se puede observar que no existen diferencias significativas para: el factor distancia entre plantas (B), las interacciones: distancia entre surcos por ecotipo (AxC) y distancia entre plantas por ecotipo (BxC).

Se observó que existen diferencias significativas a un nivel de 5% de probabilidad estadística, para los factores distancia entre surcos (A) y ecotipos (C),

y diferencias altamente significativas a un nivel de 1% de probabilidad estadística, para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB).

4.2.5.1. ÍNDICE DE COSECHA EN TRES DISTANCIAS ENTRE SURCOS (A)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para el índice de cosecha en tres distanciamientos entre surcos (A), se muestra en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Prueba de Duncan para comparar el índice de cosecha en tres distancias entre surcos (A)

<i>Distancia entre surcos (A)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Índice cosecha</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
40 cm	152778	0.30	a
20 cm	101852	0.28	b
60 cm	305556	0.27	b

De acuerdo a la clasificación de Duncan, el índice de cosecha de 0.30 a 40 cm de distancia entre surcos, mostró superioridad al resto de los promedios, además presentó diferencias estadísticamente significativas sobre 0.28 y 0.27 de índice de cosecha a 20 y 60 cm de distancia entre surcos respectivamente, estos últimos fueron estadísticamente similares.

Los valores de índice de cosecha alcanzados en los diferentes niveles de distanciamiento entre surcos, nos permiten afirmar que, a menor distancia entre surcos, el porcentaje de grano respecto al peso de vástago (fitomasa) es menor, como fue también a mayor distancia entre surcos, debido en el primer caso a la competencia entre plantas y en el segundo caso al mayor desarrollo en fitomasa por planta, sin embargo a un valor medio de distancia entre surcos de 40 cm, el porcentaje de grano respecto al peso de la fitomasa, fue superior.

4.2.5.2. ÍNDICE DE COSECHA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AxB)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), para la variable índice de cosecha, se muestra en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>
DIS PLA (DIS SUR 1)	2	9.873	4.936	2.26	0.0930 NS
DIS PLA (DIS SUR 2)	2	57.234	28.617	13.13	0.0054 **
DIS PLA (DIS SUR 3)	2	11.524	5.762	2.64	0.1156 NS
Error (b)	12	26.155	2.179		

** Altamente significativo

NS No significativo

El Cuadro 24 muestra que, el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 40 cm de distancia entre surcos (a_2), fue altamente significativo, y por el contrario el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 20 cm y 60 cm de distancia entre surcos no fue significativo.

Para una observación más objetiva de los diferentes efectos simples de distancia entre plantas por distancia entre surcos (AxB), para la variable índice de cosecha, los resultados se muestran en la Figura 8, Anexo 6.

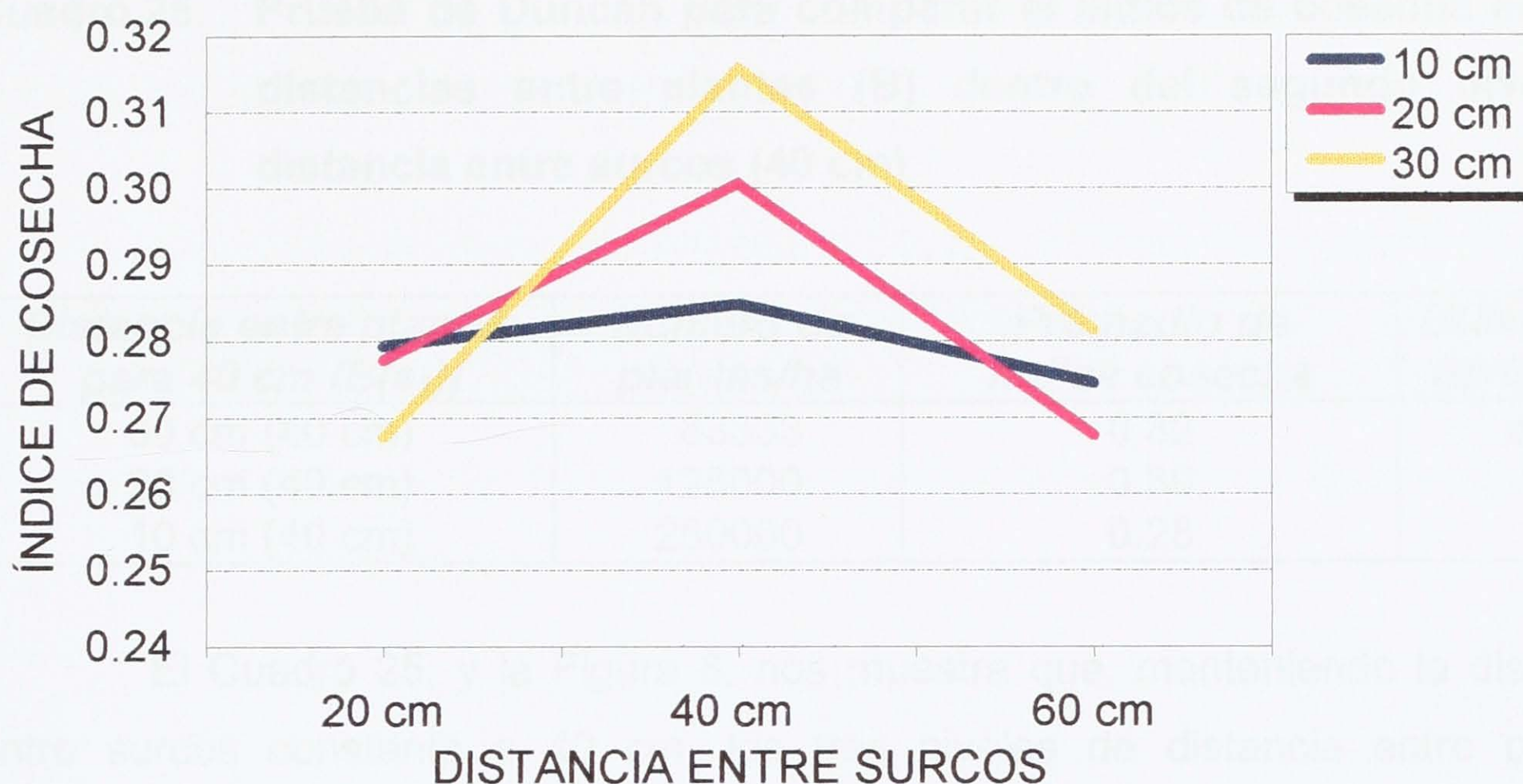


Figura 8. Índice de cosecha para la interacción distancia entre plantas por distancia entre surcos (kg/ha)

La Figura 8, muestra el comportamiento de las diferentes distancias entre plantas en los diferentes distanciamientos entre surcos donde se observó a los niveles 10, 20 y 30 cm de distancia entre plantas con un comportamiento similar en el primer (20 cm) y último (60) nivel de distancia entre surcos, sin embargo a 40 cm de distancia entre surcos los niveles de distancia entre plantas (B) presentaron diferencias significativas.

Prueba de Duncan para la distancia entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 25, el mismo presenta las diferencias estadísticas en el comportamiento de los diferentes niveles de distancias entre surcos (A) dentro de 30 cm de distancia entre plantas (b_3), para la variable índice de cosecha.

Cuadro 25. Prueba de Duncan para comparar el índice de cosecha en tres distancias entre plantas (B) dentro del segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

<i>Distancia entre plantas para 40 cm (B(a₂))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Índice cosecha</i>	<i>DUNCAN (α=0.05)</i>
30 cm (40 cm)	83333	0.32	a
20 cm (40 cm)	125000	0.30	b
10 cm (40 cm)	250000	0.28	c

El Cuadro 25, y la Figura 8, nos muestra que, manteniendo la distancia entre surcos constante a 40 cm, los tres niveles de distancia entre plantas presentaron diferencias estadísticas, donde el nivel 30 cm de distancia entre plantas presentó un valor de 0.32 de índice de cosecha, superior y estadísticamente diferente a los índices de cosecha de los niveles 20 y 10 cm de distancia entre plantas con 0.30 y 0.28 de índice de cosecha respectivamente, estos dos últimos presentaron de la misma manera diferencias estadísticas.

Los valores descritos para el índice de cosecha en distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, varían de una manera directamente proporcional al distanciamiento entre plantas e inversamente proporcional al número de plantas por superficie, por que a mayor distanciamiento entre plantas (30 cm) mayor fue el rendimiento de grano y al contrario, a menor distanciamiento el rendimiento de grano fue menor con relación al peso total del vástago (fitomasa), debemos destacar también que, el efecto simple de 30 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos presentó un índice de 0.32, superior no solo a 40 cm de distancia entre surcos, sino también respecto a los demás efectos simples del nivel 60 cm de distancia entre surcos (ver Figura 11, Anexo 10).

En síntesis a 30 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, fue la mejor combinación de niveles de distanciamiento, con el cual se obtuvo elevado índice de cosecha con un valor de 0.32.

4.2.5.3. ÍNDICE DE COSECHA PARA ECOTIPOS (C)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para el índice de cosecha de los ecotipos (C), se muestra en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Prueba de Duncan para comparar el índice de cosecha de ecotipos (C)

<i>ECOTIPOS (C)</i>	<i>Promedio de Índice cosecha</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
Saihua roja	0.29	a
Saihua amarilla	0.29	a
Lasta roja	0.28	a b
Lasta amarilla	0.27	b

De acuerdo a la clasificación de Duncan ($\alpha=0.05$), los ecotipos saihua roja y saihua amarilla presentaron un índice de 0.29, ambos ecotipos mostraron similitud numérica y estadística para la variable índice de cosecha. Los ecotipos mencionados fueron superiores en índice de cosecha con respecto al ecotipo lasta amarilla, el cual alcanzó un valor de 0.27. Por otra parte, el ecotipo lasta roja presentó un valor de 0.28 de índice de cosecha, el mismo fue estadísticamente similar a los ecotipos saihua roja, saihua amarilla y lasta amarilla.

Los valores observados de índices de cosecha muestran las cualidades de los ecotipos saihua en la producción de grano, afirmación corroborada por Mamani (1994), quien reportó promedios de 0.281 de índice de cosecha para los ecotipos saihua y 0.084 para los ecotipos lasta, y Arteaga (1996), menciona que los índices de cosecha más bajos están formados por 8 cultivares lastas con promedio de 0.122 de índice de cosecha.

En resumen, se alcanzó un índice de cosecha superior al resto de los tratamientos a 30 cm de distancia entre plantas por 40 cm de distancia entre

surcos con un valor de 0.32, por otra parte los ecotipos saihua roja y saihua amarilla presentaron índices de cosecha superiores con un valor de 0.29.

4.2.6. RENDIMIENTO DE FITOMASA (kg/ha)

El análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento de fitomasa de kañawa a la cosecha, secado a medio ambiente se muestra en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Análisis de varianza para el rendimiento de fitomasa (kg/ha)

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	2	1610886.8	805443.4	5.25	0.0761 NS
Distancia entre surcos (A)	2	20703960.3	10351980.1	67.47	0.0008 **
Error (a)	4	613709.2	153427.3		
Distancia entre plantas (B)	2	2411045.5	1205522.7	2.11	0.1634 NS
Interacción (AxB)	4	13183453.3	3295863.3	5.78	0.0079 **
Error (b)	12	6840673.8	570056.1		
Ecotipos (C)	3	106574.5	35524.8	0.27	0.8448 NS
Interacción (AxC)	6	1533388.6	255564.7	1.96	0.0837 NS
Interacción (BxC)	6	2695002.4	449167.0	3.45	0.0050 **
Error (c)	66	8594265.4	130216.1		
Total	107	58292960.3			

Coefficiente de variación = 27.4%

** Altamente significativo

NS No significativo

El coeficiente de variación (CV) para la presente variable de respuesta fue 27.4%, porcentaje que está dentro el rango admisible para el carácter de rendimiento, al respecto Calzada (1972), señala un rango de 9 a 30% de CV, como aceptables para un análisis de rendimiento.

El análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas entre los bloques, esto indica que la suposición inicial de diferencias en el factor suelo no fue real. También nos muestra que no existen diferencias significativas

para los factores distancia entre plantas (B), ecotipos (C) y la interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC).

Presentaron diferencias altamente significativas a un nivel de 1% de probabilidad, el factor distancia entre surcos (A) y las interacciones: distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB) y distancia entre plantas por ecotipos (BxC).

4.2.6.1. RENDIMIENTO DE FITOMASA EN TRES NIVELES DE DISTANCIA ENTRE SURCOS (A)

La comparación de medias para el factor distancia entre surcos (A), se realizó mediante la prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad estadística, el mismo se muestra en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de fitomasa en tres distanciamientos entre surcos (A)

<i>Distancia entre surcos (A)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de fitomasa(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
40 cm	152778	1795.6	a
60 cm	101852	1413.5	b
20 cm	305556	736.7	c

De acuerdo a la clasificación de Duncan, los tres distanciamientos entre surcos presentaron diferencias estadísticas. El nivel 40 cm de distancia entre surcos exhibe el mayor rendimiento de fitomasa, alcanzando un valor de 1795.6 kg/ha, seguido del nivel 60 cm de distancia entre surcos con un rendimiento de 1413.4 kg/ha y por último el nivel 20 cm de distancia entre surcos con un rendimiento de 736.7 kg/ha.

Los rendimientos obtenidos de fitomasa, son relativamente bajos con respecto a los reportes de Lescano (1994), quien menciona que los rendimientos

de fitomasa en términos de materia seca varían de 1697.5 kg/ha a 7628.6 kg/ha, situación que se atribuye principalmente a la precipitación, la misma fue errática (ver Figura 4, Anexo 2) y presentó un déficit de 64 mm con relación a la precipitación anual media de 538.6 mm (ver Figura 1, Anexo 1).

Las diferencias observadas en el rendimiento son atribuibles al número de plantas por superficie, afirmación que coincide con Copeticona (2000) quien indica que, el número de plantas por unidad de superficie es uno de los factores que determina el rendimiento.

A 20 cm de distancia entre surcos se observó una población de 305556 plantas/ha, superior al número de plantas establecidos por los niveles 40 cm y 60 cm de distancia entre surcos, los cuales presentaron 152778 plantas/ha y 101852 plantas/ha, respectivamente.

Los valores mencionados nos permiten suponer que, en el primer caso, donde se observó elevado número de plantas por superficie, existió mayor competencia entre plantas lo que dió lugar a un menor desarrollo de las plantas y por consiguiente un menor rendimiento de fitomasa.

Sin embargo, en el otro extremo con el nivel de 60 cm de distancia entre surcos, el número de plantas fue inferior al resto de los tratamientos, lo que permitió una menor competencia entre plantas y un mayor rendimiento de fitomasa por planta. Este rendimiento por planta llevado a términos de superficie, fue disminuido por el menor número de plantas por área y la mayor incidencia de malezas para este nivel de tratamiento, a pesar que el mismo fue controlado, dieron lugar a un rendimiento medio en comparación al resto de los niveles.

En el nivel de 40 cm de distancia entre surcos, se constató una población media (152778 plantas/ha), dando lugar un rendimiento superior al resto de los tratamientos.

En síntesis, el rendimiento de fitomasa para el factor distancia entre surcos (A), es determinado por el número de plantas, establecido por cada nivel de tratamiento, donde a 40 cm de distancia entre surcos con una población media de 152778 plantas/ha, se obtuvo un rendimiento óptimo de 1795.6 kg/ha, con relación a 20 cm (305556 plantas/ha) y 60 cm (101852 plantas/ha) de distancia entre surcos, estos últimos alcanzaron rendimientos de 736.7 kg/ha y 1413.5 kg/ha respectivamente.

