

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



**TESIS DE GRADO**

**MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A CAMBIO CLIMÁTICO CON DIFERENTES  
MÉTODOS DE RIEGO, ÉPOCAS DE SIEMBRA EN ECOTÍPOS DE  
HABA (*Vicia faba L.*) EN LA LOCALIDAD DE ANCORAIMES  
DE LA PROVINCIA OMASUYOS LA PAZ.**

**CASIMIRO ICHUTA ICHUTA**

**La Paz, Bolivia**

**2009**

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

**MEDIDAS DE ADAPTACIÓN A CAMBIO CLIMÁTICO CON DIFERENTES MÉTODOS DE RIEGO, ÉPOCAS DE SIEMBRA EN ECOTÍPOS DE HABA (*Vicia faba L.*) EN LA LOCALIDAD DE ANCORAIMES DE LA PROVINCIA OMASUYOS LA PAZ.**

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

**CASIMIRO ICHUTA ICHUTA**

**Tutor**

Ing. Rómulo Torrez Elías .....

Ph.D. David Cruz Choque .....

**Asesores:**

Ing. Roberto Miranda Casas .....

Dr. Jean Joinville Vacher .....

**Tribunal Examinador:**

Ing. Laoreano Coronel Quispe .....

Ing. Rene Calatayud Valdez .....

Ph.D. Rene Chipana Rivera .....

**APROBADA**

Presidente Tribunal Examinador: .....

2009

DEDICATORIA:

*Con profunda gratitud a mis queridos padres: Andrés Ichuta Triguero y Dominga Ichuta Tarqui por sus constantes consejos y el apoyo incondicional que me brindaron en mi formación profesional.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios de todo corazón.*

*A la prestigiosa casa de estudios Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, al Sr. Decano Ing. M.Sc. Jorge Pascuali C., Sr. Vicedecano Ing. Félix Rojas , Sr. Director de Carrera Dr. David Cruz Choque y a los Catedráticos, por todas las doctrinas impartidas durante mi formación académica.*

*Mi sincero agradecimiento al Proyecto “BOL 10/11590 medidas de adaptación agrícola en comunidades originarias de Ancoraimes ante cambios climáticos” por concederme una beca tesis.*

*Muy en particular a Dr. David Cruz Choque por la orientación, apoyo y consejos profesionales, con los cuales se culminó este trabajo de investigación y el compañero de estudio y revolucionario Carlos Cabrera Gallo.*

*A los agricultores de la Comunidad Huanquisco Canta, por haberme facilitado un predio en el Campus de su CANAPAS, para la ejecución en la investigación del cultivo de haba.*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	X
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 Objetivo General:.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos:.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 EL CULTIVO DE HABA.....	4
2.1.1 Importancia del cultivo de haba.....	4
2.1.1.1 Clasificación taxonómica del cultivo de haba.....	4
2.1.2 Descripción morfológica del cultivo de haba.....	5
2.1.3 Fases fenológicas del cultivo de haba.....	5
2.1.4 Principales plagas y enfermedades del haba.....	6
2.1.4.1 Plagas.....	6
2.1.4.2 Enfermedades.....	6
2.1.5 Factores que favorecen el desarrollo del cultivo.....	7
2.1.5.1 Condiciones climáticas del cultivo.....	7
2.1.6 Épocas de siembras y rendimientos.....	7
2.1.7 Condiciones del suelo para el cultivo de haba.....	8
2.1.7.1 Salinidad del suelo.....	8
2.1.7.2 Densidad aparente.....	9
2.1.8 Materia orgánica.....	9
2.2 CAMBIO CLIMÁTICO.....	9
2.2.1 Efecto invernadero.....	9
2.2.2 Relación entre el efecto invernadero y el calentamiento global.....	10
2.2.3 Gases de efecto invernadero.....	10
2.2.4 Impacto del cambio climático.....	11
2.2.4.1 Ecosistemas.....	11
2.2.4.2 Agricultura.....	11
2.2.5 Impactos del cambio climático en el cultivo.....	12
2.2.6 Adaptación.....	13
2.2.7 Opciones de adaptación.....	13
2.2.8 Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.....	14
2.2.8.1 Recursos hídricos.....	14
2.3 IMPORTANCIA DEL USO DE AGUA PARA EL CULTIVO.....	15
2.3.1 Eficiencia en el uso del agua.....	15

2.3.2	<i>Uso del agua en la agrícola en Bolivia.....</i>	15
2.3.3	<i>El agua y el suelo .....</i>	15
2.3.4	<i>Calidad de agua.....</i>	16
2.3.5	<i>Necesidades hídricas de cultivo de haba .....</i>	16
2.3.6	<i>Disponibilidad del agua en el suelo para la planta.....</i>	17
2.3.7	<i>Absorción de agua.....</i>	18
2.3.8	<i>Eficiencia de riego .....</i>	18
2.4	<i>PROCESO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN.....</i>	19
2.4.1	<i>Determinación de las necesidades de agua de un cultivo.....</i>	19
2.4.2	<i>Evapotranspiración .....</i>	19
2.4.2.1	<i>Evaporación de referencia (ET<sub>o</sub>).....</i>	20
2.4.2.2	<i>Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) .....</i>	20
2.4.3	<i>Coeficiente de cultivo K<sub>c</sub> .....</i>	21
2.4.3.1	<i>Infiltración .....</i>	21
3.	<i>MATERIALES Y MÉTODOS .....</i>	23
3.1	<i>LOCALIZACIÓN .....</i>	23
3.1.1	<i>Ubicación geográfica .....</i>	23
3.1.2	<i>Características Ecológicas.....</i>	23
3.1.2.1	<i>Clima .....</i>	23
3.1.3	<i>Vegetación.....</i>	23
3.1.4	<i>Fisiografía de la zona .....</i>	24
3.1.5	<i>Suelos.....</i>	24
3.1.6	<i>Fuentes de agua.....</i>	24
3.2	<i>MATERIALES.....</i>	26
3.2.1	<i>Materiales de campo .....</i>	26
3.2.2	<i>Material vegetal .....</i>	26
3.2.3	<i>Materiales de laboratorio .....</i>	27
3.2.4	<i>Materiales de gabinete .....</i>	27
3.3	<i>MÉTODOS .....</i>	27
3.3.1	<i>Diagnóstico de la parcela de investigación.....</i>	27
3.3.2	<i>Identificación de la parcela .....</i>	28
3.3.3	<i>Evaluación climatológica .....</i>	28
3.3.4	<i>Preparación del terreno .....</i>	28
3.3.5	<i>Siembra en la parcela de investigación .....</i>	28
3.3.5.1	<i>Métodos de riego .....</i>	29
3.3.5.2	<i>Condiciones a secano .....</i>	29
3.3.5.3	<i>Aplicación de riego a nivel parcela .....</i>	29
3.3.6	<i>Descripción del método de riego .....</i>	31
3.3.6.1	<i>Pruebas de infiltración .....</i>	32
3.3.6.2	<i>Muestreo de suelos .....</i>	32
3.3.7	<i>Seguimiento al cultivo de haba.....</i>	32
3.3.8	<i>Labores culturales .....</i>	32
3.3.9	<i>Cosecha y postcosecha .....</i>	33

3.3.10	<i>Diseño de investigación</i> .....	33
3.3.10.1	<i>Diseño experimental</i> .....	34
3.3.10.2	<i>Modelo estadístico</i> .....	34
3.3.10.3	<i>Factores de estudio</i> .....	34
3.3.11	<i>Variables de respuesta</i> .....	35
3.3.11.1	<i>Variables fenológicas</i> .....	35
3.3.11.2	<i>Variables morfológicas</i> .....	35
3.3.11.3	<i>Variables agronómicas</i> .....	36
3.3.12	<i>Análisis económico</i> .....	36
3.3.12.1	<i>Costo total</i> .....	37
3.3.12.2	<i>Costos variables</i> .....	37
3.3.12.3	<i>Costos fijos</i> .....	37
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	39
4.1	<b>FACTORES CLIMÁTICOS</b> .....	39
4.1.1	<i>Condiciones climáticas de precipitación de la estación meteorológica Belén en comparación Sensores de la gestión agrícola 2007 -2008.</i> .....	39
4.1.2	<i>Evapotranspiración diaria expresadas en (mm) durante el ciclo vegetativo de cultivo de haba.</i> .....	41
4.1.3	<i>Precipitación y evapotranspiración de la gestión agrícola 2007-2008.</i> .....	42
4.1.4	<i>Condiciones climáticas de temperatura máxima de la estación meteorológica de Belén en comparación sensor de la campaña agrícola 2007 -2008.</i> .....	44
4.1.5	<i>Temperaturas máximas y mínimas registradas con sensores de la campaña agrícola 2007 -2008.</i> .....	45
4.2	<b>APLICACIÓN DE RIEGO</b> .....	46
4.2.1	<i>Velocidad de infiltración</i> .....	46
4.2.2	<i>Riego</i> .....	47
4.2.3	<i>Variaciones de la humedad del suelo</i> .....	48
4.3	<b>FASES FENOLÓGICAS</b> .....	49
4.3.1	<i>Fase de la emergencia</i> .....	49
4.3.1.1	<i>Porcentaje de emergencia.</i> .....	49
4.3.1.2	<i>Influencia de riego en el porcentaje de emergencia.</i> .....	50
4.3.1.3	<i>Efecto simple de la interacción de riego con épocas en porcentaje de emergencia</i> .....	51
4.3.2	<i>Fase de la floración</i> .....	52
4.3.2.1	<i>Porcentaje de floración.</i> .....	52
4.3.2.2	<i>Influencia de épocas de siembra en el porcentaje de floración.</i> .....	53
4.3.2.3	<i>Efecto simple de la interacción de riego con épocas en el porcentaje de floración.</i> .....	54
4.3.3	<i>Fases de fructificación de grano.</i> .....	55
4.3.3.1	<i>Porcentaje de fructificación de grano</i> .....	55
4.3.3.2	<i>Influencia de épocas de siembra en el porcentaje de fructificación</i> .....	56
4.3.3.3	<i>Efecto simple de la interacción de riego con épocas de siembra en la fructificación del grano</i> .....	57