4.2.6.2. RENDIMIENTO DE FITOMASA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AxB)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), para la variable fitomasa, se muestra en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>
DIS PLA (DIS SUR 1)	2	2364870.330	1182435.170	2.07	0.098 NS
DIS PLA (DIS SUR 2)	2	12775744.100	6387872.070	11.20	0.000 **
DIS PLA (DIS SUR 3)	2	453884.429	226942.215	0.40	0.524 NS
Error (b)	12	6840673.815	570056.151		

** Altamente significativo

NS No significativo

El Cuadro 29 muestra que el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 40 cm de distancia entre surcos fue altamente significativo, al contrario, el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 20 y 60 cm de distancia entre surcos no fue significativo.

Para una observación más objetiva de los diferentes efectos simples de distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), para la variable rendimiento de fitomasa, los resultados se muestran en la Figura 9, Anexo 7.

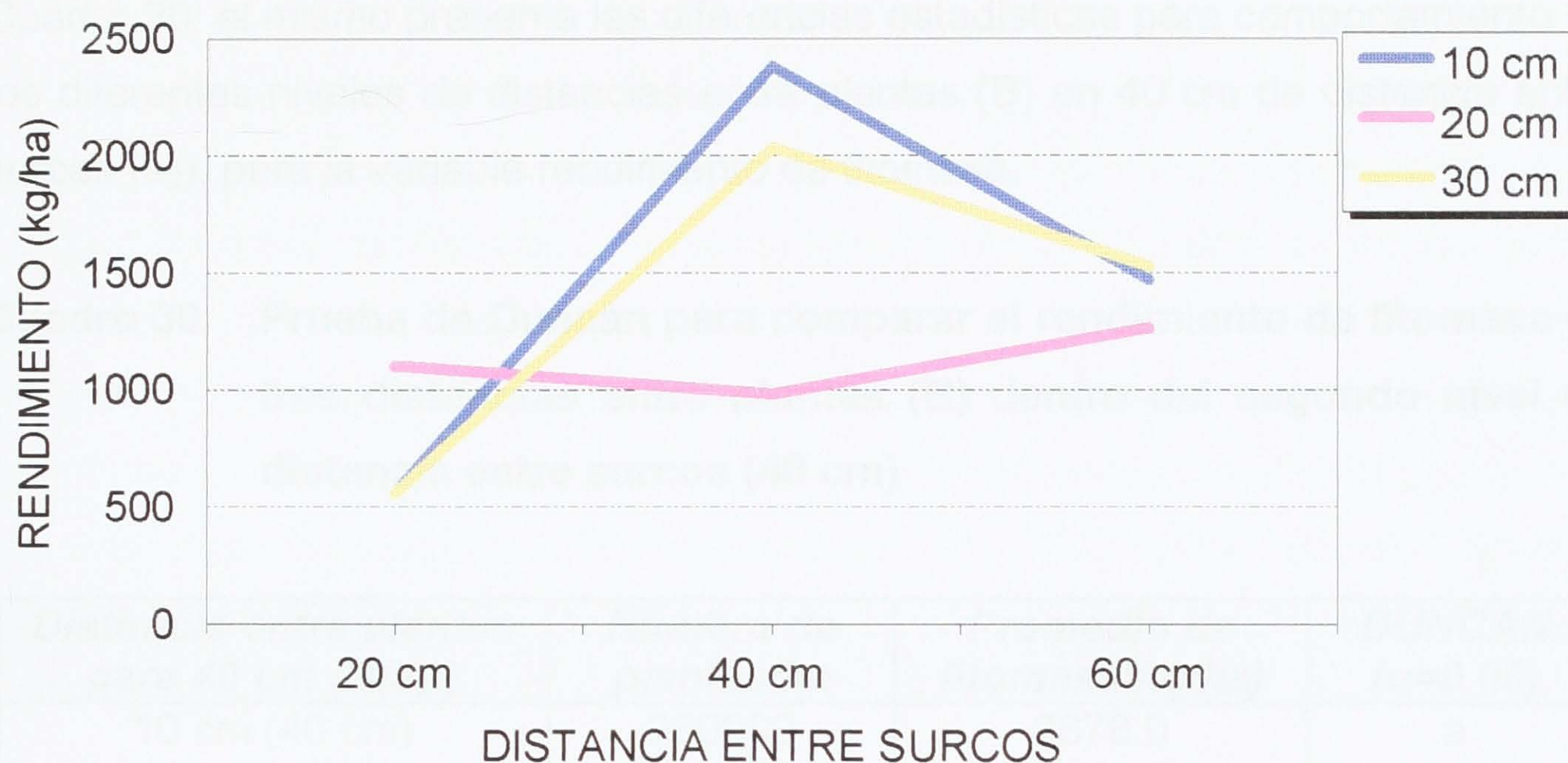


Figura 9. Rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)

En la Figura 9 se muestra el comportamiento de las diferentes distancias entre plantas en los diferentes distanciamientos entre surcos, estas interacciones son discutidas por separado en los siguientes incisos.

El análisis de efectos simples nos permitió diferenciar las interacciones estadísticamente significativas, sin embargo para diferenciar el comportamiento de los diferentes niveles de distanciamiento entre plantas (B) dentro de cada nivel de distancia entre surcos (A) se realizaron pruebas de Duncan, los mismos permitieron clasificar y diferenciar los rendimientos de cada uno de los efectos simples.

Prueba de Duncan para distancia entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 30, el mismo presenta las diferencias estadísticas para comportamiento de los diferentes niveles de distancias entre plantas (B) en 40 cm de distancia entre surcos (a_2), para la variable rendimiento de fitomasa.

Cuadro 30. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de fitomasa en tres distancias entre plantas (B) dentro del segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

<i>Distancia entre plantas para 40 cm (B(a₂))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de fitomasa(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
10 cm (40 cm)	250000	2378.0	a
30 cm (40 cm)	83333	2032.0	a
20 cm (40 cm)	125000	977.2	b

Los niveles de distancia entre plantas (B) en 40 cm de distancia entre surcos (a_1), según la prueba Duncan ($\alpha=0.05$), presentaron las siguientes diferencias estadísticas, los niveles de 10 cm (250000 plantas/ha) y 30 cm (83333 plantas/ha) de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, presentaron rendimientos de 2378 kg/ha y 2032 kg/ha respectivamente, los mismos fueron estadísticamente similares y superiores al rendimiento 977.2 kg/ha correspondiente a 20 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos con 125000 plantas/ha.

Las similitudes y diferencias observadas para el rendimiento de fitomasa, producto de los niveles de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, se debieron principalmente al espaciamiento y el número de plantas, donde a menor distancia entre plantas de 10 cm, con 250000 plantas/ha, existió mayor competencia entre plantas por la luz y los nutrientes disponibles del suelo, lo que determinó un menor rendimiento de fitomasa por planta con un valor de 9.5

g/planta, rendimiento que fue recompensado por el elevado número de plantas a este nivel, con un valor de 250000 plantas/ha, de esta manera alcanzando un rendimiento de 2378 kg/ha, estadísticamente similar a 2032 kg/ha correspondiente al nivel 30 cm de distancia entre plantas.

A mayor distancia entre plantas de 30 cm, con 83333 plantas/ha, valor que fue la tercera parte de 250000 plantas/ha del nivel 10 cm de distancia entre plantas, en estas condiciones, menor fue la competencia por la luz y los nutrientes disponibles del suelo, el cual se expresó en un incremento del rendimiento fitomasa por planta con un valor de 24.4 g/planta, rendimiento que fue disminuido por el reducido número de plantas a este nivel, con un valor de 83333 plantas/ha, de esta manera alcanzando un rendimiento de 2032 kg/ha, estadísticamente similar a 2378 kg/ha correspondiente al nivel 10 cm de distancia entre plantas y superior al obtenido con el nivel 20 cm de distancia entre plantas con un rendimiento de 977.2 kg/ha.

Se resume que, el rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre surcos (A) por distancia entre plantas (B), presentó los mayores rendimientos a 10 cm (250000 plantas/ha) y 30 cm (83333 plantas/ha) de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, con valores de 2378 kg/ha, y 2032 kg/ha, respectivamente.

4.2.6.3. RENDIMIENTO DE FITOMASA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE PLANTAS POR ECOTIPOS (BxC)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC), para la variable fitomasa, se muestra en el siguiente Cuadro 31.

Cuadro 31. Análisis de efectos simples de la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>	
ECOTIPO (DIS PLA 1)	3	779707.0	259902.3	1.99	0.0880	NS
ECOTIPO (DIS PLA 2)	3	272208.4	90736.1	0.69	0.6809	NS
ECOTIPO (DIS PLA 3)	3	1749661.5	583220.5	4.48	0.0090	**
Error (c)	66	8594265.4	130216.1			

** Altamente significativo

NS No significativo

En el Cuadro 31 se observa que, los ecotipos en 10 cm y 20 cm de distancia entre plantas, no presentaron diferencias significativas, por otra parte a 30 cm de distancia entre plantas presentaron diferencias altamente significativas. Estas aseveraciones de similitud y diferencias son corroboradas por la Grafica 10, Anexo 8.

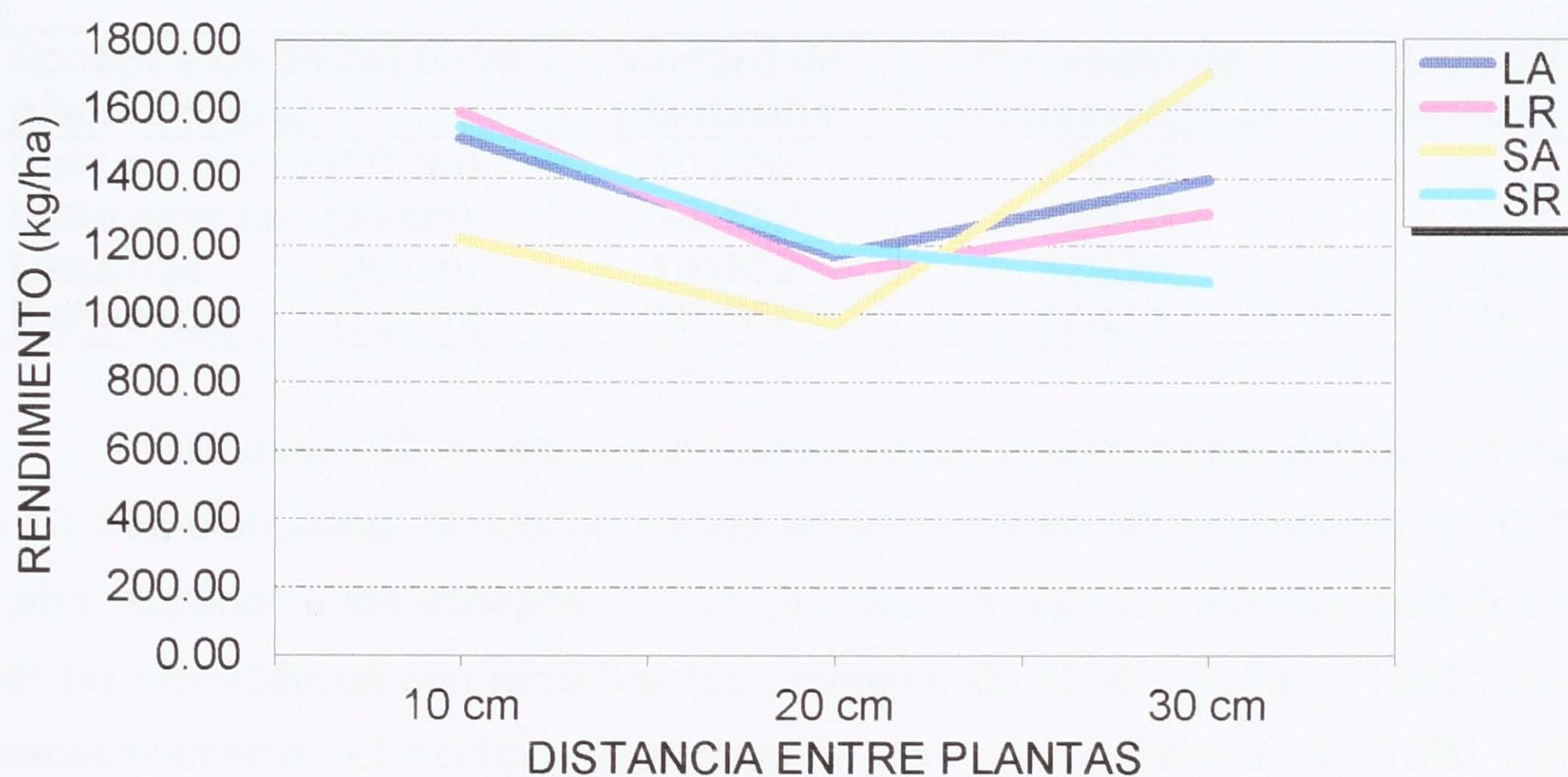


Figura 10. Rendimiento de fitomasa para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)

En la Figura 10 se observa que, los ecotipos presentaron un comportamiento similar en los dos primeros niveles de distancia entre plantas, sin embargo en el tercer nivel 30 cm de distancia entre plantas, mostraron diferencias perceptibles en el rendimiento de fitomasa.

Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 32, el mismo presenta las diferencias estadísticas en el comportamiento de los diferentes ecotipos (C) dentro de 30 cm de distancia entre plantas (b_3), para la variable rendimiento de fitomasa.

Cuadro 32. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de fitomasa de ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)

<i>Ecotipos en 30 cm entre plantas (C(b₃))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de fitomasa(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
Saihua amarilla (30 cm)	101852	1702.4	a
Lasta amarilla (30 cm)	101852	1390.0	ab
Lasta roja (30 cm)	101852	1290.9	b
Saihua roja (30 cm)	101852	1092.1	b

El Cuadro 32, muestra que, manteniendo el número de plantas constante a 101852 plantas/ha, el ecotipo saihua amarilla mostró un rendimiento de 1702.4 kg/ha, superior a los ecotipos, lasta roja y saihua roja, los mismos manifestaron ser no significativos con rendimientos promedio de 1290.9 kg/ha y 1092.1 kg/ha respectivamente. El ecotipo lasta amarilla con un rendimiento de 1390 kg/ha, mostró ser estadísticamente similar a los ecotipos: saihua amarilla, lasta roja y saihua roja.

Las diferencias observadas se deben principalmente a las características genotípicas particulares de los ecotipos, los cuales expresaron diferentes fenotipos

de fitomasa a 30 cm de distancia entre surcos, donde el ecotipo saihua amarilla presentó el mayor rendimiento de 1702.4 kg/ha. Sin embargo el ecotipo saihua roja presentó un rendimiento inferior de 1092.1 kg/ha a este nivel de distanciamiento, de esta manera mostrando similitud con los ecotipos lasta amarilla y lasta roja.

En síntesis para los ecotipos en 30 cm de distancia entre plantas, el ecotipo saihua amarilla presentó el mayor rendimiento de fitomasa con un valor de 1702.4 kg/ha con relación a los ecotipos lastas y saihua roja, al respecto Mamani (1994), reportó 6598 kg de fitomasa/ha para el ecotipo saihua, superior al ecotipo lasta con un rendimiento de 5754 kg/ha.

Los ecotipos saihua usualmente presentaron rendimientos de fitomasa superiores a los ecotipos lasta, sin embargo en el presente trabajo se observó que el ecotipo saihua roja tuvo un comportamiento particular con respecto a los ecotipos lasta, estos últimos presentaron un comportamiento estadísticamente similar.

En general el rendimiento de fitomasa de kañawa, a 10 cm (250000 plantas/ha) y 30 cm (83333 plantas/ha) de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, mostraron rendimientos superiores al resto de los tratamientos, con valores de 2378 kg/ha, y 2032 kg/ha, respectivamente, por otra parte el ecotipo saihua amarilla en 30 cm de distancia entre plantas presentó el mayor rendimiento de fitomasa (1702.4 kg/ha).

4.2.7. RENDIMIENTO DE BROZA (kg/ha)

El análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento de broza de kañawa se muestra en el Cuadro 33.