4.4	FASES MORFOLÓGICAS .....	58
4.4.1	Altura de la planta.....	58
4.4.1.1	Influencia de riego en la altura de la planta.....	59
4.4.1.2	Influencia de épocas de siembra en la altura de la planta .....	60
4.4.1.3	Efecto simple de la interacción de riego con épocas .....	61
4.4.2	Número de tallos.....	62
4.4.2.1	Influencia de método riego en Número de tallos .....	63
4.4.2.2	Influencia de épocas de siembra en número de tallo .....	64
4.4.2.3	Efecto simple de la interacción de riego con épocas en el número de tallos ....	65
4.4.3	Número de vainas por planta.....	66
4.4.3.1	Influencia de método riego en el número de vainas por planta.....	67
4.4.3.2	Influencia de épocas de siembra en el número de vainas por planta .....	68
4.4.3.3	Efecto simple de la interacción de riego con ecotípos en número de vainas....	69
4.5	FASES AGRONÓMICAS .....	70
4.5.1	Cobertura foliar.....	70
4.5.1.1	Influencia de método de riego en la cobertura foliar .....	70
4.5.1.2	Influencia de épocas de siembra en la cobertura foliar.....	71
4.5.1.3	Influencia de ecotípos en la cobertura foliar.....	72
4.5.1.4	Efecto simple de la interacción de riego con épocas .....	73
4.5.2	Peso de grano por planta .....	74
4.5.2.1	Influencia de método de riego en el peso de grano por planta .....	74
4.5.2.2	Influencia de épocas de siembra en el peso de grano .....	75
4.5.2.3	Influencia de ecotípos de haba en el peso de grano.....	76
4.5.2.4	Efecto simple de la interacción de riego con ecotípos en el peso de grano.....	77
4.5.3	Rendimiento.....	79
4.5.3.1	Influencia de épocas de siembra en el rendimiento .....	79
4.5.3.2	Influencia de ecotípos de haba en el rendimiento .....	80
4.5.3.3	Efecto simple de la interacción de riego con épocas .....	82
4.6	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	83
4.6.1	El análisis económico .....	83
5.	CONCLUSIONES.....	85
6.	RECOMENDACIONES.....	87
7.	BIBLIOGRAFIA.....	88
	ANEXOS .....	96

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. Composición bromatológica en base a grano seco. -----	4
CUADRO 2. Morfología de cultivo de haba-----	5
CUADRO 3. Comportamiento en la superficie cultivada y rendimiento en bolivia-----	8
CUADRO 4. Requerimientos de agua en todo el ciclo vegetativo oscilan entre 500 y 800 mm. -----	17
CUADRO 5. Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia-----	100
CUADRO 6. Análisis de efectos simples de interacción método de riego con épocas-----	100
CUADRO 7. Análisis de varianza para el porcentaje de flores -----	100
CUADRO 8. Análisis de efectos simples de interacción método de riego con épocas en el porcentaje de floracion -----	101
CUADRO 9. Análisis de varianza para el llenado de grano -----	101
CUADRO 10. Análisis de efectos simples de interacción método de riego con épocas -----	101
CUADRO 11. Análisis de varianza para la altura de la planta -----	102
CUADRO 12. Análisis de efectos simples de interacción método de riego con épocas -----	102
CUADRO 13. Análisis de varianza para número de tallos-----	103
CUADRO 14. Análisis de efectos simples de interacción método de riego con épocas -----	103
CUADRO 15. Análisis de varianza de número de vaina por planta -----	103
CUADRO 16. Análisis de efectos simples de interacción método con épocas en la vaina -----	104
CUADRO 17. Análisis de varianza para cobertura foliar -----	104
CUADRO 18. Análisis de efectos simples de interacción método de riego con épocas -----	104
CUADRO 19. Análisis de varianza para peso de grano por planta cultivo de haba-----	105
CUADRO 20. Análisis de efectos simples de interacción método de riego con épocas -----	105
CUADRO 21. Análisis de varianza para el rendimiento cultivo de haba -----	106
CUADRO 22. Análisis de efectos simples de interacción método de riego con épocas -----	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Composición química atmosférica en porcentaje-----	10
Figura 2. Ubicación de la parcela de investigación -----	25
Figura 3. Climograma de precipitación de la estación meteorológica belén de 1950-2001 en comparación sensores de la campaña agrícola 2007 – 2008-----	39
Figura 4. Evapotranspiración campaña agrícola 2007/2008 -----	41
Figura 5. Precipitación y evapotranspiración de referencia-----	42
Figura 6. Climograma de temperatura máxima de la estación meteorológica Belén de 1950 – 2001 en comparación de sensores de la campaña 2007 – 2008 -----	44
Figura 7. Temperaturas máximas y temperaturas mínimas de la comunidad de canta -----	45
Figura 8. Evolución de la velocidad de infiltración en el suelo de estudio -----	46
Figura 9. Humedad volumétrica del suelo a los 20 cm de profundidad-----	48
Figura 10. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de emergencia ----	50
Figura 11. Interacción de riego con épocas de siembra en el porcentaje de emergencia-----	51
Figura 12. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de floración-----	53
Figura 13. Interacción de riego con épocas de siembra en el porcentaje de floración -----	54
Figura 14. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de fructificación ---	56
Figura 15. Interacción de riego con épocas de siembra en la fructificación de grano -----	57
Figura 16. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de fructificación ---	59
Figura 17. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de fructificación ---	60
Figura 18. Interacción de riego con épocas de siembra en la altura de la planta-----	61
Figura 19. Comparación de medias de métodos de riego en el número de tallos-----	63
Figura 20. Comparación de medias de métodos de riego en el número de tallos-----	64
Figura 21. Interacción de riego con épocas de siembra y número de tallo-----	65
Figura 22. Comparación de medias de métodos de riego en el número vaina por planta-----	67
Figura 23. Comparación de medias de épocas de siembra en el número de vaina-----	68
Figura 24. Interacción de riego con ecotípos de haba en la longitud de vaina -----	69
Figura 25. Comparación de medias de métodos de riego en la cobertura foliar-----	70
Figura 26. Comparación de medias de épocas de siembra en la cobertura foliar-----	71
Figura 27. Comparación de medias de épocas de siembra en la cobertura foliar-----	72
Figura 28. Interacción de riego con épocas de siembra en la cobertura foliar-----	73
Figura 29. Comparación de medias de métodos de riego en el peso de grano-----	74
Figura 30. Comparación de medias de épocas de siembra en el peso de grano-----	75
Figura 31. Comparación de medias de épocas de siembra en el peso de grano-----	76

<i>Figura 32. Interacción de riego con épocas de siembra en el peso de grano por planta -----</i>	<i>77</i>
<i>Figura 33. Comparación de medias de épocas de siembra en el rendimiento -----</i>	<i>79</i>
<i>Figura 34. Comparación de medias de épocas de siembra en el rendimiento -----</i>	<i>80</i>
<i>Figura 35. Interacción de épocas con ecotípos de haba en el rendimiento -----</i>	<i>82</i>
<i>Figura 36. Curva de beneficio neto en función a las épocas de siembra. -----</i>	<i>83</i>
<i>Figura 37. Curva de la relación beneficio – costo en función a las épocas de siembra. -----</i>	<i>84</i>

## RESUMEN

El estudio se llevo a cabo en la Comunidad Huanquisco Canta del Municipio de Ancoraimes con el apoyo del Proyecto BOL 10 /11590 "*Medidas de adaptación agrícola en comunidades originarias de Ancoraimes ante cambio climático*". En el que se evaluó dos métodos de riego, tres épocas de siembra (5 de septiembre, 15 de Octubre, 25 de Noviembre del 2007); con cinco ecotípos de haba; cuatro ecotípos de haba introducidas (Gigante Copacabana, Morena, Usnayo, Uchucullo) y una local (habilla de esquenía).

Se evaluó: En la parcela de investigación días a la emergencia, porcentaje de floración, porcentaje de fructificación, altura de planta, número de tallos, cobertura foliar, número de grano por planta, peso de grano por planta, rendimiento y el análisis económico.

A causa de la eventualidad de la lluvia y muy variable, la producción de haba es inestable. Es por eso que se quiere implementar la estrategia de riego en haba de manera de que se pueda estabilizar la producción. Para este fin, en el presente estudio, por la disponibilidad del recurso hídrico, se planteo regar con una frecuencia de 13 días.

La producción de la haba va disminuyendo en forma sostenida debido a la baja fertilidad del suelo, se planteó incorporar materia orgánica (estiércol de oveja, vaca) con la finalidad de aumentar la producción. Sin embargo, sin importar el resultado técnico de estas medidas, ningún trabajo tendrá completo éxito si no cuenta con la participación y aceptación del productor. El ciclo fenológico se altero y se termino, con la presencia de baja temperatura en fecha 27 de abril, en donde se tuvo para la primera época de siembra de 240 días, para la segunda época de siembra fue de 195, y la tercera época de siembra fue 150 días.