Cuadro 33. Análisis de varianza para el rendimiento de broza (kg/ha)

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	Pr>F
Bloques	2	551444.26	275722.13	4.86	0.0850 NS
Distancia entre surcos (A)	2	9738389.39	4869194.69	85.86	0.0005 **
Error (a)	4	226850.73	56712.68		
Distancia entre plantas (B)	2	1111264.37	555632.18	1.82	0.2045 NS
Interacción (AxB)	4	6682573.76	1670643.44	5.46	0.0097 **
Error (b)	12	3669460.42	305788.36		
Ecotipos (C)	3	85370.75	28456.92	0.41	0.7439 NS
Interacción (AxC)	6	711593.99	118599.00	1.72	0.1295 NS
Interacción (BxC)	6	1415053.86	235842.31	3.43	0.0053 **
Error (c)	66	4543549.09	68841.65		
Total	107	28735550.67			

Coefficiente de variación = 27.9%

** Altamente significativo

NS No significativo

El coeficiente de variación (CV) alcanzó un valor de 27.9%, el mismo indica que, los datos son confiables, puesto que su valor es menor a 30%, valor limite en trabajos de campo.

El análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas entre bloques al igual que no se observaron diferencias significativas para los factores distancia entre plantas (B), ecotipos (C) y la interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC).

Se encontraron diferencias altamente significativas para el factor distancia entre surcos (A) y las interacciones: distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB) y distancia entre plantas por ecotipos (BxC).

4.2.7.1. RENDIMIENTO DE BROZA EN TRES NIVELES DE DISTANCIA ENTRE SURCOS (A)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5%, indica que existen diferencias significativas entre los diferentes niveles de distanciamiento entre surcos, para la variable rendimiento de broza (Cuadro 34).

Cuadro 34. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de broza en tres distanciamientos entre surcos (A)

<i>Distancia entre surcos (A)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de broza(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
40 cm	152778	1254.7	a
60 cm	101852	1027.1	b
20 cm	305556	535.2	c

En el análisis del rendimiento de broza, se alcanzó rendimientos de 1254.7 kg/ha, para el nivel 40 cm de distancia entre surcos, seguido del nivel 60 cm de distancia entre surcos con un rendimiento de 1027.1 kg/ha y por último el nivel 20 cm de distancia entre surcos con un rendimiento de 535.2 kg/ha, las diferencias observadas son atribuibles principalmente a la población de plantas por superficie.

El rendimiento de 1254.7 kg/ha, superior al resto de los tratamientos, correspondiente al nivel 40 cm de distancia entre surcos, fue inferior con relación a los reportes Copeticona (2000), quien registró rendimientos de broza con valores de 6289.46 kg/ha para el ecotipo lasta rosada, 5259.6 kg/ha para el ecotipo saihua roja y 4954.0 kg/ha para el ecotipo saihua anaranjada.

Las diferencias observadas en el rendimiento de broza con relación a los reportes del autor citado, se deben principalmente a las precipitaciones variables en cada zona y gestión agrícola, y el material genético utilizado, presentándose en el caso nuestro 474.6 mm de precipitación, 16% inferior a 565.8 mm, valor

normalmente registrado para la zona de Tiawanaku, a diferencia del reporte de Copeticona (2000), para la zona de Taraco y gestión agrícola 96 – 97, menciona una precipitación de 572.7 mm, superior en un 17% a la precipitación observada en la gestión agrícola (99 – 2000) en el que se llevó cabo el presente trabajo.

En síntesis para el rendimiento de broza en los niveles de distancia entre surcos (A), se obtuvo mayor rendimiento (1254.7 kg/ha) con respecto a los demás tratamientos a 40 cm de distancia entre surcos.

4.2.7.2. RENDIMIENTO DE BROZA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AxB)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), para la variable rendimiento de broza en kg/ha, se muestra en el Cuadro 35.

Cuadro 35. Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>	
DIS PLA (DIS SUR 1)	2	1289893.264	644946.632	2.12	0.9871	NS
DIS PLA (DIS SUR 2)	2	6302790.186	3151395.093	10.30	0.0001	**
DIS PLA (DIS SUR 3)	2	201154.686	100577.343	0.33	0.5863	NS
Error (b)	12	3669460.423	305788.369			

** Altamente significativo
NS No significativo

El Cuadro 35 muestra que, el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 40 cm de distancia entre surcos, fue altamente significativo, por el contrario el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas en 20 cm y 60 cm de distancia entre surcos no fue significativo.

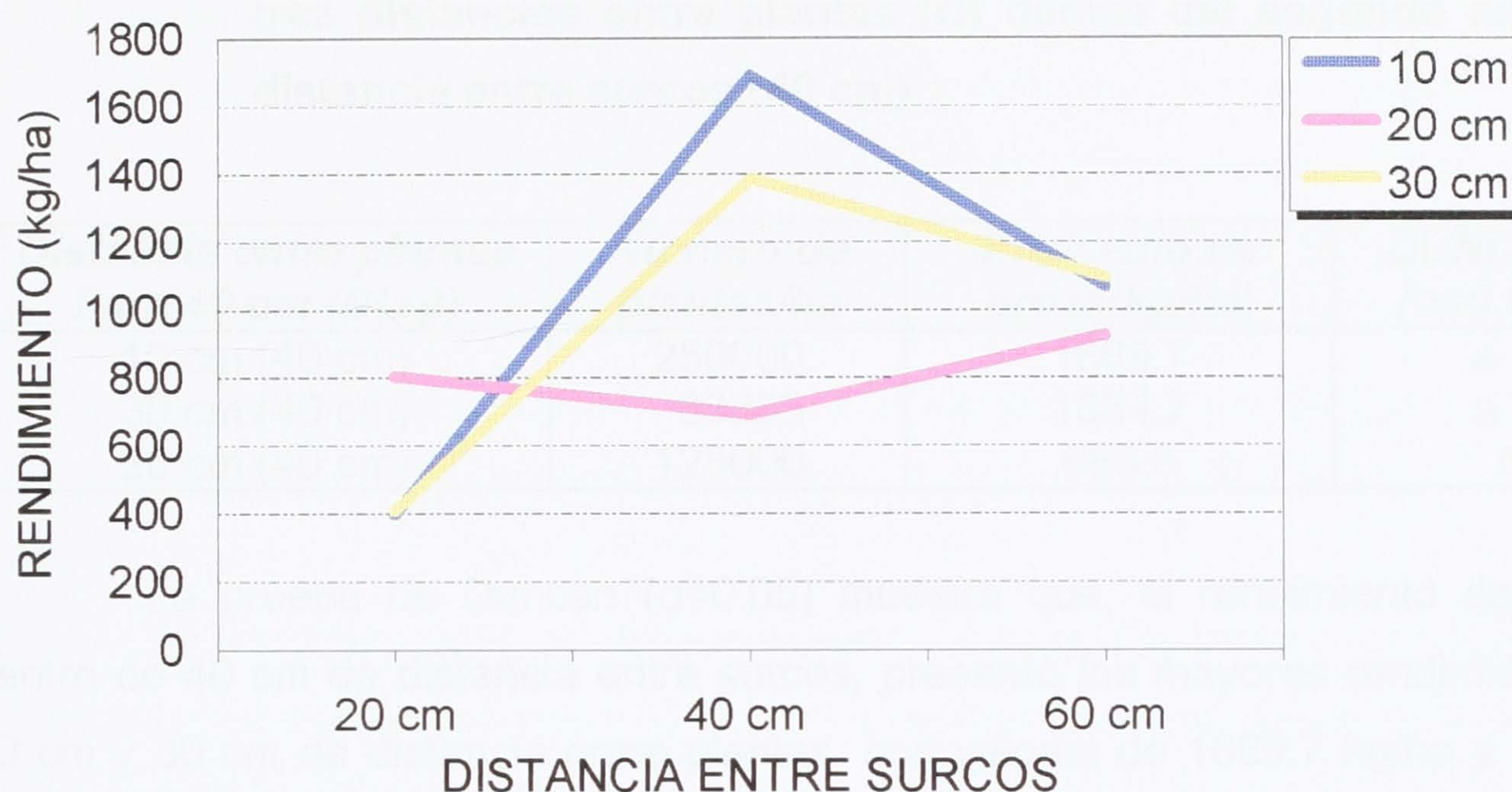


Figura 11. Rendimiento de broza para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AXB)

En la Figura 11, Anexo 9, se muestra la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), la misma muestra el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas en cada uno de los niveles de distancia entre surcos, dichas conductas son objetivamente distintas para cada nivel de distancia entre surcos, sin embargo para tener una evidencia estadística de ello se realizaron las pruebas correspondientes.

Prueba de Duncan para comparar las diferentes distancias entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 36, el mismo presenta las diferencias estadísticas para el comportamiento de las diferentes distancias entre plantas (B) en 40 cm de distancia entre surcos, para la variable rendimiento de broza.

Cuadro 36. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de broza en tres distancias entre plantas (B) dentro del segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

<i>Distancia entre plantas Para 40 cm (B(a₂))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de broza(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN (α=0.05)</i>
10 cm (40 cm)	250000	1689.7	a
30 cm (40 cm)	83333	1384.7	a
20 cm (40 cm)	125000	689.8	b

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) muestra que, el rendimiento de broza dentro de 40 cm de distancia entre surcos, presentó los mayores rendimientos a 10 cm y 30 cm de distancia entre plantas, con valores de 1689.7 kg/ha y 1384.7 kg/ha respectivamente, los citados rendimientos mostraron diferencias no significativas. El nivel 20 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, alcanzó un rendimiento de 689.8 kg/ha, estadísticamente inferior a los rendimientos de los niveles 10 cm y 20 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos.

Las similitudes y diferencias observadas para el rendimiento de broza, producto de los niveles de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, fue de la misma manera que para el rendimiento de fitomasa, debiéndose principalmente al espaciamiento y el número de plantas, donde a menor distancia entre plantas de 10 cm, con 250000 plantas/ha, existió mayor competencia entre plantas por la luz y los nutrientes disponibles del suelo, lo que determinó un menor rendimiento de broza por planta con un valor de 6.76 g/planta, rendimiento que fue recompensado por el elevado número de plantas a este nivel, con un valor de 250000 plantas/ha, de esta manera alcanzando un rendimiento de 1689.7 kg/ha, estadísticamente similar a 1384.7 kg/ha correspondiente al nivel 30 cm de distancia entre plantas.

A mayor distancia entre plantas de 30 cm, con 83333 plantas/ha, valor que fue la tercera parte de 250000 plantas/ha del nivel 10 cm de distancia entre

plantas, menor fue la competencia por la luz y los nutrientes disponibles del suelo, lo que se expresó en un incremento del rendimiento broza por planta con un valor de 16.62 g/planta, rendimiento que expresado en kg/ha, presentó una depreciación debido al reducido número de plantas a este nivel, con un valor de 83333 plantas/ha, de esta manera alcanzando un rendimiento de 1384.7 kg/ha, estadísticamente similar a 1689.7 kg/ha correspondiente al nivel 10 cm de distancia entre plantas y superior con relación al nivel 20 cm de distancia entre plantas con un rendimiento de 689.8 kg/ha.

En síntesis, para la distancia entre plantas (B) dentro de 40 cm de distancia entre surcos, se observó mayores rendimientos de broza a 10 cm y 30 cm de distancia entre plantas con rendimientos de 1689.7 kg/ha y 1384.7 kg/ha en una población de 250000 plantas/ha y 83333 plantas/ha respectivamente.

4.2.7.3. RENDIMIENTO DE BROZA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE PLANTAS POR ECOTIPOS (BxC)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre surcos por ecotipos (BxC), para la variable rendimiento de broza, se muestra en el Cuadro 37.

Cuadro 37. Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>
ECOTIPO (DIS PLA 1)	3	464031.8162	154677.272	2.24	0.0843 NS
ECOTIPO (DIS PLA 2)	3	176235.7416	58745.247	0.85	0.6354 NS
ECOTIPO (DIS PLA 3)	3	860157.0634	286719.021	4.16	0.0068 **
Error (c)	66	4543549.092	68841.653		

** Altamente significativo

NS No significativo

El análisis de efectos simples, presentado en el Cuadro 37 muestra que, no existen diferencias significativas en el comportamiento de los diferentes ecotipos dentro de 10 y 20 cm de distancia entre plantas. Se observaron diferencias significativas para el comportamiento de los ecotipos en 30 cm de distancia entre plantas.

Las diferencias del rendimiento de broza para los ecotipos en los niveles de distancia entre plantas, se muestra gráficamente en la Figura 12, Anexo 10.

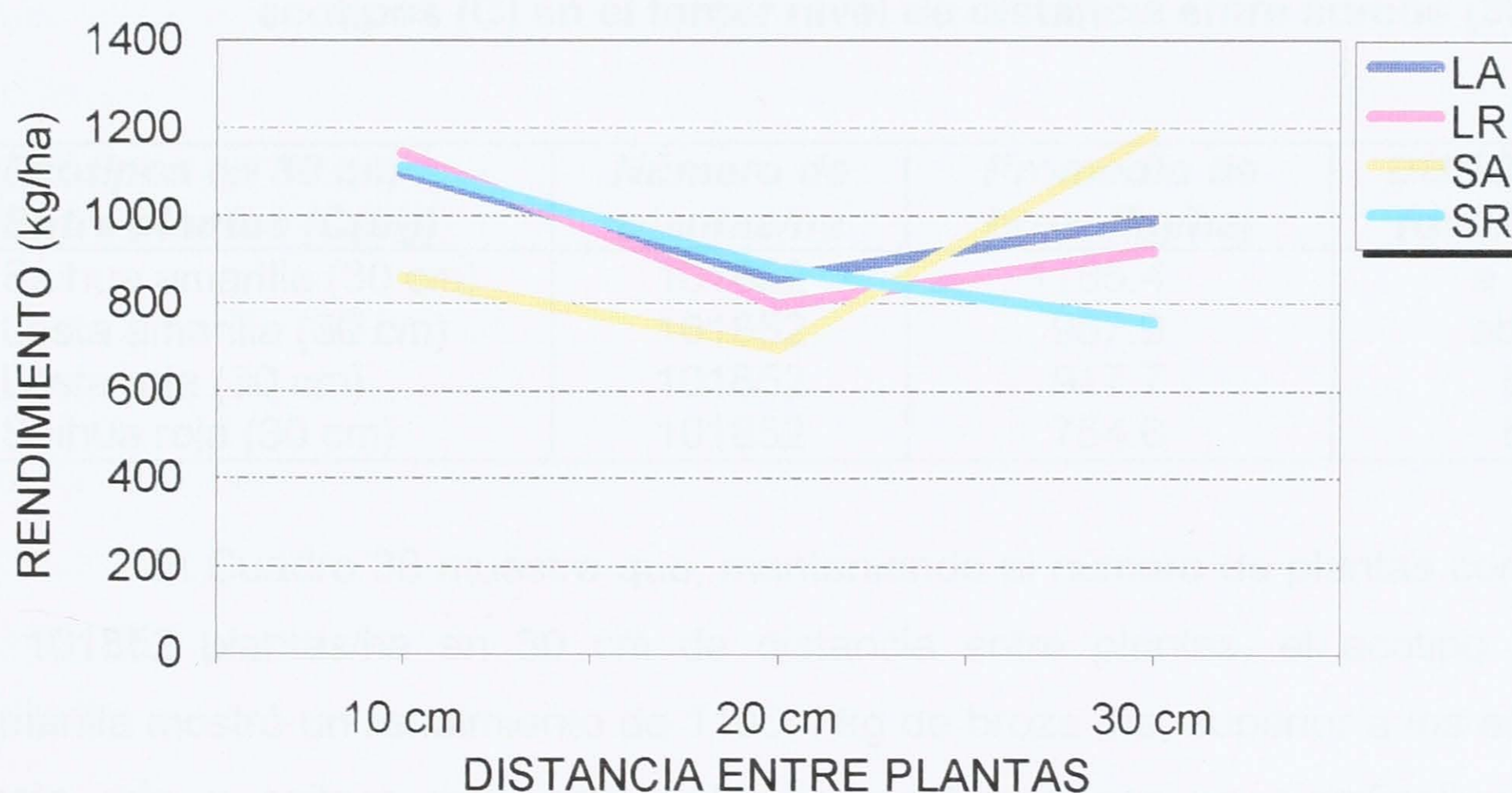


Figura 12. Rendimiento de broza para la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC)

En la Figura 12, Anexo 10, se observa al ecotipo saihua amarilla en 30 cm de distancia entre surcos con un rendimiento de 1141 kg/ha, superior al resto de los tratamientos, cabe hacer notar que el rendimiento mencionado es también superior a los rendimientos obtenidos por los ecotipos en los demás distanciamientos entre plantas.

Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 38, el mismo presenta las diferencias estadísticas en el comportamiento de los diferentes niveles de ecotipos (C) dentro de 30 cm de distancia entre plantas (b_3), para la variable rendimiento de broza.

Cuadro 38. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de broza de ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre surcos (30 cm)

Ecotipos en 30 cm Entre plantas (C(b_3))	Número de plantas/ha	Promedio de broza(kg/ha)	DUNCAN ($\alpha=0.05$)
Saihua amarilla (30 cm)	101852	1185.4	a
Lasta amarilla (30 cm)	101852	987.9	ab
Lasta roja (30 cm)	101852	917.7	b
Saihua roja (30 cm)	101852	754.6	b

El Cuadro 38 muestra que, manteniendo el número de plantas constante a 101852 plantas/ha en 30 cm de distancia entre plantas, el ecotipo saihua amarilla mostró un rendimiento de 1185.4 kg de broza /ha, superior a los ecotipos lasta roja y saihua roja, estos últimos mostraron ser no significativos, con rendimientos promedio de 917.7 kg/ha y 754.6 kg/ha respectivamente. El ecotipo lasta amarilla, presentó un rendimiento de 987.9 kg de broza/ha, estadísticamente similar a los ecotipos saihua amarilla, lasta roja y saihua roja.

Las diferencias observadas se deben principalmente a las características genotípicas particulares de los ecotipos, los cuales expresaron diferentes fenotipos de broza a 30 cm de distancia entre surcos, donde el ecotipo saihua amarilla presentó el mayor rendimiento de 1185.4 kg/ha. Sin embargo el ecotipo saihua roja presento un rendimiento inferior de 754.6 kg/ha a este nivel de distanciamiento, de esta manera mostrando similitud con los ecotipos lasta amarilla y lasta roja.

4.2.2. RENDIMIENTO DE BROZA (kg/ha)

Los rendimientos observados no guardan relación con los obtenidos por Mamani (1994) quien registró rendimientos de 5272 kg/ha para el ecotipo lasta, superior al ecotipo saihua con 4729 kg/ha y los obtenidos por Copeticona (2001), quien reporta 6289.46 kg/ha de broza para el ecotipo lasta roja, seguido del ecotipo saihua roja con 5258.6 kg/ha y el cultivar saihua anaranjada con 1335.59 kg/ha.

Las diferencias observadas en el rendimiento de broza para el presente trabajo y en relación con los obtenidos por los autores citados, permiten afirmar que, el rendimiento de broza para los diferentes ecotipos, es determinado por la distancia entre plantas, el mismo establece un comportamiento distinto al habitualmente observado.

En resumen para el rendimiento de broza, se observó mayores rendimientos de broza a 10 cm y 30 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos con rendimientos de 1689.7 kg/ha y 1384.7 kg/ha en una población de 250000 plantas/ha y 83333 plantas/ha respectivamente, por otra parte el ecotipo saihua amarilla presentó mayor rendimiento de broza (1185.4 kg/ha) a 30 cm de distancia entre plantas al margen de la distancia entre surcos.

4.2.8. RENDIMIENTO DE GRANO (kg/ha)

El análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento de grano de cañawa se muestra en el Cuadro 39.

Cuadro 39 Análisis de varianza para el rendimiento de grano

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	Pr>F
Bloques	2	277322.558	138661.279	4.96	0.0826 NS
Distancia entre surcos (A)	2	2078498.930	1039249.465	37.18	0.0026 **
Error (a)	4	111810.239	27952.560		
Distancia entre plantas (B)	2	264773.717	132386.859	3.09	0.0826 NS
Interacción (AxB)	4	1115946.756	278986.689	6.51	0.0050 **
Error (b)	12	513958.620	42829.885		
Ecotipos (C)	3	6192.788	2064.263	0.20	0.8984 NS
Interacción (AxC)	6	166291.640	27715.273	2.64	0.0236 *
Interacción (BxC)	6	213272.949	35545.492	3.38	0.0057 **
Error (c)	66	693417.716	10506.329		
Total	107	5441485.914			

Coefficiente de variación = 27.24%

* Significativo

** Altamente significativo

NS No significativo

El coeficiente de variación (CV) para la presente variable de respuesta fue de 27.24 %, indica que los datos son confiable puesto que su valor es menor a 30%. El análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas entre los bloques y los factores distancia entre plantas (B) y ecotipos (C).

Se encontraron diferencias altamente significativas a un nivel de 1% de probabilidad para el factor distancia entre surcos (A), las interacciones distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB), distancia entre plantas por ecotipos (BxC) y se observaron diferencias significativas al 5% de probabilidad para la interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC).

4.2.8.1. RENDIMIENTO DE GRANO EN TRES NIVELES DE DISTANCIA ENTRE SURCOS (A)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 40, el mismo presenta la comparación de medias de los diferentes tratamientos de distancia entre surcos (A) para la variable rendimiento de grano.

Cuadro 40. Prueba de Duncan para el rendimiento de grano en tres distanciamientos entre surcos (A)

<i>Distancia entre surcos (A)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Rdto. grano(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
40 cm	152778	540.9	a
60 cm	101852	386.4	b
20 cm	305556	201.5	c

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad muestra que, el rendimiento de 540.9 kg de grano/ha, correspondiente al nivel 40 cm de distancia entre surcos y con un número de 152778 plantas/ha, mostró superioridad y diferencia al resto de los niveles, seguido del nivel 60 cm de distancia entre surcos con 101852 plantas/ha y un rendimiento de 386.4 kg/ha, por último el nivel 20 cm de distancia entre plantas con 305556 plantas/ha con un rendimiento de 201.5 kg/ha.

Las diferencias observadas en el rendimiento de grano se deben fundamentalmente a los niveles de distancia entre surcos y el número de plantas para cada una de ellas, donde a mayor número de plantas por hectárea (305556 plantas/ha) y menor distancia entre surcos (20 cm), se obtuvo 201.5 kg/ha de rendimiento de grano inferior al resto de los tratamientos, en el cual se observó mayor competencia entre plantas lo cual se expresó en un menor rendimiento.

Con una tercera parte (101852 plantas/ha) del número de plantas del nivel 20 cm de distancia entre surcos, correspondiente a 60 cm de distancia entre

surcos, el rendimiento se incrementó en 91.7% sobre el rendimiento de 201.5 kg/ha con un valor de 386.4 kg/ha. A este nivel de distanciamiento, deduciendo del Cuadro 43 el rendimiento por planta se observó mayor rendimiento de grano por planta de 3.79 g/planta respecto a 40 cm y 20 cm de distancia entre surcos con rendimientos de 3.54 g/planta y 0.66 g/planta respectivamente. Pero el rendimiento de 3.79 g/planta llevado en términos de rendimiento por superficie, fue mermado por el menor número de plantas con la que cuenta a este nivel de 60 cm de distancia entre surcos.

Sin embargo, el nivel 40 cm de distancia entre surcos con la mitad del número de plantas (152778 plantas/ha) del nivel 20 cm de distancia entre surcos, el rendimiento se incrementó en un 168.4% sobre el rendimiento de 201.5 kg/ha obtenido a 20 cm de distancia entre surcos y este valor fue de 540.9 kg/ha superior en rendimiento de grano al resto de los tratamientos, donde el número de plantas y la distancia entre surcos fue ideal para un buen rendimiento de grano.

En resumen, el rendimiento de grano en tres distancias entre surcos, fue determinado por el espaciamiento entre surcos y el número de plantas por superficie, y no así por la distancia entre plantas, presentado el mayor rendimiento de grano a 40 cm de distancia entre surcos y 152778 plantas/ha con un valor de 540.9 kg/ha.

4.2.8.2. RENDIMIENTO DE GRANO PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AxB)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas, se muestra en el Cuadro 41

Cuadro 41. Análisis de efectos simples para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
DIS PLA (DIS SUR 1)	2	162394.877	81197.439	1.896	0.0879 NS
DIS PLA (DIS SUR 2)	2	1166816.005	583408.002	13.622	0.0001 **
DIS PLA (DIS SUR 3)	2	51509.592	25754.796	0.601	0.3682 NS
Error (b)	12	513958.620	42829.885		

** Altamente significativo

NS No significativo

El Cuadro 41 muestra que, el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 40 cm de distancia entre surcos, fue altamente significativo, y por el contrario el comportamiento de los diferentes niveles de distancia entre plantas (B) en 20 cm y 60 cm de distancia entre surcos no fue significativo.

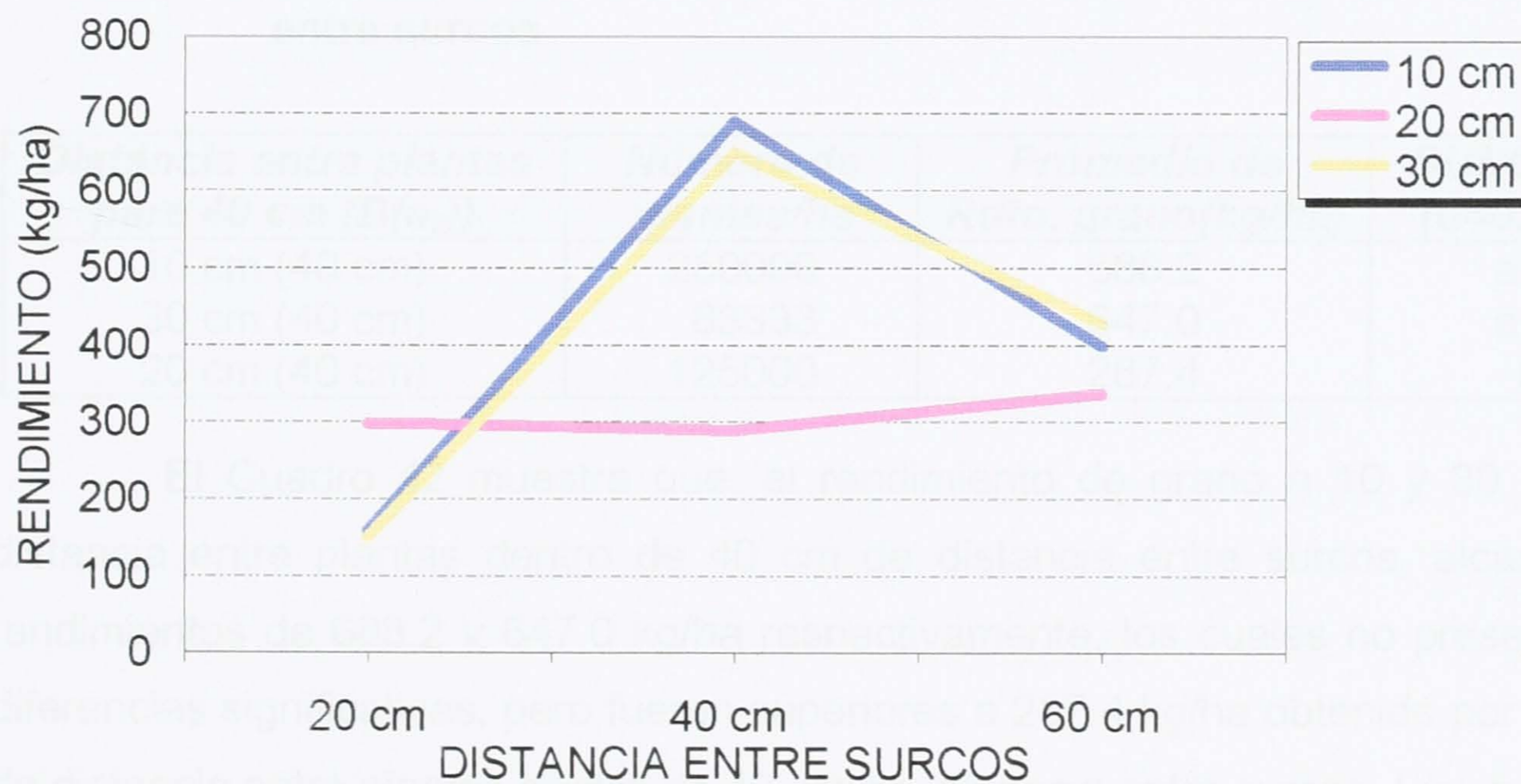


Figura 13. Rendimiento de grano de la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas (AxB)

La Figura 13, Anexo 11, muestra el comportamiento de los diferentes distanciamientos entre plantas en los distintos niveles de distancia entre surcos,

donde debemos destacar que, a 40 cm de distancia entre surcos se observó rendimientos de 688.2 kg/ha y 647 kg/ha, correspondientes a 10 cm y 30 cm de distancia entre plantas, los rendimientos citados son superiores a los obtenidos por los efectos simples en 20 cm y 60 cm de distancia entre surcos.

Prueba de Duncan para distancia entre plantas (B) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 42, el mismo presenta las diferencias estadísticas del comportamiento de tres niveles de distancias entre plantas (B) en 40 cm de distancia entre surcos (a_2), para la variable rendimiento de grano.

Cuadro 42. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de grano en tres distancias entre plantas (B) dentro de 40 cm de distancia entre surcos

<i>Distancia entre plantas para 40 cm (B(a₂))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Rdto. grano(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
10 cm (40 cm)	250000	688.2	a
30 cm (40 cm)	83333	647.0	a
20 cm (40 cm)	125000	287.4	b

El Cuadro 42 muestra que, el rendimiento de grano a 10 y 30 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, alcanzaron rendimientos de 688.2 y 647.0 kg/ha respectivamente, los cuales no presentaron diferencias significativas, pero fueron superiores a 287.4 kg/ha obtenido por 20 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos. Los mayores rendimientos de 688.2 y 647.0 kg/ha fueron obtenidos a 250000 y 83333 plantas/ha respectivamente.

Las similitudes y diferencias observadas para el rendimiento de grano, producto de los niveles de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, fue de la misma manera que para el rendimiento de fitomasa y

broza, debiéndose principalmente al espaciamiento y el número de plantas, donde a menor distancia entre plantas de 10 cm, con 250000 plantas/ha, existió mayor competencia entre plantas por la luz y los nutrientes disponibles del suelo, lo que determinó un menor rendimiento de grano por planta con un valor de 2.75 g/planta, rendimiento que fue recompensado por el elevado número de plantas con la que contó este nivel, con un valor de 250000 plantas/ha, de esta manera alcanzando un rendimiento de 688.2 kg/ha, estadísticamente similar a 647 kg/ha correspondiente al nivel 30 cm de distancia entre plantas.

A mayor distancia entre plantas de 30 cm, con 83333 plantas/ha, valor que fue la tercera parte de 250000 plantas/ha del nivel 10 cm de distancia entre plantas, en estas condiciones, menor fue la competencia por la luz y los nutrientes disponibles del suelo, lo que se expresó en un incremento del rendimiento grano por planta con un valor de 7.76 g/planta, rendimiento que fue disminuido por el reducido número de plantas con la que cuenta este nivel, con un valor de 83333 plantas/ha, de esta manera alcanzando un rendimiento de 647 kg/ha, estadísticamente similar a 688.2 kg/ha correspondiente al nivel 10 cm de distancia entre plantas y superior con relación al nivel 20 cm de distancia entre plantas con un rendimiento de 287.4 kg/ha.