Por otra parte, se encontraron diferencias significativa estadísticamente en el cultivo, en cuanto a la aplicación de riego y a secano, debido a que con la aplicación de riego fue precisa y oportuna para la planta, en donde se tenía la disponibilidad de agua en el lugar, lo cual sumado a la cantidad de precipitación llegando a satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de haba.

Los resultados del estudio fueron aplicados en un proceso de modelización con el fin de evaluar el método de Penman Monteith en su aplicación. Para este objetivo se pudo observar que los datos obtenidos tanto del cultivo como climático se obtuvieron de la parcela de investigación.

En cuanto a la opinión de los agricultores sobre el riego, ellos mencionan que si están de acuerdo con el riego en el cultivo de haba, ya que es beneficiosa, pero no lo aplican con la frecuencia necesaria de agua y en cuanto a la fertilización orgánica no la realizan por que consideran que no es necesario, debido a que es una leguminosa que sintetiza nitrógeno atmosférico.

## ABSTRACT

The study was conducted in the Community Huanquisco Canta of the Municipality of Ancoraimas with the support of the project BOL 10/11590 "Adaptation measures in the agricultural communities of Ancoraimas to climate change." Which was evaluated in two methods of irrigation, three sowing dates (September 5, October 15, November 25, 2007), with five bean ecotypes, four bean introduced ecotypes (Copacabana Gigante, Morena, Usnayo, Uchucullo ) and a local (habilla de esquenía).

Surviving in the field of research days at the emergency rate of flowering, fruiting percentage, plant height, number of stems, foliage cover, and number of grains per plant, grain weight per plant, yield and economic analysis.

Because of the possibility of rain and very variable, the production of beans is unstable. That's why we want to implement the strategy of irrigation bean so that it can stabilize output. To this end, the present study, the availability of water resources, water is at a frequency of 13 days.

Bean production is steadily declining due to low soil fertility, was raised to incorporate organic matter (manure of sheep, cow) with the aim of increasing production. However, regardless of the technical result of these measures will not work if not completely successful with the participation and acceptance by the producer. The phenological cycle is disturbed and was completed with the presence of low temperature on April 27 date, which was for the first time of sowing of 240 days for the second time of sowing was 195 and the third time seeding was 150 days.

Furthermore, statistically significant differences were found in the crop, in the application of irrigation and dry land, since the application was accurate and timely irrigation for the plant, where they had the availability of water at the This coupled with the amount of precipitation coming to meet the water needs of growing beans.

The study results were applied in a modeling process in order to assess the Penman Monteith method in its implementation. To this end, it was noted that data from both the climate and culture were obtained from the research plot.

As for the opinion of farmers on irrigation, they mention that they are under irrigation in the cultivation of beans, as it is beneficial, but do not apply it as often as necessary as water and the organic fertilization not done that do not consider it necessary, because it is a legume which summarizes atmospheric nitrogen.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia, son evidentes los cambios climáticos, esto es ratificado por resultados de los modelos de circulación general y por agricultores quienes afirman que en las últimas décadas son considerables las pérdidas de las cosechas por el efecto de las nuevas condiciones climáticas a las cuales están expuestos los cultivos (MDSMA - PNCC, 2000).

De acuerdo con el PNCA (1999), en las dos últimas décadas el equilibrio climático ha variado con sequías e inundaciones extremas, condiciones a las cuales los cultivos tradicionales no se encuentran habituadas y según la FAO (2000), el cambio climático a largo plazo, en particular el calentamiento del planeta, podría afectar a la agricultura en diversas formas y casi todas son un riesgo para la seguridad alimentaria de las personas más vulnerables del mundo.

De acuerdo al mismo autor en Bolivia existe una diversidad de ecotipos de haba que está muy bien adaptadas a los diferentes ecosistemas o nichos ecológicos del Altiplano. La diversidad de la especie se refleja en las diferentes características fenotípicas que muestran las poblaciones, de esta manera constituye una fuente de genes muy valiosa, que significa para el ser humano un recurso de mucha importancia en la seguridad alimentaria.

El cultivo de haba es considerado de interés en las regiones del Altiplano, por ofrecer grandes bondades a la humanidad, según Magder (2002), principalmente por su contenido de proteína 24%, asimismo por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con las bacterias del genero *Rhizobium*, que permite mantener la fertilidad de los suelos y por su abundante follaje que genera forraje para la alimentación animal. Estas cualidades hacen del cultivo, que forme parte en el sistema de producción agrícola.

La diversidad genética de haba en Bolivia, se conserva en forma ex – situ en Bancos de germoplasma y en forma in – situ en las parcelas de los agricultores. La investigación en Bancos de Germoplasma fue iniciado por Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA, 1996) a través del Programa Nacional de Leguminosas de Grano (PNLG) y por el Centro de Investigación Fitoecogenéticas de Pairumani (CIFP) que actualmente conserva la germoplasma.

Por su parte, en el Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos (BNGA), se conserva mas 220 accesiones de haba, constituyéndose en una parte de la riqueza

genética que ofrece beneficio a la agricultura, para iniciar su uso apropiado del material conservado, se realizó el trabajo de investigación en la adaptación fenotípica, describiendo las características morfológicas, fenológicas y agronómicas, que fueron evaluados en forma cualitativa y cuantitativa en la región del Altiplano Norte.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

Debido a la permanente variaciones del cambio climático entre sus efectos se presenta las sequias, granizadas, heladas e inundaciones. En la zona se tiene la desertificación de suelos y por lo tanto es vulnerable a los efectos adversos del cambio climático.

La investigación se hizo en el cultivo de haba, se observó en la actualidad, que demuestra la densidad de las poblaciones de la agricultura depende de varios factores los cuales son: climático, edáfico y genético.

En el presente trabajó, se hizo para el cultivo de haba en el Altiplano Norte del Municipio de Ancoraimes, se introdujo nuevos ecotípos en la investigación; La población de la zona cuenta con agua, pero no abastece los reservorios durante el periodo agrícola, el volumen de agua no es proporcional a los cultivos de producción. Por eso no se riega todas las parcelas cultivables y a menudo se mantiene a secano.

Los recursos hídricos superficiales está totalmente comprometidos; no existe agua de buena calidad para distribuir o incrementar áreas regables, sin embargo la actividad agrícola sigue incrementando, entonces existe mayor demanda de agua cada año que pasa.

En la zona de estudio el cultivo de haba se siembra en menores áreas que otros cultivos. Tradicionalmente se cultiva habilla de esquenia, con el criterio de conseguir alimento para auto-consumo, ya que cuenta con las ventajas de fácil almacenaje; el resto de la masa vegetal se proporciona para la alimentación del ganado.

El valor nutritivo del cultivo de haba, esta dado principalmente por su alto contenido de proteína y su influencia en la nutrición del productor, y en consecuencia presenta un resultado favorablemente económico, pudiendo constituirse en un cultivo alternativo en la zona de estudio.

Por estas cualidades mencionadas anteriormente, el presente estudio estableció la adaptabilidad de nuevos ecotípos de haba en diferentes épocas de siembra en la comunidad de Huanquisco Canta, Municipio de Ancoraimes, de la Provincia Omasuyos del Departamento de La Paz, frente a la variabilidad climática que se presenta en la zona de investigación.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Estudiar el cultivo de la haba (*Vicia faba L.*) bajo diferentes opciones de Adaptación al Cambio Climático en la región del altiplano Norte, Provincia Omasuyos del Departamento de La Paz.

### **Objetivos Específicos:**

- ❖ Analizar el comportamiento agro climático durante su ciclo vegetativo del cultivo de haba.
- ❖ Implementar dos métodos de riego para cultivo de haba como opción de Adaptación al Cambio Climático.
- ❖ Evaluar y determinar el comportamiento agronómico del cultivo haba bajo tres épocas de siembra como opción de Adaptación al Cambio Climático.
- ❖ Análisis económico de la opción de adaptación al cambio climático en el cultivo de haba.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 El cultivo de haba

#### 2.1.1 Importancia del cultivo de haba

En Bolivia, el cultivo de haba es importante en las zonas altas (2.500 a 3.850 msnm), por su calidad nutritiva de proteína de 24% y por el bajo costo de granos, es de importancia para la alimentación humana, en particular de las personas de bajos ingresos, su follaje es utilizado como forraje para la alimentación del ganado. Es una especie tolerante a heladas y sus raíces en simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, fijan y aportan al suelo cantidades importantes de nitrógeno atmosférico, lo que permite ahorrar en el uso de fertilizantes químicos, es un componente significativo del sistemas de rotación (IBTA, 1996).

**CUADRO 1. COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA EN BASE A GRANO SECO.**

Espece	Humedad (%)	Proteínas (%)	Carbohidratos (%)	Calorías (%)	cal/kg de alimento
	11	24 – 25	2,4	55,3	11

Fuente: MAGDER, 2002

Barcelo *et al.*, (1988), En la zona andina de Bolivia, el cultivo de haba es el más importante entre las leguminosas; está importancia radica en diversos factores:

- ❖ Su rol en los sistemas productivos agrícolas (rotación, abono verde, fijador de nitrógeno y otros).
- ❖ fuente de ingresos por su venta en mercados de consumo interno de haba verde, seca y externa de haba seca

#### 2.1.1.1 Clasificación taxonómica del cultivo de haba

La posición taxonómica de esta especie es el siguiente: subreino: Fanerógamas; División: Magnoliophyta (Angiospemas) Clase: Mannoliopsida (Dicotiledonias); Subclase: Rosidae; Orden: Fabales; Familia: Fabaceae (Leguminosae); Sub familia: Papilionoideae; Tribu: Viceae; Género: *Vicia*; Especie: ***Vicia faba* Linneo**. Nombre común: Haba (Waaijenberg, 2000).

### 2.1.2 Descripción morfológica del cultivo de haba

Según MAGDER (2002), el haba se caracteriza por ser una planta de ciclo anual y de porte recto, se describe la morfología del cultivo:

**CUADRO 2. MORFOLOGÍA DE CULTIVO DE HABA**

Morfología de haba	Descripción
Raíz:	Es pivotante, desarrolla 1,5 m de profundidad.
Tallo:	De consistencia herbácea, y varia en la altura desde 0,50 a 1,80 m.
Hoja:	Compuestas paripinadas, con cuatro a siete foliolos glabros
Inflorescencia:	Es de tipo racimo, en número de dos a doce flores.
Flor:	Tienen corola evolucionada, dialipétala
Androceo:	Consta de diez estambres diadelfos, nueve de ellos soldados.
Gineceo:	Formando por una sola hoja carpelar, diferenciada en ovario, estilo y estigma.
Fruto:	Vaina.
Semilla:	Forma ovalada, el tamaño un largo de 1,6 cm a 3,5 cm.

Fuente: MACA, 2005

### 2.1.3 Fases fenológicas del cultivo de haba

Según Crespo (1996), la energía germinativa de la especie disminuye notablemente después de cinco a seis años. La semilla es de germinación hipogea, es decir la testa y los cotiledones permanecen debajo de la tierra, su duración es variable de doce a quince días dependiendo principalmente de la temperatura y la humedad del suelo.

**Emergencia:** Cuando la semilla absorbe agua se rompe la testa y emerge la radícula y se convierten raíz primaria, apareciendo en ella las raíces secundarias y terciarias. Entre los 15 a 30 días el epicótilo empieza a crecer y se muestra sobre el nivel del suelo la plumilla.

**Primera hoja compuesta:** el epicótilo continua desarrollando la primera hoja compuesta con dos foliolos empieza a desplegarse horizontalmente. Al final de esta fase el epicótilo detiene su crecimiento.

**Macollamiento:** la plántula presenta la segunda hoja compuesta totalmente desplegada en el punto de inserción de los cotiledones, aparecen los macollos que crecen, esta fase se da a los 45 días.

**Formación de botones florales:** Generalmente a partir de la axila de la quinta hoja compuesta, se desarrolla el primer botón floral esto a los 50-70 días.

**Formación de vainas:** El inicio de esta fase se desarrolla en el tallo principal, donde aparecen las primeras vainas, esto coincide con la caída de la corola de la primera flor. Esta se da a los 65-120 días siendo susceptible a heladas.

**Maduración de vainas inferiores:** Las vainas inferiores alcanzan su tamaño definitivo, la semilla cambia de verde al color característico de la variedad, apareciendo la pigmentación. Esta fase es altamente susceptible a las heladas.

**Madurez fisiológica:** Esta última fase se caracteriza por el cambio de color de la vaina de verde limón y posteriormente adquiere el color negro, con ciclo vegetativo de 150 – 240 días.

## 2.1.4 Principales plagas y enfermedades del haba

### 2.1.4.1 Plagas

Según los reportes de Orellan (1998), las plagas más frecuentes en Bolivia en el haba son: minadores del tallo (*Melanogromyza lini* Spencer), noctuideo trozador (*Agrotis ipsilon* Hufnagel), pulgones chupadores (*Aphis fabae* Scopoli), chinches de follaje (*Dicyphus spp* y *Corithaica spp*), mosca barrenadera de hojas (*Liriomyza spp*). Tris ( *Diabrotica spp*, *Franfliniella spp*), (*Empoasca Spp*, *Laspeyresia leguminis Heinrich*).

### 2.1.4.2 Enfermedades

Las enfermedades que se presentan en el cultivo de haba coinciden con los factores ambientales y afectan en mayor o menor grado siendo las más importantes las siguientes enfermedades:

- ❖ La mancha de chocolate, causada por el hongo *Botrytis fabae* R.
- ❖ La mancha negra concéntrica, cuyos agentes causales son el hongo *Alternaria alternata* y *Alternaria tenues*.
- ❖ La roya, causada por el hongo *Uromyces fabae* (pers) de Bay.

De acuerdo al mismo autor las enfermedades afectan al follaje y se presentan más o menos juntas formando un complejo patológico, cuyas infecciones son significativas para el rendimiento en grano y el número de vainas por planta.

### **2.1.5 Factores que favorecen el desarrollo del cultivo**

Las plantas se desarrollan normalmente dentro de ciertos límites de los distintos factores que constituye su medio ambiente. Estos factores incluyen la temperatura, la luz, el pH y la humedad del suelo. La humedad atmosférica, los contaminantes del suelo y de la atmosfera, los nutrientes y la estructura del suelo.

#### **2.1.5.1 Condiciones climáticas del cultivo**

En Bolivia, el haba se cultiva en una amplia gama de ambientes que oscilan desde los valles mesotérmicos (2000 msnm) hasta las mesetas altoandinas del Altiplano (3800 msnm). La presencia de heladas cuando las plantas son muy pequeñas o están germinando, pueden causar la muerte de los tejidos apicales, sin embargo tiene la capacidad de rebrotar y continuar con su desarrollo vegetativo (Crespo, 1996).

El cultivo de haba se desarrolla muy bien en climas templados - fríos, tolera heladas ligeras y requiere de una provisión permanente de humedad, aunque es ligeramente resistente a la falta de agua. Durante la floración requiere de al menos 10°C de temperatura y un nivel de 25% de humedad aprovechable en el suelo para evitar la caída de las flores y vainas (MACA, 2005).

### **2.1.6 Épocas de siembras y rendimientos**

Mujica y Canahua (1989), indica las fechas de siembra en el Altiplano varían de agosto a septiembre, lo cual está supeditada al inicio de las precipitaciones pluviales con incremento de la temperatura y al riesgo climático como las de heladas en la época de cosecha.

Las épocas de siembra también están sujetas a la disponibilidad de humedad y las variaciones de temperatura. Esta definición es señalada por Rea (1979), basándose en un trabajo realizado en la estación experimental de Belén en el año agrícola 1977-78 donde las bajas temperaturas (-3 y -4°C) de diciembre afectaron al ensayo establecido en agosto, pero no así al establecido en julio.

Un estudio realizado por Gandarillas *et al.*, (1992), en la estación experimental de Belén y en años sucesivos, con siembras desde el mes de septiembre hasta octubre con la ecotipo janco, determinó que los mayores rendimientos se presentaron en siembras de la primera quincena de agosto con 1104 kg/ha, mientras que a fines de octubre se obtuvo 316 kg/ha, con estos resultados el autor concluye que las primeras siembras son las más productivas.

PROINPA (2001), menciona que existe variación en épocas de siembra de acuerdo al ecotipo a emplearse, con ciclo tardío (161 a 205 días) se deben sembrar desde fines de agosto hasta la primera quincena del mes de septiembre.

### **CUADRO 3. COMPORTAMIENTO EN LA SUPERFICIE CULTIVADA Y RENDIMIENTO EN BOLIVIA**

<b>Año agrícola</b>	<b>Superficie (Hectáreas)</b>	<b>Producción (Toneladas métricas)</b>	<b>Rendimiento Kilogramos/hectárea)</b>
2000 – 2001	33646	65846	1957
2001 – 2002	33190	59959	1807
2002 – 2003	33200	59231	1784
2003 – 2004	32484	58068	1788

**Fuente:** Ministerio de Agrícola y Ganadería, 1997

#### **2.1.7 Condiciones del suelo para el cultivo de haba**

El haba tolera diversos tipos de suelos, aunque prospera mejor en suelos sueltos y ricos en materia orgánica, sin embargo en suelos compactos y pesados afectan el desarrollo radicular de las plantas, especialmente por la acumulación de agua en sus poros que ocasionan una mayor proliferación de enfermedades radiculares y la posterior muerte de la planta por pudrición de las raíces, se adapta a un margen amplio de pH entre 5 y 8 siendo el óptimo 6,5 (CEPROBOL, 2004).

##### **2.1.7.1 Salinidad del suelo**

Los suelos afectados por sales son comúnmente en las regiones semiáridas y áridas, donde la precipitación anual es insuficiente para satisfacer las necesidades de evapotranspiración de los vegetales. Como resultado, las sales del suelo no se disuelven. En vez de ello, se acumulan en cantidades que son perjudiciales para el crecimiento de los vegetales (Bohn *et al.*, 1993).

### **2.1.7.2 Densidad aparente**

La densidad aparente, es de interés desde el punto de vista del manejo del suelo ya que permite conocer sobre: la compactación del suelo, permite inferir las dificultades para la germinación, enraizamiento, circulación del aire y el agua (Miranda, 2002).

### **2.1.8 Materia orgánica**

La materia orgánica afecta al uso eficiente del agua, sobre todo en suelos de textura gruesa. Se sabe que la materia orgánica mejora la infiltración del agua, reduce su pérdida por evaporación, mejora el drenaje del suelo y por lo tanto ayuda a una mejor distribución de agua en el perfil del suelo, promueve un sistema de raíces mas profunda que permita el uso del agua un capa del suelo también mas profunda, al oscurecer el suelo en los climas templados fomenta su calentamiento por ende, promueve una mejor germinación y el fácil aprovechamiento del agua (Hausenberg, 1988).

## **2.2 Cambio climático**

IPCC (2001), menciona al cambio climático como una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más).