En síntesis, para la distancia entre plantas (B) dentro de 40 cm de distancia entre surcos, se observó mayores rendimientos de grano a 10 cm y 30 cm de distancia entre plantas con rendimientos de 688.2 kg/ha y 647 kg/ha en una población de 250000 y 83333 plantas/ha respectivamente.

4.2.8.3. RENDIMIENTO DE GRANO PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR ECOTIPOS (AxC)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre surcos por ecotipos, se muestra en el Cuadro 43.

Cuadro 43. Análisis de efectos simples de la interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC)

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>Fc</i>	<i>Pr>F</i>
ECOTIPO (DIS SURC 1)	3	19436.006	6478.669	0.62	0.6445 NS
ECOTIPO (DIS SURC 2)	3	102801.752	34267.251	3.26	0.0020 **
ECOTIPO (DIS SURC 3)	3	50246.671	16748.890	1.59	0.5897 NS
Error (c)	66	693417.716	10506.329		

** Altamente significativo

NS No significativo

En el Cuadro 43 se observa que, los ecotipos en 20 cm y 60 cm de distancia entre surcos, no presentaron diferencias significativas, por otra parte a 40 cm de distancia entre plantas presentaron diferencias altamente significativas. Estas aseveraciones de similitud y diferencias son corroboradas por la Figura 14 y el Anexo 12.

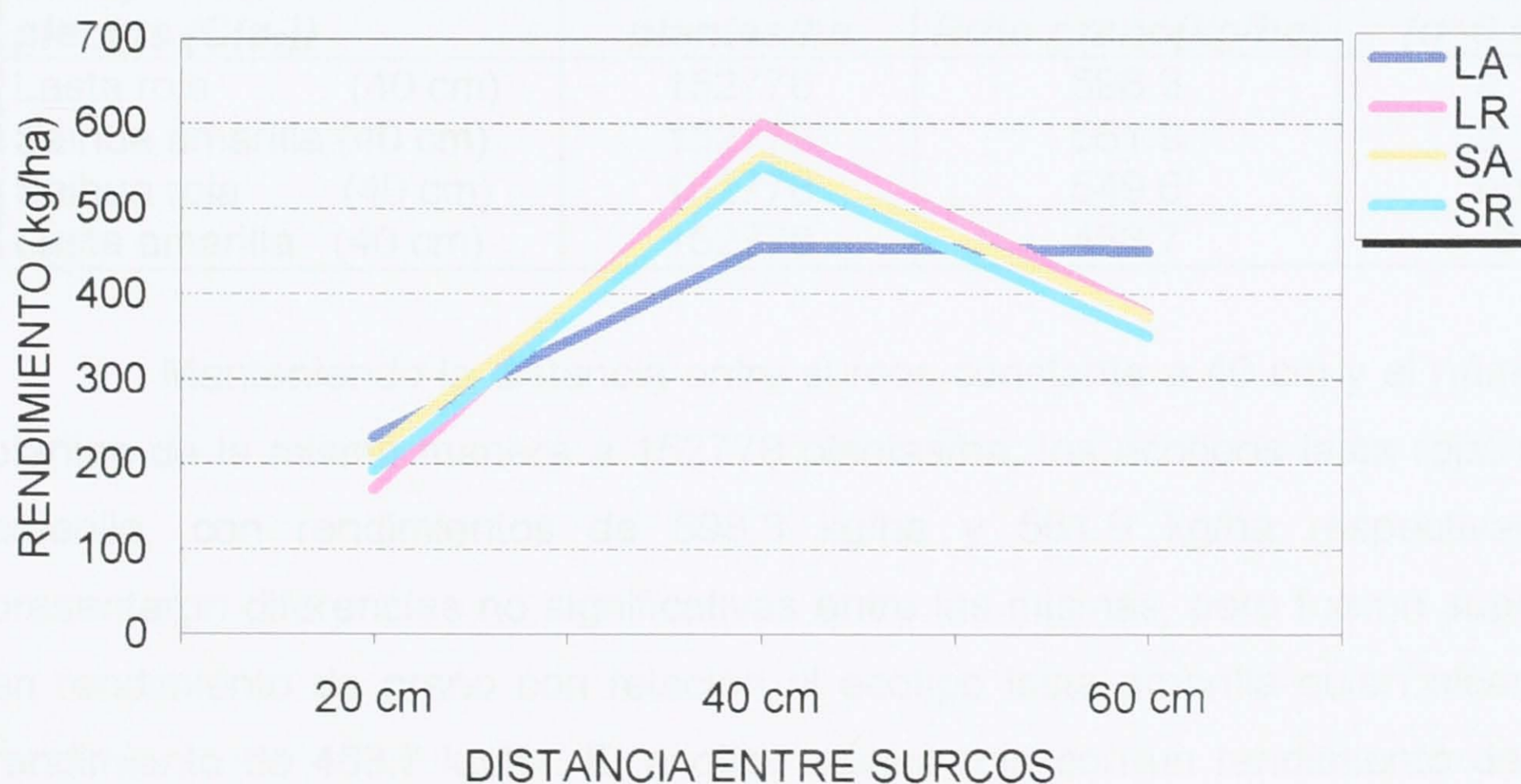


Figura 14. Rendimiento de grano de la interacción distancia entre surcos por ecotipos (AxC)

En la Figura 14, se observa el comportamiento de los ecotipos en los diferentes niveles de distancia entre surcos, presentando los mayores rendimientos de grano a 40 cm de distancia entre surcos.

Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el segundo nivel de distancia entre surcos (40 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 44, el mismo presenta las diferencias estadísticas en el comportamiento de los diferentes niveles de ecotipos (C) dentro de 40 cm de distancia entre surcos (a_2), para la variable rendimiento de fitomasa.

Cuadro 44. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de grano de los ecotipos (C) en el segundo nivel de distancia entre surco (40 cm)

<i>Ecotipos en 40 cm entre plantas (C(a₂))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Rdto grano(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
Lasta roja (40 cm)	152778	598.3	a
Saihua amarilla (40 cm)	152778	561.9	a
Saihua roja (40 cm)	152778	549.6	ab
Lasta amarilla (40 cm)	152778	453.7	b

Manteniendo la distancia entre surcos constante a 40 cm y el número de plantas de la misma manera a 152778 plantas/ha, los ecotipos lasta roja, saihua amarilla, con rendimientos de 598.3 kg/ha y 561.9 kg/ha respectivamente, presentaron diferencias no significativas entre las mismas, pero fueron superiores en rendimiento de grano con relación al ecotipo lasta amarilla quien alcanzó un rendimiento de 453.7 kg/ha. El ecotipo saihua roja con un rendimiento de 549.6 kg/ha, fue estadísticamente similar en rendimiento de grano a los ecotipos lasta roja, saihua amarilla y lasta amarilla. Al respecto Copeticona (2000) reportó rendimientos de 2681.69 kg/ha para el ecotipo saihua anaranjada, 2481.5 kg/ha para el ecotipo saihua roja y 2139.2 kg/ha para el ecotipo lasta rosada.

En el presente trabajo los ecotipos lasta no presentaron un comportamiento habitual de menor rendimiento de grano, ya que si bien el ecotipo lasta amarilla presentó un rendimiento inferior de 453.7 kg/ha, el ecotipo lasta roja presentó un rendimiento de 598.3 kg/ha similar a los obtenidos por el ecotipos saihua, la razón principal de este comportamiento es que, el ecotipo lasta roja presentó un índice de cosecha similar a los ecotipos saihua con un valor de 27.9% lo que determinó un mayor rendimiento de grano. Al respecto Hunziker (1943) citado por Copeticona (2000) indica que el comportamiento de la kañawa es muy variable dependiendo de las condiciones climáticas.

En síntesis para los ecotipos en 40 cm de distancia entre surcos, los ecotipos lasta roja y saihua amarilla presentaron mayor rendimiento de grano con 598.3 kg/ha y 561.9 kg/ha respectivamente.

4.2.8.4. RENDIMIENTO DE GRANO PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE PLANTAS POR ECOTIPOS (BxC)

El análisis de efectos simples para estudiar las diferencias estadísticamente significativas de la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC), se muestra en el Cuadro 45

Cuadro 45. Análisis de efectos simples de la interacción distancia entre plantas por ecotipos (BxC).

<i>F.V.</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>
ECOTIPO (DIS PLA 1)	3	42156.9	14052.3	1.34	0.0929 NS
ECOTIPO (DIS PLA 2)	3	14428.2	4809.4	0.46	0.7468 NS
ECOTIPO (DIS PLA 3)	3	162880.6	54293.6	5.17	0.0083 **
Error (c)	66	693417.716	10506.329		

** Altamente significativo

NS No significativo

El comportamiento de los ecotipos en los niveles 10 cm y 20 cm entre plantas presentaron diferencias no significativas, por otra parte el comportamiento de los ecotipos en 30 cm de distancia entre plantas presentó diferencias significativas, esta situación de similitud y diferencia se observa en la Figura 15, Anexo 13

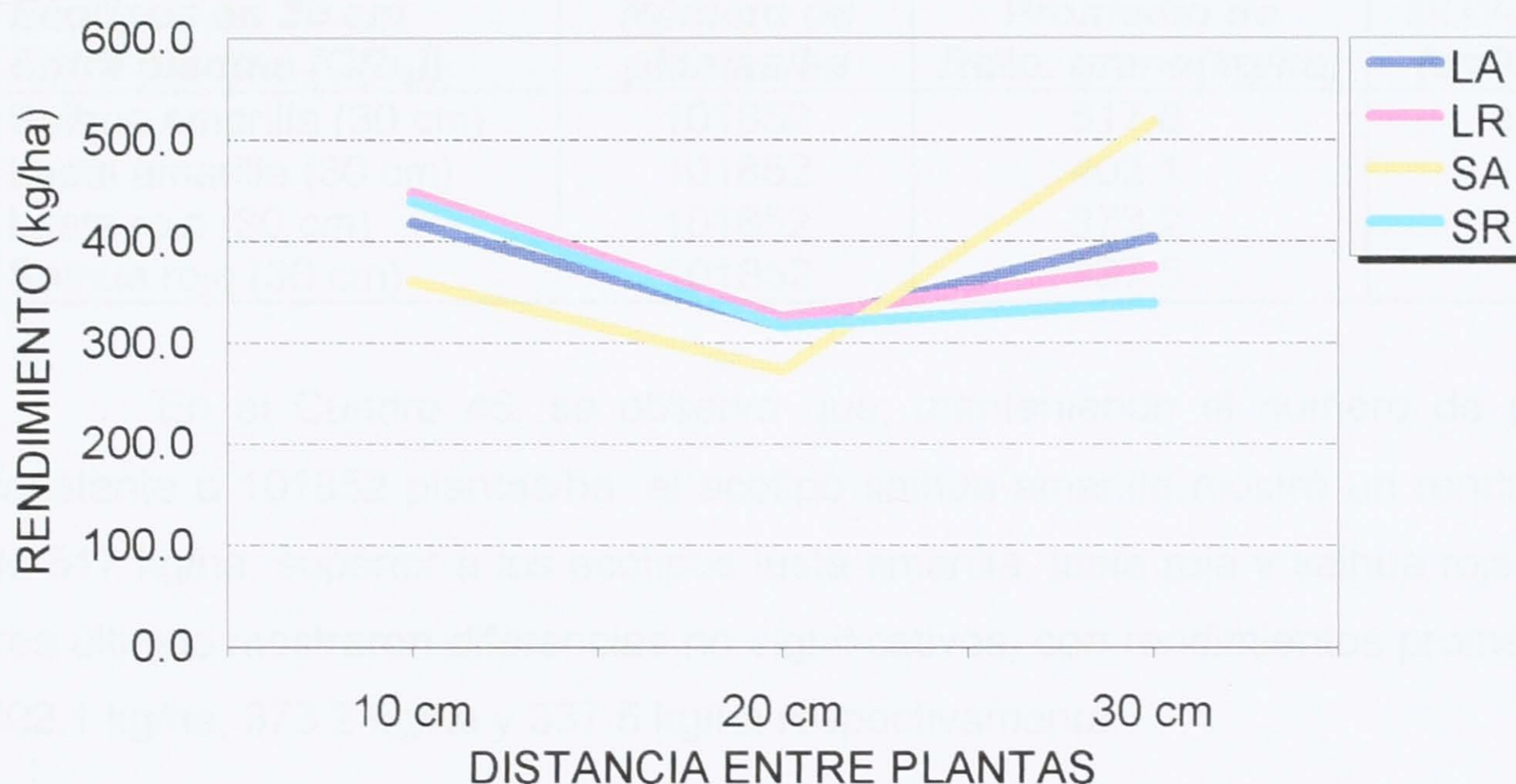


Figura 15. Rendimiento de grano para la interacción distancia entre plantas por distancia entre ecotipos (BxC)

En la Figura 15, se observa que, los ecotipos presentaron un comportamiento similar en los dos primeros niveles de distancia entre plantas, sin embargo en el tercer nivel 30 cm de distancia entre plantas, mostraron diferencias significativas de rendimiento de grano lo cual es corroborado por el análisis de efectos simples (Cuadro 45).

Prueba de Duncan para ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre plantas (30 cm)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 46, el mismo presenta las diferencias estadísticas en el comportamiento

de los diferentes niveles de ecotipos (C) dentro de 30 cm de distancia entre plantas (b_3), para la variable rendimiento de grano.

Cuadro 46. Prueba de Duncan para comparar el rendimiento de grano de los ecotipos (C) en el tercer nivel de distancia entre surcos (30 cm)

<i>Ecotipos en 30 cm Entre plantas (C(b_3))</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de Rdto. grano(kg/ha)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
Saihua amarilla (30 cm)	101852	517.0	a
Lasta amarilla (30 cm)	101852	402.1	b
Lasta roja (30 cm)	101852	373.2	b
Saihua roja (30 cm)	101852	337.5	b

En el Cuadro 46, se observa que, manteniendo el número de plantas constante a 101852 plantas/ha, el ecotipo saihua amarilla mostró un rendimiento de 517 kg/ha, superior a los ecotipos lasta amarilla, lasta roja y saihua roja, estos tres últimos mostraron diferencias no significativas, con rendimientos promedio de 402.1 kg/ha, 373.2 kg/ha y 337.5 kg/ha respectivamente.

Las diferencias observadas se deben principalmente a las características genotípicas particulares de los ecotipos, los cuales expresaron diferentes fenotipos de rendimiento de grano a 30 cm de distancia entre surcos, donde el ecotipo saihua amarilla presentó el mayor rendimiento de grano de 517 kg/ha. Sin embargo el ecotipo saihua roja arrojó un rendimiento inferior de 337.5 kg/ha a este nivel de distanciamiento entre plantas, de esta manera mostrando similitud con los ecotipos lasta amarilla y lasta roja.

En síntesis para los ecotipos en 30 cm de distancia entre plantas, el ecotipo saihua amarilla presentó el mayor rendimiento de grano con un valor de 517 kg/ha con relación a los ecotipos lastas y saihua roja, al respecto Mamani (1994), reportó 1882 kg de grano/ha para el ecotipo saihua, superior al ecotipo lasta con un rendimiento de 481 kg de grano/ha.

En resumen, el rendimiento de grano de kañawa, a 30 cm y 10 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, presentaron rendimientos de 688.2 kg/ha y 647 kg/ha respectivamente, superiores al resto de los tratamientos, por otra parte los ecotipos lasta roja y saihua amarilla en 40 cm de estancia entre surcos, presentaron mayor rendimiento de grano con 598.3 kg/ha y 561.9 kg/ha respectivamente.

4.2.9. PESO DE 1000 GRANOS (mg)

El análisis de varianza (ANVA) para el peso de 1000 granos se muestra en el Cuadro 47.