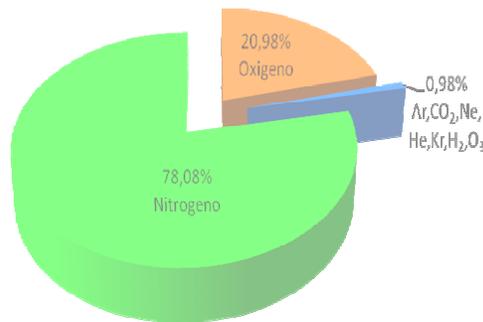
Cáceres (1995), menciona en los últimos decenios se han destacado dos importantes factores sobre la relación entre el ser humano y el clima de la tierra. Las actividades humanas (antropogénicas) incrementan las concentraciones de gases de efecto invernadero GEI en la atmósfera (lo que tiende a calentarse) y en algunas regiones los aerosoles (que tienden a enfriarla). La acción conjunta de los aerosoles y de los GEI cambiara el clima global y regional.

### **2.2.1 Efecto invernadero**

PNCC (2005), menciona la energía solar llega a la tierra en forma de radiación de onda corta. Una porción de esta energía es reflejada por la superficie terrestre y otra por la atmósfera. La mayor parte de esta energía atraviesa la atmósfera, calentando la tierra. El planeta reenvía esa energía a la atmosfera nuevamente como radiación térmica.

### 2.2.2 Relación entre el efecto invernadero y el calentamiento global

PNCA (1999), menciona la envoltura gaseosa de la tierra funciona como techo protector de las radiaciones procedentes del Sol, cuerpos celestes y como base de la vida terrestre (como fuente de oxígeno para el reino animal y de anhídrido carbónico para el reino vegetal). La atmósfera regula la temperatura terrestre, evita que existan contrastes grandes entre dos períodos (por ejemplo: entre el día y la noche), como suele suceder con los astros que carecen de cobertura atmosférica (por ejemplo: la luna). Como se mencionó anteriormente, la variedad en las actividades humanas son causantes de la emisión de gases del efecto invernadero en la atmósfera, especialmente el CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y CFC's.



**Figura 1. Composición química atmosférica en porcentaje**

Las emisiones de estos gases pueden clasificarse como originados por la producción y la utilización de energía, las actividades industriales no productoras de energía, los sistemas de agricultura y los cambios en la utilización de la tierra, entre ellas la deforestación. Sin embargo, los estudios realizados han demostrado que hasta 1990 los gases se han incrementado (PNCA, 1999).

### 2.2.3 Gases de efecto invernadero

IPCC (2001), menciona al aumento de las actividades humanas, esta a generado el aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) de los cuales estas actividades son: La quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y el carbón en las usinas termoeléctricas); fabricas, automóviles, aviones, calderas de calefacción, quema de bosques, tecnologías industriales y de fabricación sucia (petroquímicos).

Según el PNCA (1999), los clorofluorocarbonos se utiliza en aplicaciones industriales, comerciales y militares, incluso la refrigeración (el aire acondicionado, la propulsión de aviones y cohetes; los rociadores aerosoles; aparatos eléctricos y espuma plástica).

## **2.2.4 Impacto del cambio climático**

### **2.2.4.1 Ecosistemas**

Un calentamiento global promedio, de entre 1,5 y 4,5 °C ocurrirá, siendo la mejor estimación 2,5 °C. La estratosfera se enfriará significativamente. El entibiamiento superficial será mayor en las altas latitudes en invierno, pero menores durante el verano. La precipitación global disminuirá entre 3 y 15%. Mientras que algunas áreas tropicales, experimentarán pequeñas disminuciones (PNCA, 1999).

Modelos más recientes dependientes del tiempo, que acoplan los componentes oceánicos y atmosféricos, han entregado estimaciones más confiables, los resultados más significativos indican (IPCC, 2001).

Un calentamiento global promedio de 0,3 °C por década, una variabilidad natural de aproximadamente 0,3 °C en temperaturas aéreas superficiales globales, en una escala de décadas. Cambios en los patrones regionales de temperatura y precipitaciones similares a los experimentos de equilibrio (Cáceres, 1995).

Como conclusión, la temperatura global promedio podría aumentar entre 2 y 4 °C para el año 2100, si el desarrollo global continúa a los ritmos actuales. Si las naciones no actúan, el mundo podrá experimentar "Númerosos impactos adversos como resultado del calentamiento global futuro" (PNCA, 1999).

### **2.2.4.2 Agricultura**

Tanto a largo del cambio climático y los cambios extremos en el clima tendrían importantes implicaciones para la productividad económica del sector boliviano. El sector se verá afectado por dos principales relacionados con el agua los riegos climáticos (IPCC, 2001).

Cline (2007), demuestra que la producción agrícola puede disminuir en Bolivia por tanto como entre 15 y el 25%. Parte de esta reducción en el rendimiento, sin embargo, ser compensado por los efectos de fertilización de carbono. El cambio climático ahora pone

más énfasis en la agricultura, debido principalmente a los cambios esperados en la temperatura y los patrones de precipitación, y la consiguiente dificultad en el establecimiento y funcionamiento de la tierra y sistemas de gestión del agua. Aunque es evidente que las inundaciones pueden afectar significativamente la producción agrícola, poco se sabe sobre el incremento futuro de los daños más frecuentes los fenómenos extremos.

### **2.2.5 Impactos del cambio climático en el cultivo**

A nivel mundial los impactos del cambio climático para el cultivo de haba, se pueden mencionar como las escasas precipitaciones y altas temperaturas en las provincias Cotopaxi y Quero de Ecuador (SENAMHI, 2004). Los bajos rendimientos de producción, la disminución de la calidad y cantidad va afectando a las familias campesinas.

En un periodo inicial, las variedades introducidas que logran un nivel de adaptación en las condiciones climáticas del altiplano y medianamente responden a las costumbres y realidad socio cultural del altiplano, son difundidas se proyecta el desarrollo actual según (Coca, 2001).

PROINPA (2001), menciona las estrategias campesinas en la comunidad de Tapacari del Departamento de Cochabamba, en donde citan en su publicación, los problemas climáticos para el cultivo de haba, son los siguientes:

- ❖ *Helada*, en el mes de diciembre cuando las plantitas están empezando a crecer, cuando hay buena humedad las plantas se recuperan.
- ❖ *Granizada*, se presentan en el periodo de floración y también cerca de la madurez de la papa.
- ❖ *Sequía*, se presenta en cualquier época de desarrollo de las plantas; a veces después de la siembra, en la brotación, entonces las plantas no crecen y aparecen algunas plagas.
- ❖ *Nevada*, se presenta cerca de la cosecha, más o menos después de carnaval son perjudiciales para todos los cultivos; en el caso de la papa ayudan a que aparezcan más verrugas. Pero si se presentan entre julio y agosto son buenos.

### **2.2.6 Adaptación**

IPPC (2001), menciona la adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulo climático proyectado o real, o sus efectos, que puedan moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos.

Cáceres (1995), menciona el papel que deben desempeñar los países en desarrollo sigue siendo objeto de debate y los resultados serán cruciales dado el rápido incremento de sus emisiones. Pero se ha prestado mucho menos atención a lo que los países en desarrollo deberían hacer para adaptarse a las consecuencias. Esto es particularmente inquietante pues el cambio climático tiene efectos sobre la pobreza y el desarrollo.

El mismo autor menciona que agravará la mala nutrición y escasez de agua en muchas zonas, aumentando, a su vez, la incidencia de las enfermedades de transmisión vectorial (como la malaria y la fiebre del dengue) e hídrica (como el cólera).

MDSP (2002), menciona la adaptación al cambio climático, es en gran parte un proceso continuo que involucra la capacidad de ajuste de la sociedad a los riesgos emergentes por el cambio climático que debe estar integrada al desarrollo sostenible. En estos riesgos no solamente incluyen los eventos climáticos extremos (inundaciones, granizadas, sequías, etc.) sino también un efecto crónico ya sea de elevación de temperatura o variación de la precipitación.

### **2.2.7 Opciones de adaptación**

MDSP (2002), cita que la mayor parte de los estudios realizados tanto en el marco del IPCC como los estudios nacionales sugieren la implementación de medidas de adaptación que se pueden resumir en tres grandes grupos de medidas de adaptación para la agricultura.

- ❖ Riego adicional para reducir la dependencia de la agricultura de acrecentada variabilidad climática.
- ❖ Cambios en las fechas de siembra Fondos de contingencias y sistemas financieros de seguro para responder a situaciones de emergencia.
- ❖ Introducción de especies mejoradas y mejor adaptadas a condiciones climáticas nuevas y uso de biotecnología para enfrentar plagas y enfermedades.

## **2.2.8 Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático**

MDSMA-PNCC (2000), mencionan en los últimos años, a escala mundial, regional y local se ha venido percibiendo una serie de cambios en temperaturas y patrones de precipitación, provocando alteraciones en diferentes ecosistemas, entre los cuales algunos están en proceso de adecuarse a estas modificaciones, mientras en otros la adaptación no es posible.

En el mismo documento se menciona los hechos plausibles del Gobierno Boliviano emprendió una segunda tarea referida al análisis de vulnerabilidad y adaptación de los ecosistemas, sectores y recursos más importantes, entre ellos el Agrícola y los Recursos Hídricos, los cuales además de ser afectados por las elevadas concentraciones de GEI en la atmósfera que intensifican el efecto invernadero natural, resultado de un amplio rango de actividades antropogénicas, son amenazados también por la fuerte presión que ejercen sobre ellos las actividades humanas a través del aprovechamiento no sostenible del suelo, el agua, la flora y la fauna.

### **2.2.8.1 Recursos hídricos**

MDSMA-PNCC (2000), mencionan que los recursos hídricos que posee Bolivia son muy importantes económica y socialmente, ya que de ellos dependen en gran medida la generación de energía eléctrica, los sistemas de riego, la cría de animales, el abastecimiento de agua en centros urbanos y rurales, etc. Dada esta importancia se han desarrollado análisis de aproximación de las implicancias del cambio climático en este sector y como tendencia general.

En el mismo documento se indica que en el caso de que se dieran escenarios incrementales de cambio climático, donde simultáneamente se incrementa la temperatura y disminuye la precipitación, se observa en general reducciones en la producción y disminución de los caudales en las diferentes cuencas estudiadas.

## **2.3 Importancia del uso de agua para el cultivo**

### **2.3.1 Eficiencia en el uso del agua**

La eficiencia del uso del agua es la cantidad en volumen de agua aportada o consumida para sintetizar un kilogramo de materia seca, citado por Kramer (1983), indica que la eficiencia varía entre 200 y 500 l/kg o más dependiendo de las peculiaridades del clima, cultivo, suelo y otros. El haba es un usuario eficiente, que le corresponde 349 l/kg (Llanos, 1984).

Kramer (1983), señala que el método más prometedor para obtener una eficacia mayor del uso del agua, no consiste en reducir el uso del agua, sino en fomentar la producción de materia seca. El mismo afirma, que la frecuencia y profundidad de riego y de la lluvia tienen un efecto pronunciado sobre el rendimiento del grano; da un ejemplo, donde el rendimiento puede aumentar al aumentar la frecuencia del riego, pero el rendimiento por unidad de agua aplicada puede reducirse con altos coeficientes de irrigación.

### **2.3.2 Uso del agua en la agricultura en Bolivia**

El uso del agua en la agricultura, como se emplea por medio de sistemas de riego, en nuestro país es de limitado aprovechamiento. Contamos con recursos hídricos superficiales y subterráneos abundantes en las tres vertientes Amazonas, Plata y Cuenca Endorreica, la utilización de estos recursos está limitada por la dificultad de derivar agua para explotación agrícola en las zonas donde la concentración poblacional, desarrollo de mercados y presencia de infraestructura básica (Cubero y Moreno, 1983).

La mayoría de las tierras regadas, están ubicadas en las regiones áridas y semiáridas del altiplano, cabeceras de valles y valles. De un modo general las prácticas de riego en la parte andina son deficientes y la mayoría de los agricultores utilizan métodos primitivos de producción con poco uso de insumos agrícolas modernos. La utilización del agua y las prácticas de manejo de los suelos, son mal comprendidas y aplicadas, lo que ocasiona bajos rendimientos y retornos económicos limitados (Montes de Oca, 2005).

### **2.3.3 El agua y el suelo**

Calvache (1984), concuerdan que el suelo es un sistema poroso y posee propiedades de retener y transmitir el agua en mayor o menor cantidad en función de sus características

físico- químicas, físico-mecánicas. Biológicas, propiedades hídricas, térmicas de aireación, eléctricas y radiactivas, etc. Que difieren en el perfil del suelo, también explican que el agua del suelo se encuentra generalmente en movimiento. De esta manera, cuando se adiciona una determinada cantidad de agua en el suelo por irrigación o lluvia, esta penetra y se distribuye en el interior del perfil. Si esta cantidad adicionada, excede a la capacidad de infiltración del suelo, su exceso se mueve lentamente sobre su superficie.

#### **2.3.4 Calidad de agua**

Ayres (1984), menciona el concepto de calidad de agua se refiere a las características de las aguas que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, en otras palabras, la relación entre la calidad del agua y las necesidades físicas, químicas y biológicas. En la evolución de calidad de agua para riego, se tiene en cuenta sobre todo las características químicas y físicas.

Por otro lado Vásquez y Torres (1992), indica que la calidad del agua de riego está determinada por la composición y concentración de los diferentes elementos que pueda tener, ya sea en solución o en suspensión. Las características que determinan la calidad del agua de riego son: concentración total de sales solubles, concentración relativa de sodio, concentración de boro u otros elementos tóxicos, concentración total de sólidos en suspensión, presencia de semillas de malezas, larvas o huevos de insectos, dureza del agua, determinada por la concentración de bicarbonatos.

#### **2.3.5 Necesidades hídricas de cultivo de haba**

En cuanto a las necesidades hídricas de la haba, Tapia *et al.*, (1997), indica que en la región andina, se tiene una disponibilidad de agua de 550 mm, producto de las precipitaciones estacionales que se registran anualmente, mientras que en los suelos limosos típicos de los valles interandinos puede disponerse de hasta 700 mm, para un rendimiento aproximado de 1590 kg/ha; en cambio en Colorado, USA, en experimentos realizados con haba sobre un suelo limo arenoso llegó a obtener rendimientos de grano de hasta 1439 kg/ha, con un aporte total de agua de riego y de lluvia de 308 mm.

Morales (1993); citado por Ramos (1999), determinó mediante lisímetros, que el uso consuntivo de la haba hasta madurez fisiológica es de 523 mm, mientras Choquecallata (1993), determinó valores aproximados de 468 y 500 mm. Ambos investigadores reportaron

que en los meses de enero y febrero (fases fenológicas de floración y grano lechoso) se dan los valores máximos de evapotranspiración de esta especie.

**CUADRO 4. REQUERIMIENTOS DE AGUA EN TODO EL CICLO VEGETATIVO OSCILAN ENTRE 500 y 800 mm.**

<b>Necesidad media diarias</b>	<b>Estado de crecimiento</b>	<b>Condiciones atmosféricas</b>
2 a 3 mm/día	Desde que emerge hasta una altura de 30 a 40 cm.	La temperatura, insolación y humedad no son extremas
Hasta 10 mm/día o mas	Estado de botón floral, fructificación y llenado de grano.	La transpiración y evaporación son relativamente bajas.

**Fuente:** Llanos, 1984

De acuerdo a Llanos (1984), el cuadro 4 exhibe las necesidades de agua máxima y mínima. Afirma que conforme pasan los días la ETP va aumentando; en los cinco semanas siguientes al estado de botón floral, las plantas precisan disponer aproximadamente de la mitad del total de agua utilizada todo el ciclo de cultivo.

### **2.3.6 Disponibilidad del agua en el suelo para la planta**

A la relación entre las cantidades de agua requeridas por el cultivo se le llama “relación de transpiración”, que puede definirse como el Número de kilogramos de agua necesaria para producir cada kilogramo de materia seca sin incluir las raíces. Las necesidades de agua en las plantas varían mucho con los cambios en los factores como: la intensidad de la luz, humedad del aire, velocidad del viento, temperatura, humedad aprovechable y la cantidad de materias nutritivas aprovechables (Alba, 1995).

Para Gurovich (1985), las plantas consumen cientos de toneladas de agua por cada tonelada de crecimiento vegetativo. Las plantas inevitablemente transmiten hacia la atmósfera la mayor parte (más de un 90%) de agua que extraen del suelo. Las plantas pueden vivir en una atmósfera saturada con un 100% de humedad relativa, con muy pocos requerimientos de transpiración. La transpiración esta causada, más que por el crecimiento de los vegetales, por un gradiente de presión de vapor entre las hojas y la atmósfera que las rodea.

### 2.3.7 Absorción de agua

En la parte terminal de cada raíz o raicilla, la planta tiene una gran superficie de absorción formada por muchos pelos que están en contacto directo con las partículas del suelo y con los espacios de aire. Mediante la fuerza osmótica y otras, estos extraen la humedad de la película acuosa que envuelve cada partícula del suelo. Para tal efecto la planta debe tener un potencial de agua menor que el del suelo. Slatyer, citado por kramer (1974), explica que el agotamiento se produce cuando existe un equilibrio dinámico entre el potencial hídrico del suelo y de la planta.

Existe una serie de teorías respecto a la absorción de agua por la raíz de las plantas. citado por Calvache (1984), resalta dos escuelas: las que admiten que la absorción es pasiva, es decir, no requiere gasto de energía biológica, tratándose solamente de un flujo debido al gradiente de potencial; y la otra, que admite un proceso de absorción activo que implica gasto de energía metálica.

### 2.3.8 Eficiencia de riego

Para juzgar el desempeño o manejo de un sistema de riego, Walker (1990), señala los siguientes términos: La eficiencia de aplicación (**Eap**) y la eficiencia de almacenamiento (**Eal**), definidas como:

$$E_{ap} = \frac{\text{Volumen de agua aplicada a la zona radicular}}{\text{Volumen de agua aplicada al campo}}$$

$$E_{al} = \frac{\text{Volumen de agua aplicada a la zona de almacenamiento de la raíz}}{\text{Volumen de almacenamiento potencial del suelo}}$$

El mismo autor indica que la eficiencia de aplicación es lo más importante en términos de diseño y manejo, refleja la pérdida de agua pero no indica como y donde. Dos definiciones describen este hecho; la pérdida por percolación profunda (**Dpr**) y la pérdida por escurrimiento superficial (**Des**):

$$D_{pr} = \frac{\text{Volumen de percolacion}}{\text{Volumen de agua aplicada al campo}}$$

$$Des = \frac{\text{Volumen de escurrimiento}}{\text{Volumen aplicada al campo}}$$

La homogeneidad de aplicación de agua entre todos los sectores del perfil del suelo de la parcela queda definida por la uniformidad de distribución (**Ud**). Merriam y Keller, citado por Walker (1990), propone la siguiente expresión.

$$Ud = \frac{\text{Lamina infiltracion promedio de la cuarta parte del campo con menor lamina infiltrado}}{\text{Promedio infiltrado en todo el campo}}$$

Otros términos, citada por Gurovich (1985), para describir la eficiencia de rendimiento (**E rend**), y la eficiencia de uso de agua (**Eu**), son:

$$E \text{ rend} = \frac{\text{Peso seco o comercial (rendimiento)}}{\text{Agua aplicada en la estacion de cultivo}}$$

$$E u = \frac{\text{Peso seco o comercial (rendimiento)}}{\text{Carga de agua evapotranspirada (uso consuntivo)}}$$

## 2.4 Proceso de la evapotranspiración

### 2.4.1 Determinación de las necesidades de agua de un cultivo

Para calcular los requerimientos de riego de cualquier cultivo bajo las condiciones prevalentes de lluvia de una localidad dada, se debe: (i) determinar la evapotranspiración de referencia (Eto), (ii) usar el coeficiente de cultivo (Kc) para calcular la evapotranspiración máxima de cultivo (Etc) y (iii) relacionar la Etc con la precipitación para obtener los requerimientos netos de riego; la inexactitud del cálculo de estos pasos hace que los valores determinados de los requerimientos de riego sean deficientes, resultando en un sobre o subdimensionamiento de los sistemas de riego (García, 2003)

### 2.4.2 Evapotranspiración

La evapotranspiración incluye dos procesos distintos por el cual se pierde agua; una de carácter físico y otra de carácter fisiológico, que son la evaporación de agua del suelo y la transpiración de la plantas (Allen *et al.*, 2006). La transpiración, o pérdida de agua en

estado de vapor por la planta, es un fenómeno común en todas las plantas (Barcelo *et al.*, 1988).