Cuadro 47. Análisis de varianza para el peso de 1000 granos

<i>FUENTE DE VARIACIÓN</i>	<i>G.L.</i>	<i>S.C.</i>	<i>C.M.</i>	<i>F_c</i>	<i>Pr>F</i>
Bloques	2	4.667	2.333	0.200	0.8279 NS
Distancia entre surcos (A)	2	12.056	6.028	0.510	0.6340 NS
Error (a)	4	47.111	11.778		
Distancia entre plantas (B)	2	43.556	21.778	1.200	0.3335 NS
Interacción (AxB)	4	45.889	11.472	0.630	0.6474 NS
Error (b)	12	216.889	18.074		
Ecotipos (C)	3	56.481	18.827	1.800	0.1549 NS
Interacción (AxC)	6	70.019	11.670	1.120	0.3612 NS
Interacción (BxC)	6	30.519	5.086	0.490	0.8153 NS
Error (c)	66	688.481	10.432		
Total	107	1215.667			

Coefficiente de variación = 0.54%

NS No significativo

El análisis de varianza para peso de 1000 granos presenta un coeficiente de variación de 0.54%, indica que los datos son altamente confiables puesto que su valor es menor al 30%. La tabla también nos muestra que no existen diferencias significativas para los diferentes factores. Al respecto Copeticona

(2000), de la misma manera no encontró diferencias significativas para el peso de 1000 granos.

Esta similitud se atribuye al reducido tamaño del grano de kañawa, el mismo presentó poca variabilidad en tamaño y peso. Se considera a la kañawa como un cultivo en vías de domesticación, situación que determinó un comportamiento imprevisto.

En general, el peso de 1000 granos de kañawa, no responde al efecto de las distancias entre surcos y plantas y ecotipos, presentando una similitud de peso para los factores mencionados.

4.2.10. DIÁMETRO DE GRANO (mm)

El análisis de varianza (ANVA) para el diámetro de grano se muestra en el Cuadro 48.

Cuadro 48. Análisis de varianza para el diámetro de grano (mm)

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	Pr>F
Bloques	2	0.06134	0.03067	2.24	0.2225 NS
Distancia entre surcos (A)	2	0.10557	0.05279	3.86	0.1166 NS
Error (a)	4	0.05476	0.01369	8.61	
Distancia entre plantas (B)	2	0.02809	0.01404	1.00	0.3964 NS
Interacción (AxB)	4	0.06139	0.01535	1.09	0.4034 NS
Error (b)	12	0.16847	0.01404	8.83	
Ecotipos (C)	3	0.00321	0.00107	0.67	0.5710 NS
interacción (AxC)	6	0.01779	0.00297	1.87	0.1000 NS
interacción (BxC)	6	0.00812	0.00135	0.85	0.5355 NS
Error (c)	66	0.10493	0.00159		
Total	107	0.61367			

Coefficiente de variación = 3.6%

NS No significativo

El análisis de varianza para el diámetro de grano presenta un coeficiente de variación de 3.6%, indica que los datos son altamente confiables puesto que su valor es inferior al 30%. La tabla también nos muestra que no existen diferencias significativas para los diferentes factores. Al respecto Copeticona (2000), de la misma manera no encontró diferencias significativas para el diámetro de grano.

En resumen, el diámetro de grano de kañawa, no responde al efecto de las distancias entre surcos, plantas y ecotipos, presentando una similitud en diámetro para los factores mencionados.

4.2.11. ESPESOR DE GRANO (mm)

El análisis de varianza (ANVA) para el espesor de grano se muestra en el Cuadro 49.

Cuadro 49. Análisis de varianza para el espesor de grano (mm)

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr>F
Bloques	2	0.001950	0.000975	5.12	0.0788 NS
Distancia entre surcos (A)	2	0.005206	0.002603	13.68	0.0163 *
Error (a)	4	0.000761	0.000190		
Distancia entre plantas (B)	2	0.002956	0.001478	1.88	0.1951 NS
Interacción (AxB)	4	0.002906	0.000726	0.92	0.4821 NS
Error (b)	12	0.009439	0.000787		
Ecotipos (C)	3	0.001803	0.000601	0.61	0.6091 NS
Interacción (AxC)	6	0.010150	0.001692	1.73	0.1289 NS
Interacción (BxC)	6	0.003200	0.000533	0.54	0.7729 NS
Error (c)	66	0.064722	0.000981		
Total	107	0.103092			

Coeficiente de variación = 4.7%

* Significativo

NS No significativo

El coeficiente de variación obtenido para la presente variable es 4.7%, nos indica que, los datos son confiables debido que su valor es menor al 30%

exigido para trabajos de campo. El análisis de varianza muestra que no existe diferencias significativas entre bloques.

El Cuadro de análisis de varianza también nos muestra que, no existen diferencias significativas para los factores: distancia entre plantas (B), ecotipos (C) y las interacciones: distancia entre surcos y plantas (AxB), distancia entre surcos por ecotipos (AxC) y distancia entre plantas por ecotipos (BxC).

Se encontraron diferencias significativas al 5% de probabilidad estadística para el factor distancia entre surcos (A).

4.2.11.1. ESPESOR DE GRANO EN TRES DISTANCIAS ENTRE SURCOS (A)

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) al 5% de probabilidad, para el espesor de grano en tres distanciamientos entre surcos (A), se muestra en el Cuadro 50.

Cuadro 50. Prueba de Duncan para comparar espesor de grano en las diferentes distancias entre surcos (A)

<i>Distancia entre surcos (A)</i>	<i>Número de plantas/ha</i>	<i>Promedio de diam. grano(mm)</i>	<i>DUNCAN ($\alpha=0.05$)</i>
60 cm	101852	0.671	a
40 cm	152778	0.662	ab
20 cm	305556	0.655	b

El promedio de 0.671 mm a 60 cm de distancia entre surcos, presentó el mayor espesor de grano respecto a 0.655 mm en 20 cm de distancia entre surcos, por otra parte el nivel 40 cm de distancia entre surcos con 0.662 mm de espesor de grano, resultó estadísticamente similar a los niveles 60 y 20 cm de distancia entre surcos.

Los resultados obtenidos son inferiores a los reportes de Quispe (1999), quien menciona valores de 0.71 mm para el cultivar saihua y 0.72 mm para el cultivar lasta, y superiores a los resultados obtenidos por Copeticona (2000), el cual reportó valores de 0.36 mm para el cultivar saihua roja, 0.32 mm para el

cultivar saihua anaranjada y 0.33 para el cultivar lasta rosada, diferencias que se atribuyen al material genético y el medio ambiente en el cual han expresado su fenotipo.

De acuerdo a los resultado obtenidos podemos indicar que, el distanciamiento entre surcos determinó el espesor de grano, presentando mayor espesor (0.671 mm) a mayor distancia entre surcos (60 cm) y menor número de plantas por hectárea con un valor de 101852.

4.2.11.2. CORRELACIÓN Y REGRESIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA RESPECTO AL RENDIMIENTO DE GRANO

El rendimiento de grano de kañawa esta determinado por varios genes (interacción poligénica) los cuales además interaccionan en alguna medida con otros factores, a lo que hemos llamado variables de respuesta, que respondieron a distintas condiciones medioambientales (bióticas y abióticas), de las condiciones medioambientales se tomaron algunas bióticas (ecotipos) y otras abióticas (distancias entre surcos y plantas), a las que se aplicó niveles y a la combinación de estos niveles se llamaron tratamientos.

Con el análisis de correlación y regresión, se cuantificó la relación de las variables de respuesta con el rendimiento de grano, Cuadro 51.

Cuadro 51. Variables de respuesta con alta correlación respecto al rendimiento de grano.

VARIABLES	Ecuación	r	r²
Rend. Fitomasa vs. Rend. Grano	y= - 21.9 + 0.30x	0.99	0.98
Rend. Broza vs. Rend. Grano	y= - 25.3 + 0.43x	0.97	0.94
Altura de planta vs. Rend. Grano	y= - 216.95 + 33.19x	0.64	0.41

Las variables de respuesta con una correlación superior a 64 % con respecto al rendimiento de grano, son presentados en el Cuadro 51, estas variables fueron:

Rendimiento de fitomasa, con un coeficiente de correlación de 0.99 lo cual indica que la variable rendimiento de fitomasa esta directa y altamente correlacionado con el rendimiento de grano. De la misma manera se observó un elevado coeficiente de determinación de 0.98, el mismo indica que el 98 % de la variabilidad del rendimiento de grano está determinado por el rendimiento de fitomasa.

Rendimiento de broza, con un coeficiente de correlación de 0.97, indica que la variable rendimiento de broza está directa y altamente correlacionado con el rendimiento de grano, así mismo se observó un elevado coeficiente de determinación de 0.94, el mismo indica que el 94 % de la variabilidad del rendimiento de grano está determinado por el rendimiento de broza.

Altura de planta, con un coeficiente de correlación de 0.64, indica que la variable altura de planta está directamente correlacionado con el rendimiento de grano, en esta correlación se observó un coeficiente de determinación de 0.41, el mismo indica que el 41 % de la variabilidad del rendimiento de grano está determinado por la altura de planta y el restante 59 % por otros factores.

Las variables de respuesta con baja correlación respecto al rendimiento de grano, se muestran en el Cuadro 52

Cuadro 52. Variables de respuesta con baja correlación respecto al rendimiento de grano.

VARIABLES	Ecuación	r	r²
Diámetro de tallo vs. Rend. Grano	$y = -113.25 + 235.68x$	0.55	0.30
Peso 1000 granos vs. Rend. Grano	$y = -4126.9 + 7.502x$	0.08	0.01
Diámetro de grano vs. Rend. Grano	$y = 2101.22 - 1546.3x$	-0.38	0.14
Espesor de grano vs. Rend. Grano	$y = -779.83 + 1743.7x$	0.19	0.04

Las variables: diámetro de tallo, peso de 1000 granos, diámetro de grano y espesor de grano, presentaron una correlación menor al 50%, lo que indica que, las variables citadas no presentaron una correspondencia con el rendimiento de grano, correlación que determina que, las variables citadas no son de mayor importancia para el presente estudio.

En síntesis, el rendimiento de grano está directa y altamente correlacionado con el rendimiento de fitomasa, rendimiento de broza y altura de planta, presentando valores de 0.99, 0.97, 0.64 de índices de correlación respectivamente.

4.3. ANÁLISIS DE COSTOS PARCIALES DE PRODUCCIÓN

El Cuadro 53 muestra el presupuesto parcial de los diferentes tratamientos estudiados.

Cuadro 53. Presupuesto Parcial

Nº	TRATAMIENTOS	Rendimiento medio(kg/ha)	Rendimiento ajustado(kg/ha)	Beneficio Bruto (Bs/ha)	Total costo variable (Bs/ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)
1	DS1 DP1 LA	163.8	155.6	264.5	124.4	140.1
2	DS1 DP1 LR	99.6	94.6	160.9	124.4	36.5
3	DS1 DP1 SA	192.5	182.9	310.9	124.4	186.5
4	DS1 DP1 SR	179.6	170.6	290.1	124.4	165.7
5	DS1 DP2 LA	370.4	351.9	598.2	115.2	483.0
6	DS1 DP2 LR	245.8	233.5	397.0	115.2	281.8
7	DS1 DP2 SA	300.4	285.4	485.1	115.2	369.9
8	DS1 DP2 SR	268.8	255.3	434.1	115.2	318.9
9	DS1 DP3 LA	159.6	151.6	257.8	109.1	148.7
10	DS1 DP3 LR	162.5	154.4	262.4	109.1	153.4
11	DS1 DP3 SA	147.9	140.5	238.9	109.1	129.8
12	DS1 DP3 SR	127.5	121.1	205.9	109.1	96.8
13	DS2 DP1 LA	512.7	487.1	828.0	70.5	757.6
14	DS2 DP1 LR	786.7	747.3	1270.5	70.5	1200.0
15	DS2 DP1 SA	642.9	610.8	1038.3	70.5	967.8
16	DS2 DP1 SR	810.6	770.1	1309.2	70.5	1238.7
17	DS2 DP2 LA	221.7	210.6	358.0	65.9	292.1
18	DS2 DP2 LR	376.7	357.9	608.4	65.9	542.5
19	DS2 DP2 SA	251.0	238.5	405.4	65.9	339.6
20	DS2 DP2 SR	300.2	285.2	484.8	65.9	419.0
21	DS2 DP3 LA	626.7	595.3	1012.1	62.8	949.3
22	DS2 DP3 LR	631.7	600.1	1020.1	62.8	957.4
23	DS2 DP3 SA	791.7	752.1	1278.6	62.8	1215.8
24	DS2 DP3 SR	538.1	511.2	869.1	62.8	806.3
25	DS3 DP1 LA	573.1	544.4	925.5	40.2	885.3
26	DS3 DP1 LR	453.2	430.5	731.9	40.2	691.7
27	DS3 DP1 SA	241.1	229.0	389.4	40.2	349.2
28	DS3 DP1 SR	324.3	308.1	523.8	40.2	483.6
29	DS3 DP2 LA	352.8	335.1	569.7	38.7	531.1
30	DS3 DP2 LR	347.9	330.5	561.9	38.7	523.2
31	DS3 DP2 SA	265.3	252.0	428.5	38.7	389.8
32	DS3 DP2 SR	375.7	356.9	606.8	38.7	568.1
33	DS3 DP3 LA	420.0	399.0	678.3	37.6	640.7
34	DS3 DP3 LR	325.4	309.1	525.5	37.6	487.9
35	DS3 DP3 SA	611.4	580.8	987.4	37.6	949.8
36	DS3 DP3 SR	346.8	329.5	560.1	37.6	522.4

DS1 = Distancia entre surcos 20 cm

DS2 = Distancia entre surcos 40 cm

DS3 = Distancia entre surcos 60 cm

LR = Lasta roja

LA = Lasta amarilla

DP1 = Distancia entre plantas 10 cm

DP2 = Distancia entre plantas 20 cm

DP3 = Distancia entre plantas 30 cm

SR = Saihua roja

SA = Saihua amarilla

En el Cuadro 53, se muestra el presupuesto parcial para el ensayo: distancias entre surcos y plantas en dos ecotipos de kañawa, donde en la primera columna se observa los tratamientos, producto de la combinación de tres niveles de distancia entre surcos, tres niveles de distancia entre plantas y ecotipos, lo que dio un total de 36 tratamientos.

La segunda columna, muestra el rendimiento medio de grano, obtenido para cada tratamiento, en condiciones de experimentación, es decir rendimientos producto del efecto de los tratamientos. El rendimiento ajustado se observa en la tercera columna, obtenido de un ajuste del 5% sobre el rendimiento medio, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y del agricultor que podría obtener con la implantación de esta alternativa tecnológica en una parcela grande bajo su manejo, al respecto el CIMMYT (1988) como regla general aplica un ajuste entre el 5 al 30%.

La cuarta columna, presenta los beneficios brutos de campo, calculados con el rendimiento ajustado por el costo de grano de kañawa puesto en el cultivo antes de la cosecha, ya que los costos de la cosecha y comercialización serán proporcionales al rendimiento, tomando en cuenta estas consideraciones y constatando que el precio del grano de kañawa en los mercados de La Paz varia de 80 Bs/qq a 130 Bs/qq, se tomo una media de 105 Bs/qq lo que equivale 2.1 Bs/kg, valor al que se descontó por los siguientes conceptos: 0.2 Bs/kg por la cosecha, 0.1 Bs/ha por la trilla y 0.1 Bs/kg por el transporte, obteniendo un resultado de 1.7 Bs/kg, el mismo nos sirvió para valorar el rendimiento ajustado para cada tratamiento. (tipo de cambio del dólar 7.01 Bs, marzo, 2002)

En la siguiente columna se observa el total de los costos variables para cada tratamiento, para ello se tomó en cuenta los costos que varían por cada tratamiento, sin considerar la preparación del terreno, ya que este último será igual para cada tratamiento.