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir estos dos procesos. En la primera etapa del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte al proceso principal (Allen *et al.*, 2006)

El mismo autor indica que el concepto general de evapotranspiración, se puede distinguir dos conceptos: la evapotranspiración de cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) y la evapotranspiración del cultivo ET<sub>c</sub>.

#### **2.4.2.1 Evaporación de referencia (ET<sub>o</sub>)**

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración de referencia y se denomina ET<sub>o</sub>. La superficie de referencia es un cultivo hipotético de pasto, con una altura asumida de 0.12 m, con una resistencia superficial fija de 70 s/m y un albedo de 0.23 (Allen *et al.*, 2006).

El mismo autor indica que la evapotranspiración del cultivo puede ser calculada a partir de datos climáticos e integrando directamente los factores de resistencia del cultivo, el albedo y la resistencia del aire en el enfoque de Penman-Monteith. Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método Penman-monteith se utiliza solo para la estimación de la tasa de evaporación del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>).

#### **2.4.2.2 Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>)**

Allen *et al.*, (2006), señala que las necesidades de agua del cultivo se refiere a la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo como riego o precipitación, mientras que la evapotranspiración del cultivo se refiere a la cantidad de agua Pérdida a través de la evapotranspiración.

### 2.4.3 Coeficiente de cultivo Kc

La relación  $ET_c/ET_o$  puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), y se utiliza para relacionar  $ET_c$  y  $ET_o$  de manera que  $ET_c = K_c \times ET_o$  (García, 2003).

Los efectos combinados de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo se integran en el coeficiente de cultivo. El coeficiente  $K_c$  incorpora las características del cultivo y los efectos promedios de la evaporación en el suelo. Para la planificación normal del riego y propósito de manejo, para la definición de calendarios básicos de riego y para la mayoría de los estudios de balance hídrico, los coeficientes promedios del cultivos son apropiados y mas convenientes que los valores de  $K_c$  calculados con base diaria usando coeficientes separados de cultivo y suelo (Allen *et al.*, 2006).

#### 2.4.3.1 Infiltración

La infiltración, define Aparecio (1989), es el movimiento del agua a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por las fuerzas gravitacionales y capilares, donde una parte del es retenido por el suelo y la otra es conducido a través del perfil del suelo. Vásquez y Torres (1992), precisa, como la entrada vertical del agua en el perfil del suelo. La infiltración se determina según la formula de (Aidarov *et al.*, 1982).

$$I_t = Kt^n$$

Donde:

$I_t$  = Velocidad de absorción al final del tiempo t.

K = Velocidad de absorción al final de la primera unidad de t.

t = Tiempo al final del cual se determina K.

n = parámetro que caracteriza la infiltración.

Grass (1990) y Gurovich (1985), indican que la disminución de la velocidad de infiltración es consecuencia principalmente de una disminución inevitable del gradiente de succión matricial o diferencia de potencial a través del frente de mojadura, esto ocurre a medida que tiene lugar el proceso.

De acuerdo a los mismos autores indica que los factores mas importantes que afectan a la infiltración son:

- ❖ **Clima:** aguas meteóricas es estado solido, liquido; temperatura etc.
- ❖ **Suelo:** a) propiedades físicas: horizontes, textura, estructura, conductividad, etc.; b) propiedades químicas: tipo de arcilla, materia orgánica, salinidad, etc.
- ❖ **Agrotecnia:** practicas culturales, maquinaria, etc.; Agua de riego: Carga hidrostática, método de riego, etc.
- ❖ **Topografía:** relieve, pendiente, etc.

Stransburg *et al.*, (1977), indica que cada clase de suelo tiene sus propias característica de infiltración pero las diferencias entre algunos suelos son pequeñas, que para objetos de diseño, varios suelos pueden considerarse del mismo grupo o **familia de infiltración**.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Localización**

##### **3.1.1 Ubicación geográfica**

El presente estudio de investigación se ubicó al Noreste del Departamento de La Paz en el Municipio de Ancoraimes comunidad Huanquisco Canta, la cual se encuentra a una distancia de 145 km de la ciudad de La Paz; el área de estudio se localiza geográficamente entre las coordenadas 15° 53' 08" Latitud Sur y 68° 48' 47" Longitud Oeste del meridiano de Greenwich a una altura de 4115 msnm.

##### **3.1.2 Características Ecológicas**

###### **3.1.2.1 Clima**

En la región del Altiplano Norte, donde se llevó a cabo el trabajo de investigación se caracteriza por tener clima frío. Según los datos climáticos del Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica (SENAMHI, 2004) de la estación meteorológica de Ancoraimes comunidad vecina del lugar de estudio, en el periodo agrícola de julio 2007 a junio de 2008, se registro una temperatura media mensual de 8°C, una precipitación anual de 443 mm y vientos predominantes con dirección del Noreste al Sudoeste a una velocidad promedio de 6 nudos.

###### **3.1.3 Vegetación**

Se identificó gran parte de las especies identificadas por los productores, que se tiene diferentes usos como ser: medicina, fuente de energía (leña), forrajes y a continuación se detalla las especies nativas de la comunidad de acuerdo (Unzueta, 1978).

Ñacathola (*Baccharis incarum*), Th'ola (*Heterotha lemus bolivianensis*), Khoa (*Parastrephia liciida*), Chillca (*Senecio pampae*), Mostaza (*Brassica campesitris*), Sankayo (*Lobivia penthandii*), Airampu (*Opuntia cochabambensis*), Leche Leche (*Sapium boliviensis*), Añahuaya (*Adesmia spinosissima*), Yauri Sauri (*Erodium cicutarum*), Q'ora (*Geranium spp.*), Cebadilla (*Bromus unioloides*), Sehuenca (*Cortaderia rudiusscula*), Ch'iji (*Distichlis humilis*), Chilliwa (*Festuca dolichophylla*), Sicuya (*Stipa ichu*), Sillu Sillu (*Lachemilla*

*pinnata*), Keñua (*Polylepis incana*), Kiswara (*Buddleja coriácea*), Itapallo (*Urtica echinata*), Zapatilla (*Calceolaria parvifolia*), Kanlla (*Tetraglochin cristatum*).

#### **3.1.4 Fisiografía de la zona**

Unzueta (1978), indica que Ancoraimes se encuentra en la región Volcánica, complejo montañoso de la cordillera de Muñecas, porque en sus proximidades se hallan enclavadas poblaciones como Chuma, Mocomoco y Ayata, en conjunto forman un paisaje muy pintoresco la mayoría de las comunidades se encuentran en la región Altiplanica paisajes, que constituye una extensa cuenca cerrada, ubicada entre la Cordillera Andes Orientales por el Este y el Complejo Volcánico por el Oeste, cerca a Lago Titicaca se destacan escarpes de glaciares y terrazas conformadas por antiguos sedimentos y terrazas fluvio lacustre.

Ancoraimes es un Municipio en la cual se pueden encontrar dos contrastes; geográficos y ecológicos e indudablemente su vegetación natural y suelos para el aprovechamiento por los productores de la zona, de los recursos con que disponen. En el Municipio se cuenta con dos regiones: piso subalpino y piso montano (PDM de Ancoraimes/2005).

En el mismo documento indica que la comunidad se encuentra en la Cordillera Oriental en el que se ha identificado las siguientes unidades fisiográficas: montañas, serranías y pie de monte.

#### **3.1.5 Suelos**

Se caracteriza por presentar suelos poco profundos a superficiales en el área de investigación, con suelos intersticiales. El material parental subyacente constituye principalmente por arcillas, que determina una composición granulométrica, tiene una textura franco arcilloso con una capa arable de 30 a 40 cm de profundidad y con una pendiente promedio del 5% del terreno (Montes de Oca, 1992).