En la última columna se muestra el beneficio neto para cada tratamiento, los valores obtenidos fueron producto de la diferencia entre el beneficio neto y los costos variables de la producción. Debemos aclarar que estos valores no son las utilidades por no incluir los costos fijos.

En el Cuadro 54, se muestra los costos variables para la interacción distancia entre surcos por distancia entre plantas, sin considerar los ecotipos, por el desconocimiento de la variación del precio de semilla de kañawa de acuerdo a los ecotipos, razón por la que se consideró el mismo precio para cada uno de ellos.

Cuadro 54. Costos variables de producción

Nº	TRATAMIENTOS (AxB)	Costo de semilla	Mano de obra para la siembra (días/ha)	Costo mano de obra (30Bs/día) para la siembra (Bs/ha)	Flete de sembradora (hrs/ha)	Costo del flete de sembradora (Bs/ha)	TOTAL COSTOS QUE VARÍAN
1	DS1 DP1	18.4	1.5	43.5	10.0	62.5	124.4
2	DS1 DP2	9.2	1.5	43.5	10.0	62.5	115.2
3	DS1 DP3	3.1	1.5	43.5	10.0	62.5	109.1
4	DS2 DP1	9.2	1.0	30.0	5.0	31.3	70.5
5	DS2 DP2	4.6	1.0	30.0	5.0	31.3	65.9
6	DS2 DP3	1.5	1.0	30.0	5.0	31.3	62.8
7	DS3 DP1	3.1	0.5	16.5	3.3	20.6	40.2
8	DS3 DP2	1.5	0.5	16.5	3.3	20.6	38.7
9	DS3 DP3	0.5	0.5	16.5	3.3	20.6	37.6

DS1 = Distancia entre surcos 20 cm

DS2 = Distancia entre surcos 40 cm

DS3 = Distancia entre surcos 60 cm

DP1 = Distancia entre plantas 10 cm

DP2 = Distancia entre plantas 20 cm

DP3 = Distancia entre plantas 30 cm

En el Cuadro 55 se observa que los tratamientos están establecidos en orden ascendente de los costos totales que varían.

Cuadro 55. Análisis de dominancia

No	TRATAMIENTOS (AxBxC)	COSTOS VARIABLES (Bs/ha)	BENEFICIO NETO (Bs/ha)	DOMINANCIA
35	DS3 DP3 SA	37.6	949.8	*
33	DS3 DP3 LA	37.6	640.7	D
36	DS3 DP3 SR	37.6	522.4	D
34	DS3 DP3 LR	37.6	487.9	D
32	DS3 DP2 SR	38.7	568.1	D
29	DS3 DP2 LA	38.7	531.1	D
30	DS3 DP2 LR	38.7	523.2	D
31	DS3 DP2 SA	38.7	389.8	D
25	DS3 DP1 LA	40.2	885.3	D
26	DS3 DP1 LR	40.2	691.7	D
28	DS3 DP1 SR	40.2	483.6	D
27	DS3 DP1 SA	40.2	349.2	D
23	DS2 DP3 SA	62.8	1215.8	*
22	DS2 DP3 LR	62.8	957.4	D
21	DS2 DP3 LA	62.8	949.3	D
24	DS2 DP3 SR	62.8	806.3	D
18	DS2 DP2 LR	65.9	542.5	D
20	DS2 DP2 SR	65.9	419.0	D
19	DS2 DP2 SA	65.9	339.6	D
17	DS2 DP2 LA	65.9	292.1	D
16	DS2 DP1 SR	70.5	1238.7	*
14	DS2 DP1 LR	70.5	1200.0	D
15	DS2 DP1 SA	70.5	967.8	D
13	DS2 DP1 LA	70.5	757.6	D
10	DS1 DP3 LR	109.1	153.4	D
9	DS1 DP3 LA	109.1	148.7	D
11	DS1 DP3 SA	109.1	129.8	D
12	DS1 DP3 SR	109.1	96.8	D
5	DS1 DP2 LA	115.2	483.0	D
7	DS1 DP2 SA	115.2	369.9	D
8	DS1 DP2 SR	115.2	318.9	D
6	DS1 DP2 LR	115.2	281.8	D
3	DS1 DP1 SA	124.4	186.5	D
4	DS1 DP1 SR	124.4	165.7	D
1	DS1 DP1 LA	124.4	140.1	D
2	DS1 DP1 LR	124.4	36.5	D

DS1 = Distancia entre surcos 20 cm

DS2 = Distancia entre surcos 40 cm

DS3 = Distancia entre surcos 60 cm

LR = Lasta roja

LA = Lasta amarilla

DP1 = Distancia entre plantas 10 cm

DP2 = Distancia entre plantas 20 cm

DP3 = Distancia entre plantas 30 cm

SR = Saihua roja

SA = Saihua amarilla

El análisis de dominancia nos permitió seleccionar los tratamientos de acuerdo al criterio propuesto por el CIMMYT (1988) el mismo señala que, se considera tratamiento dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costo variable más bajo.

Bajo estas consideraciones se observó tres tratamientos (35, 23 y 16) con costos variables bajos y beneficios altos, estos tratamientos fueron: 30 cm de distancia entre plantas en 60 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla (35), con un beneficio neto de 949.8 Bs/ha y 37.6 Bs/ha de costo variable, seguido del tratamiento 23, con los niveles 30 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla, con 1215.8 Bs/ha de beneficio neto y 62.8 Bs/ha de costo variable, por último el tratamiento 16 con 10 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua roja, con un beneficio neto de 130 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla 8.7 Bs/ha y 70.5 Bs/ha de costo variable, el resto de los tratamientos fueron dominados de acuerdo al criterio citado.

Los tratamientos no dominados son sujetos al análisis marginal, al respecto el CIMMYT (1988) indica que el análisis marginal consiste en comparar los incrementos en beneficios netos sobre el incremento de los costos variables, su propósito es revelar el porcentaje de los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida se incrementa.

La T.R.M. (Cuadro 56) muestra que, al pasar del tratamiento 35 con 30 cm de distancia entre plantas en 60 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla al tratamiento 23 con 30 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla, presentó una tasa de retorno marginal de 1055.5%, lo que indica que, por cada 1 Bs invertido en reducir la distancia entre surcos de 60 cm a 40 cm, se recuperó 1 Bs más 10.5 Bs.

Cuadro 56. Análisis marginal (T.R.M.)

Nº	Tratamientos	Costos que varían (Bs/ha)	Costos marginales (Bs/ha)	Beneficios netos (Bs/ha)	Beneficios netos marginales (Bs/ha)	Tasa de retorno marginal (%)
35	DS3 DP3 SA	37.6	25.2	949.8	266.0	1055.5
23	DS2 DP3 SA	62.8		1215.8		
16	DS2 DP1 SR	70.5	7.7	1238.7	22.9	297.1

Por otra parte al pasar del tratamiento 23 con 30 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla al tratamiento 16 con 10 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua roja, presentó una tasa de retorno de 297.1%, lo que indica que, por cada 1 Bs invertido en reducir la distancia entre plantas de 30 cm a 10 cm, se recuperó 1 Bs más 2.97 Bs. Debemos destacar que las tasas obtenidas fueron superiores a la tasa de retorno mínima aceptable en condiciones de agricultor (100%).

En conclusión, Los tratamientos 23 con 30 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla y el tratamiento 16 con 10 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua roja son alternativas interesantes, sin embargo se recomienda el tratamiento 23, el mismo cuenta con una tasa de retorno marginal de 1055.5% respecto al tratamiento 35, y una relación beneficio costo de 19.4 superior al tratamiento 16 con una relación beneficio costo de 17.6.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Como consecuencia de los resultados obtenidos, bajo las condiciones en las que se efectuó el estudio, se establecen las siguientes conclusiones:

- La distancia entre surcos tiene un efecto directamente proporcional sobre la altura de planta, alcanzando un valor máximo de 21.4 cm a 60 cm de distancia entre surcos y 101852 plantas/ha, en tanto que el ecotipo saihua amarilla presentó una altura de 19.1 cm superior al resto de los ecotipos, debido principalmente a su morfología de crecimiento.
- El diámetro de tallo fue significativamente afectado por la distancia entre surcos y plantas presentando un valor máximo de 2.5 mm a 60 cm de distancia entre surcos y 2.3 mm a 30 cm de distancia entre plantas al margen de los ecotipos, los cuales no mostraron diferencias significativas.
- Se obtuvo mayor índice de tallo a 60 cm de distancia entre surcos e indistintamente a los niveles de distancia entre plantas, con un valor promedio de 0.21. Asimismo el ecotipo lasta roja presentó mayor índice de tallo con relación a los demás ecotipos, debido al elevado peso de tallo con respecto al vástago de la planta, alcanzando un valor de 0.21.
- El índice de hojas fue determinado por la distancia entre plantas al margen de la distancia entre surcos y ecotipos, obteniéndose mayor índice (0.54) a 20 cm de distancia entre plantas.
- El índice de cosecha, a 30 cm de distancia entre plantas por 40 cm de distancia entre surcos alcanzó un valor de 0.32, superior al resto de los

tratamientos, por otra parte los ecotipos saihua roja y saihua amarilla presentaron índices de cosecha superiores con un valor de 0.29.

- El rendimiento de fitomasa resultó significativamente afectado por los distanciamientos entre surcos y plantas, obteniéndose elevados rendimientos a 10 cm (250000 plantas/ha) y 30 cm (83333 plantas/ha) de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, con valores de 2378 kg/ha, y 2032 kg/ha, respectivamente, en tanto que el ecotipo saihua amarilla en 30 cm de distancia entre plantas presentó el mayor rendimiento de fitomasa (1702.4 kg/ha).

- Se obtuvo mayores rendimientos de broza a 10 cm y 30 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos con rendimientos de 1689.7 kg/ha y 1384.7 kg/ha en una población de 250000 plantas/ha y 83333 plantas/ha respectivamente. Asimismo el ecotipo saihua amarilla presentó mayor rendimiento de broza (1185.4 kg/ha) a 30 cm de distancia entre plantas al margen de la distancia entre surcos.

- El rendimiento de grano de kañawa, es significativamente determinado por el distanciamiento entre surcos y plantas, obteniéndose a 30 cm y 10 cm de distancia entre plantas dentro de 40 cm de distancia entre surcos, rendimientos de 688.2 kg/ha y 647 kg/ha respectivamente, superiores al resto de los tratamientos, por otra parte los ecotipos lasta roja y saihua amarilla a 40 cm de distancia entre surcos, presentaron mayor rendimiento de grano con 598.3 kg/ha y 561.9 kg/ha respectivamente.

- El rendimiento de grano está correlacionado con el rendimiento de fitomasa, rendimiento de broza y altura de planta, considerando que estas variables presentaron una correlación alta, con valores de 0.99, 0.97, 0.64, respectivamente.

- Los tratamientos 23 con 30 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla y el tratamiento 16 con 10 cm de distancia entre plantas en 40 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua roja son alternativas interesantes, sin embargo se recomienda el tratamiento 23, con una tasa marginal de 1055.5% respecto al tratamiento 35 que corresponde a 30 cm de distancia entre plantas en 60 cm de distancia entre surcos ecotipo saihua amarilla, y una relación beneficio costo de 19.4 superior al tratamiento 16 con una relación beneficio costo de 17.6.

5.2. RECOMENDACIONES

Sobre la base de los resultados y las conclusiones de la investigación, se realiza las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda validar la producción de grano de kañawa a 40 cm de distancia entre surcos por 30 cm de distancia entre plantas ecotipo saihua amarilla, nivel de tratamiento que también presentó alta tasa de retorno marginal.
- Realizar un análisis de componentes de rendimiento con variables como: peso de 1000 granos, área foliar y fitomasa.
- Realizar análisis de crecimiento e índices fisiotécnicos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACARAPI, B. 1997.** Estudio del comportamiento agronómico de cuatro variedades de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en diferentes densidades de población. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp: 24 – 53.
- ARTEAGA, J.Y. 1996.** Caracterización preliminar y evaluación agronómica de 480 accesiones de germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en Patacamaya. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp: 40 – 67.
- ACEBEY P, J.L. 1989.** Curso de cultivos Alto Andinos. CORDEPO – PNUD. Potosí, Bolivia. 17 – 21 abril.
- BENITO, T, L. 1995.** Diferentes densidades de siembra y distintas distancias entre surcos y el rendimiento de dos formas botánicas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de Ing. Agr. UTO. Oruro, Bolivia. pp: 39 – 76.
- CAHUANA, F. 1975.** Comparativo de rendimientos de cinco formas botánicas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) por tres distanciamientos entre surcos. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- CANO, V. J. 1973.** El cultivo de la cañahua. Boletín No 2. Facultad de Agronomía, Universidad Técnica del Altiplano. Puno, Perú.
- CALZADA, J.B. 1982.** Métodos estadísticos para la investigación. 4ta Edición, Editorial JURÍDICA. Lima, Perú.

- CARRASCO, R. 1988.** Cultivos andinos. Importancia nutricional y posibilidades de procesamiento. En Centro de Estudios Rurales "Bartolomé de las Casas". Cusco, Perú.
- CATACORA, P. 1989.** Fonología del cultivo de la kañihua. En: Curso Taller de Cultivos Andinos y uso de Información Agrometeorológica. PISA, INIAA. Puno, Perú.
- CHOQUE, F. 1998.** Efectos de la densidad de siembra y la etapa de corte en el potencial forrajero de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de grado. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. pp: 26 - 60
- CHILON, E. 1996.** Manual de edafología. Ed. CIDAT. La Paz, Bolivia.
- CIMMYT, 1988.** Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual Metodológico de Evaluación Económica. México D.F.
- CRONQUIST, A. 1988.** The evolution and classification of flowering plants. New York, Botanical. New York, USA.
- CCOSIO, C.P. 1970.** Ensayo comparativo de cinco formas botánicas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis de grado. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Puno, Perú.
- COPETICONA, R. 2000.** Evaluación del comportamiento agronómico de tres cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en dos épocas y formas de siembra en la comunidad San José, Taraco. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

- IBTA/DNS. 1996.** Catalogo de variedades mejoradas de quinua y Recomendaciones para producción y uso de semilla certificada. IBTA, Regional LP/DNS, Oficina y laboratorio de semillas La Paz. La Paz, Bolivia.
- IGM. 2000.** Atlas digital de Bolivia. Software multimedia MULTISOFT. La Paz, Bolivia.
- LESCANO, J. L. 1994.** Genética y mejoramiento de cultivos andinos. Programa Interinstitucional de Waru waru, Convenio: INADE/PELT, COTESU. Ed. CIMA. Puno , Perú.
- MAMANI, F. 1994.** Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de kañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp: 26 – 59.
- MIRANDA, L., LIZARRAGA, N., ESPINDOLA, G. 1979.** Colección, Estudio y Conservación del Banco de Germoplasma de Cañahua. En informe anual de Estación Experimental de Patacamaya, IBTA, MACA.
- MONTES de OCA, I. 1989.** Geografía y recursos naturales de Bolivia. Ed. Educacional. La Paz, Bolivia. Pp. 151 – 153.
- OCHOA, C. 1990.** The potatoes of South America: Bolivia. Ed. Cambridge University Press. New York, USA.
- PROSUKO 2000.** Evaluación de parámetros climáticos e hidrológicos en los sistemas de Suka kollus y Pampa. Informe Gestión Agrícola 99-2000. Prosuko, La Paz, Bolivia.

- QUISPE, P. 1999.** Efectos de niveles de fertilización orgánica en dos cultivares de kañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Central. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp: 26 – 53
- RAMÍREZ, L. 1980.** Estudio y conservación del banco de germoplasma. En informe de la gestión agrícola 1979 – 80. Estación Experimental de Patacamaya, IBTA, MACA. La Paz, Bolivia.
- RENVOIZE, S. 1998.** Gramíneas de Bolivia. Ed, The Royal Botanic Gardens, Kew. New York, USA.
- ROCHA, O. y QUIROGA, C. 1996.** Aves de la reserva nacional de fauna andina Eduardo Avaroa. Museo Nacional de Historia Natural. La Paz, Bolivia.
- ROJAS, F. 2001.** Catalogo de plantas. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- RUSKIN, F. 1989.** Lost Crops of the Incas. Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee and Technology Innovation. Washington, EEUU.
- SARAVIA, G. 1990.** Informe anual de actividades agroecológicas. Agruco, Zona de Punata, Cochabamba, Bolivia. pp. 20 – 23.
- SCHUCH, L. O. B. 2001.** Densidad de siembra. Revista internacional de semillas SEED NEWS, Año V, No 5. Pelotas, Brasil.
- TAPIA, M., GANDARILLAS, H., ALANDIA, S., CARDOZO, A., MUJICA, A., ORTIZ, R., OTAZU, V., REA, J., SALAS, B., y SANABRIA, E. 1979.** La Quinoa y la kañiwa, Cultivos Andinos. CIID, IICA. Bogotá, Colombia.

_____. **1980.** Cañahua, cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Fao. pp 59-65

_____. **1990.** Algunos aspectos botánicos y agronómicos de la cañahua. Puno, Perú. pp 53-56.

_____. **y VELASCO, L. 1968.** Algunos aspectos botánicos y agronómicos de la copihue (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). En primera convención de Quenopodiáceas quinua – cañahua. Puno – Perú. Anales. Facultad de Agronomía, UNA. pp: 53 – 56.

ANEXOS

ANEXO 1. PRECIPITACIÓN PLUVIAL REGISTRADA (mm) POR BENEFICIOS AGRÍCOLAS PERIODO SEPTIEMBRE - ABRIL, 1965 - 2000

GESTIÓN	PP (mm)	DEFICIT O EXCESO (mm)	DEFICIT O EXCESO (%)	CARACTERÍSTICA
1965-66	528.6	-10	-2	Seca con inundación de heladas
1966-67	600.9	62.3	12	Lluvioso con inundaciones
1967-68	514.2	-24.4	-5	Seca con sequías periódicas ("El Hielo")
1968-69	511.0	-28.8	-5	Señal seco ("La Nube")
1969-70	474.6	-51	-10	Señal seco con pocas heladas periódicas
Norm 1974/75	538.6		100	

ANEXOS

ANEXO 2. COMPARACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL MENSUAL EN LA ZONA DE TIERRANACO.

MESES	PRECIPITACIÓN REGISTRADA	PRECIPITACIÓN MENSUAL NORMAL	PRECIPITACIÓN REGISTRADA ACUMULADA	PRECIPITACIÓN NORMAL ACUMULADA	DEFICIT O EXCESO
Septiembre	64.2	27.2	64.2	27.2	37.0
Octubre	40.9	28.3	105.1	55.4	49.7
Noviembre	19.3	21.6	124.4	124.0	-0.4
Diciembre	88.9	82.7	213.3	212.7	0.6
Enero	140.6	143.3	353.9	358.0	-4.1
Febrero	92.7	90.9	446.6	448.9	-2.3
Marzo	62.0	68.4	508.6	517.3	-8.7
Abril	0.0	33.6	508.6	550.9	-42.3

ANEXO 1. PRECIPITACIÓN PLUVIAL REGISTRADA (mm) POR GESTIONES AGRÍCOLAS PERIODO SEPTIEMBRE - ABRIL 1995 – 2000

GESTIÓN	PP (mm)	DÉFICIT O EXCESO (mm)	DÉFICIT O EXCESO (%)	CARACTERÍSTICA
1995-96	528.6	-10	-2	Seco con presencia de heladas
1996-97	600.9	62.3	12	Lluvioso con inundaciones
1997-98	514.2	-24.4	-5	Seco con sequías periódicas ("El Niño")
1998-99	511.8	-26.8	-5	Semi seco ("La Niña")
1999-00	474.6	-64	-12	Semi seco con presencia de heladas
Norm 1974/96	538.6		100	

ANEXO 2 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL MENSUAL EN LA GESTIÓN AGRÍCOLA 1999 – 2000. ZONA DE TIAHUANACO.

MES	PRECIPITACIÓN REGISTRADA	PRECIPITACIÓN N NORMAL	PRECIPITACIÓN REGISTRADA ACUMULADA	PRECIPITACIÓN NORMAL ACUMULADA	DÉFICIT O EXCESO
Septiembre	54.2	27.2	54.2	27.2	27.0
Octubre	40.9	35.2	95.1	62.4	5.7
Noviembre	19.3	61.6	114.4	124.0	-42.3
Diciembre	58.9	88.7	173.3	212.7	-29.8
Enero	146.6	143.3	319.9	356.0	3.3
Febrero	92.7	90.9	412.6	446.9	1.8
Marzo	62.0	83.4	474.6	530.3	-21.4
Abril	0.0	35.5	474.6	565.8	-35.5



**LABORATORIO DE SUELOS Y NUTRICIÓN ANIMAL
SERVICIO DEPARTAMENTAL AGROPECUARIO "SEDAG"
ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS**



Nombre: Wilfredo Marin Perfil N° _____

Institución: BENSON Localidad: _____

CARACTERÍSTICAS		HORIZONTES			
N° de laboratorio		54			
Símbolo del Horizontes					
Profundidad (cm)					
Arena (A)		55			
Limo (L)		31			
Arcilla (Y)		14			
Clase textural		FA			
Grava %		0,51			
Tamaño medio de grava mm.		2-7			
Da. g/cc		1,55			
Dr. g/cc		2,56			
pH 1:2.5 suelo/agua		8,13			
pH Extracto					
C.E. 1:2.5 milimhos/cm		0,854			
C.E. Extracto					
% C.O.		3,07			
% M.O.		5,29			
% N.T.		0,23			
C/N		13,35			
P ppm Olsen modificado		13			
Carbonatos libres		PP			
Cationes Solubles me/l	Ca ++				
	Mg ++				
	Na +				
	K +				
CO ₃ CA%					
Color Munsell en seco		7.5YR5/2	Café		
Color Muncell en húmedo		7.5YR3/2	Café oscuro		
Cationes Intercambiables me/100 g	Ca ++	13,32			
	Mg ++	2,28			
	Na +	0,47			
	K +	1,25			
TBI me/100g		17,32			
Acides		0,00			
CIC me/100g		17,32			
% SB		100			
Aluminio me/100g					
Hidrógeno me/100g					

Carbonatos libres
A = Ausentes
P = Presentes
PP = Presente en gran cantidad

YA = Arcillo Arenoso
FYA = Franco-arcillo-arenoso
FA = Franco arenoso
AF = Arenoso franco
Y = Arcilloso
FY = Franco arcilloso
F = Franco

YL = Arcilloso limoso
FL = Franco limoso
FYL = Franco - arcillo - limoso
L = Limoso
A = Arenoso

RESPONSABLE DEL LABORATORIO

ANEXO 4 VARIACIÓN DEL NUMERO DE PLANTAS POR UNIDAD EXPERIMENTAL Y POR HECTÁREA

TRATAMIENTOS	PL / UE (Real)	PL / UE (Util)	PL / Ha
20-10	160.0	60.0	500000.0
20-20	80.0	30.0	250000.0
20-30	53.3	20.0	166666.7
40-10	160.0	60.0	250000.0
40-20	80.0	30.0	125000.0
40-30	53.3	20.0	83333.3
60-10	160.0	60.0	166666.7
60-20	80.0	30.0	83333.3
60-30	53.3	20.0	55555.6

ANEXO 5. ÍNDICE DE TALLO PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AXB)

DISTANCIA ENTRE PLANTAS	DISTANCIA ENTRE SURCOS		
	20 cm	40 cm	60 cm
10 cm	16.8	19.1	22.0
20 cm	18.8	15.9	20.2
30 cm	20.7	18.8	21.3

ANEXO 6. ÍNDICE DE COSECHA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE PLANTAS POR DISTANCIA ENTRE SURCOS (AXB)

DISTANCIA ENTRE PLANTAS	DISTANCIA ENTRE SURCOS		
	20 cm	40 cm	60 cm
10 cm	27.9	28.5	27.4
20 cm	27.7	30.0	26.8
30 cm	26.7	31.6	28.1

ANEXO 7. RENDIMIENTO DE FITOMASA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AXB)

DISTANCIA ENTRE PLANTAS	DISTANCIA ENTRE SURCOS		
	20 cm	40 cm	60 cm
10 cm	555.4	2377.9	1463.1
20 cm	1099.2	977.2	1258.0
30 cm	555.5	2031.7	1519.3

ANEXO 8. RENDIMIENTO DE FITOMASA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE PLANTAS POR ECOTIPOS (AXB)

Ecotipos	DISTANCIA ENTRE PLANTAS		
	10 cm	20 cm	30 cm
Lasta amarilla	1512.9	1170.2	1390.0
Lasta roja	1587.5	1115.8	1290.9
Saihua amarilla	1214.7	968.6	1702.4
Saihua roja	1546.8	1191.2	1092.1

ANEXO 9. RENDIMIENTO DE BROZA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AXB)

DISTANCIA ENTRE PLANTAS	DISTANCIA ENTRE SURCOS		
	20 cm	40 cm	60 cm
10 cm	396.6	1689.7	1065.2
20 cm	802.8	689.8	922.6
30 cm	406.1	1384.7	1093.4

ANEXO 10. RENDIMIENTO DE BROZA PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE PLANTAS POR ECOTIPOS (BXC)

<i>Ecotipos</i>	<i>DISTANCIA ENTRE PLANTAS</i>		
	<i>10 cm</i>	<i>20 cm</i>	<i>30 cm</i>
<i>Lasta amarilla</i>	1096.4	855.3	987.9
<i>Lasta roja</i>	1141.0	792.3	917.7
<i>Saihua amarilla</i>	855.9	696.3	1185.4
<i>Saihua roja</i>	1108.7	876.3	754.6

ANEXO 11. RENDIMIENTO DE GRANO PARA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR DISTANCIA ENTRE PLANTAS (AXB)

<i>DISTANCIA ENTRE PLANTAS</i>	<i>DISTANCIA ENTRE SURCOS</i>		
	<i>20 cm</i>	<i>40 cm</i>	<i>60 cm</i>
<i>10 cm</i>	158.9	688.2	397.9
<i>20 cm</i>	296.4	287.4	335.4
<i>30 cm</i>	149.4	647.0	425.9

ANEXO 12. RENDIMIENTO DE GRANO PARA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE SURCOS POR ECOTIPOS (AXC)

<i>Ecotipos</i>	<i>DISTANCIA ENTRE SURCOS</i>		
	<i>20 cm</i>	<i>40 cm</i>	<i>60 cm</i>
<i>Lasta amarilla</i>	231.3	453.7	448.6
<i>Lasta roja</i>	169.3	598.3	375.5
<i>Saihua amarilla</i>	213.6	561.9	372.6
<i>Saihua roja</i>	191.9	549.7	348.9

ANEXO 13. RENDIMIENTO DE GRANO PARA LA INTERACCIÓN DISTANCIA ENTRE PLANTAS POR ECOTIPOS (BXC)

<i>Ecotipos</i>	<i>DISTANCIA ENTRE PLANTAS</i>		
	<i>10 cm</i>	<i>20 cm</i>	<i>30 cm</i>
<i>Lasta amarilla</i>	416.5	315.0	402.1
<i>Lasta roja</i>	446.5	323.5	373.2
<i>Saihua amarilla</i>	358.8	272.2	517.0
<i>Saihua roja</i>	438.2	314.9	337.5

FOTOGRAFÍAS



Fot. 1. Preparación del terreno (nivelado).



Fot. 2. Siembra.



Fot. 3. Raleo de plantas a distancias preestablecidas como tratamiento.



Fot. 4. Vista panorámica de la parcela experimental.



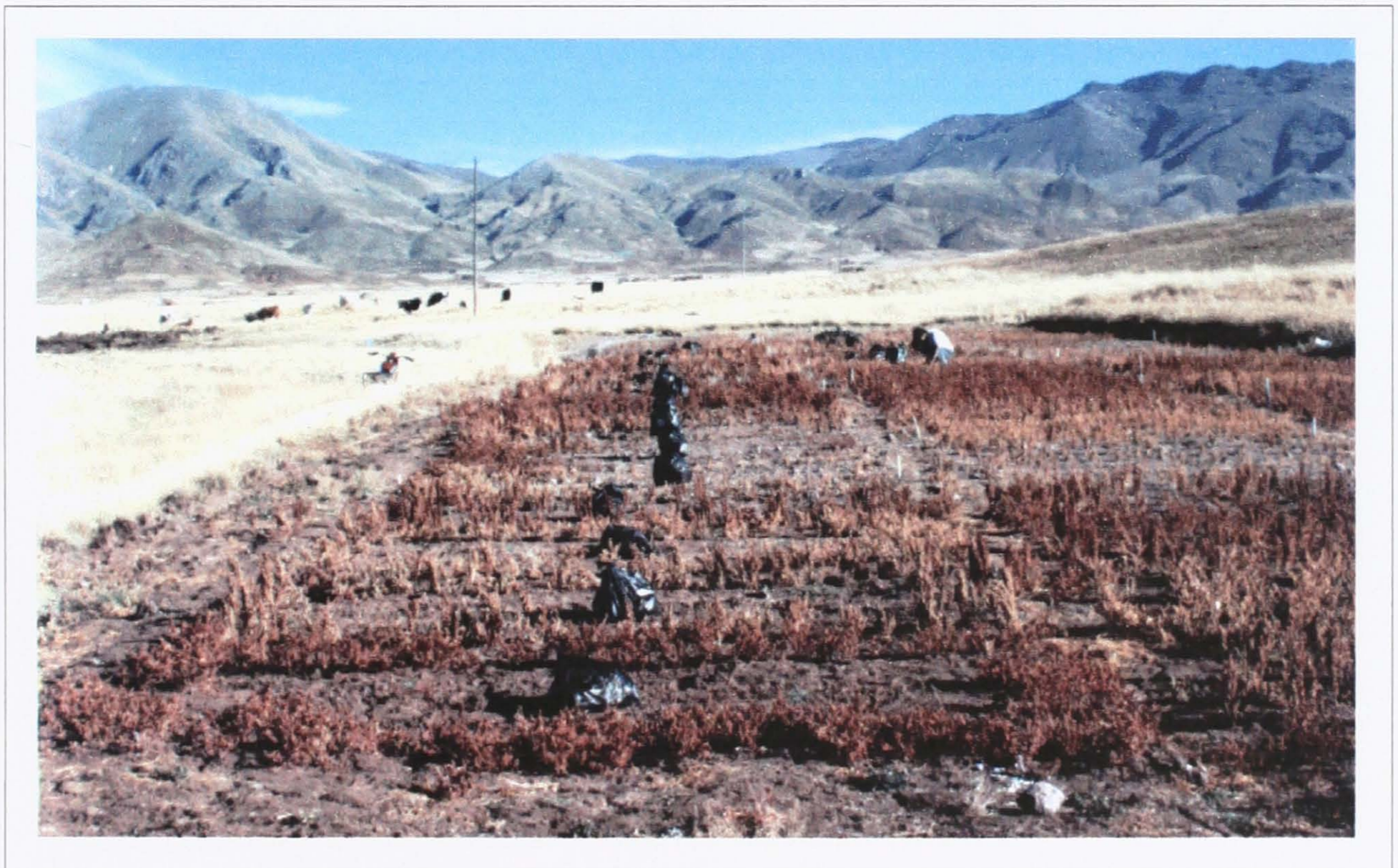
Fot. 5. Ecotipo Saihua.



Fot. 6. Ecotipo Lasta.



Fot. 7. Evaluación de las unidades experimentales.



Fot. 8. Cosecha del área útil de las unidades experimentales.