#### **3.1.6 Fuentes de agua**

Para el presente estudio, la comunidad de Huanquisco Canta tiene varios lagos, en donde se aprovechan las aguas de las precipitaciones desde las proximidades de la provincia Larecaja. Las aguas escurridas a través de causas naturales y embalsadas en represas como ser laguna (J'iska K'ota y J'acha K'ota) en dirección Oeste – Este hacia los cultivos

convergente por el río (Huanquisco) por canales de riego rudimentario llegando a las parcelas familiares, se recorre una distancia de 3823m hasta llegar a las parcelas de producción.\*

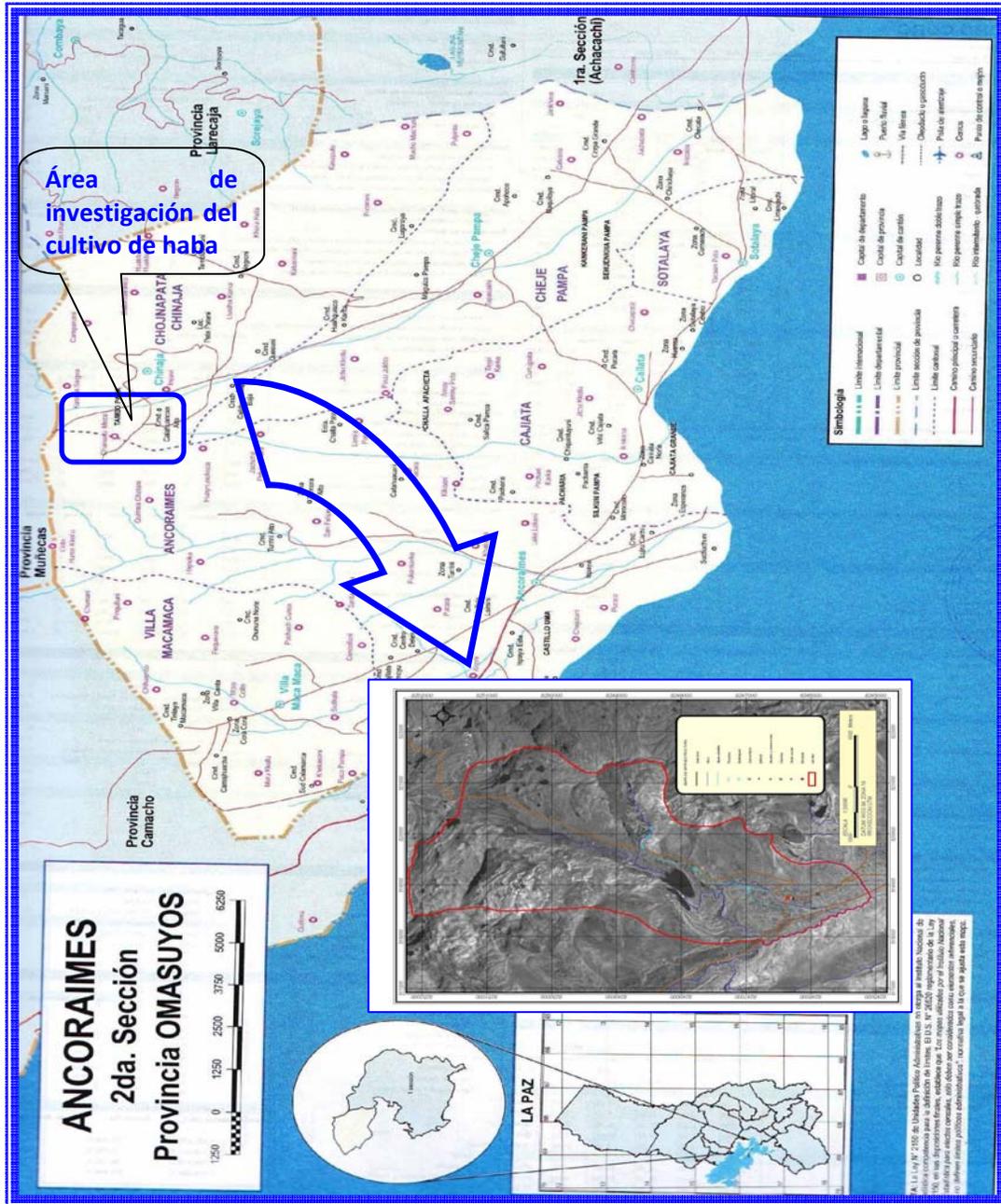


Figura 2. Ubicación de la parcela de investigación

## **3.2 MATERIALES**

### **3.2.1 Materiales de campo**

Estacas de madera, Estiércol, Pala, picota, Rastrillos y Chontilla, Yute, Espátula, Cuchillo, Bolsas de polietileno, Balanza marca KERN CM 320-IN, Cámara fotográfica, Cronometro, Recipiente de plástico, Cordel de 60 metros, Wincha de lona de 50 metros, Flexometro de 5 metros, Barreno con sus prolongaciones, Combo, Marcador indeleble, Planillas de datos, Cuaderno de campo y estación meteorológica.

### **3.2.2 Material vegetal**

El material vegetal utilizado para el trabajo de investigación fueron los siguientes ecotipos de habas:

#### *Ecotipo Morena,*

Sus semillas son de tamaño mediano, de forma aplastada y de color café oscuro, el peso promedio de cada vaina, varia entre 1,70 y 2,30 g son de tamaño mediano, contienen de dos a tres semillas.

#### *Ecotipo Gigante Copacabana*

Sus semillas son de tamaño mediano, de forma aplastada y el peso promedio de cada una varia entre 2,18 y 2,59 g las vainas son de tamaño grande, presenta una dehiscencia moderada y contienen de dos a tres semillas.

#### *Ecotipo Uchucullu*

Sus semillas son de tamaño pequeño, color rojizo con manchas amarillas, de forma elipsoidal y pesa en promedio entre 1,06 y 1,23 g cada una, sus vainas son pequeñas, miden 8 y 10 cm de largo y contienen tres a cuatro semillas.

#### *Ecotipo Usnayo*

Sus semillas son de tamaño grande, alcanzando un peso promedio por semilla de entre 2,68 y 3,40 g sus vainas relativamente grandes, miden entre 12 y 18 cm de largo y contienen de tres a cuatro semillas; estas miden entre 3 y 3.5 cm de largo.

### *Ecotipo Habilla de esquenía*

Sus semillas son de tamaño pequeño, color variado desde rojizo hasta verduzco, de forma elipsoidal y pesa en promedio entre 1,06 y 1,23 g cada una, sus vainas son pequeñas, miden 8 y 10 cm de largo y contienen tres a cuatro semillas.

#### **3.2.3 Materiales de laboratorio**

Probetas, Pipetas, Varilla de vidrio, Vasos de precipitados, Ph-conductivímetro marca OAKTON, Mufla, Ollas de Richard, Balanza de precisión, Agitador eléctrico, madera, Hidrómetro, Termómetro, Cronómetro, Cápsulas de aluminio, Tamiz, Cuaderno de datos, Marcador indeleble, Espátula, Hexmetafosfato de sodio, Piezómetros, Agua destilada y Acido clorhidrico al 15%.

#### **3.2.4 Materiales de gabinete**

Cámara fotográfica digital, computadora, impresora, planilla de registro de pluviométrico, temperaturas máximas, mínimas, Psicómetro, Anemómetro, Humedad gravimétrica, cides, calculadora y bolígrafos.

### **3.3 MÉTODOS**

La metodología aplicada para la evaluación de cada unidad experimental, fue el análisis, síntesis, cronológico; además que se utilizó métodos de riego para la evaluación, de cada uno de las unidades experimentales en donde, fue precisa y completa.

De acuerdo a los objetivos establecidos, se realizó el trabajo de investigación en la sub – cuenca de Ancoraimas, para tal efecto se aplicó el diseño de bloques completamente al azar en arreglo en parcelas subdivididas con cuatro bloques, con la implementación de métodos de riego, épocas de siembra con cinco ecotípos de haba.

#### **3.3.1 Diagnóstico de la parcela de investigación**

Para establecer la parcela de investigación se realizó un análisis histórico, en donde se consultó al propietario de la parcela sobre la rotación de cultivos practicados, entonces mencionó que desde el año 1981 se siembra sin descanso, pero en el año 2004 sembró papa después oca continuó con cebada, también se detecto fuentes de infestación como

gorgojo de los andes (*Permmotrypes latilorax*); polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*); mancha de chocolate (*Botrytis fabae*); pulgón (*Aphis fabae*).

### **3.3.2 Identificación de la parcela**

En el presente trabajo de investigación, se identificó la unidad de acción y producción contemplando en la búsqueda de datos representativos en el cultivo de haba, consistió en dos parcelas grandes con métodos de riego, en tres épocas de siembra, con cinco ecotípos de haba.

### **3.3.3 Evaluación climatológica**

La recolección de los datos climáticos de la gestión agrícola 2007 – 2008, se obtuvo del sensor climatológico automático Devis Weather Wizard III, instalada en la parcela de investigación que contenía los accesorios de medición de clima: sensores térmicos (que miden las temperaturas máximas y mínimas) y pluviómetro (que mide la precipitación).

### **3.3.4 Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó durante el mes de mayo con roturación, después se hizo el mullido y la nivelación en el transcurso del mes de agosto, que esta estrechamente relacionada con la humedad del suelo.

### **3.3.5 Siembra en la parcela de investigación**

Se realizó las siembras, según cronograma en las siguientes fechas: para la primera época de siembra fué 5 de septiembre de 2007; para la segunda 15 de octubre de 2007 y la tercera época de siembra 25 de Noviembre de 2007 con una frecuencia de 40 días, en la parcela de investigación del cultivo de haba tuvo una superficie de 720 m<sup>2</sup>, la semilla utilizada fue procedente de la comunidad de Copacabana con los ecotípos de haba (gigante Copacabana, Usmayo, Morena y Uchucullo), también se tuvo semilla local (habilla de esquenía).

### 3.3.5.1 Métodos de riego

### 3.3.5.2 Condiciones a secano

La evaluación del método de riego consistió en la caracterización y descripción de la operación de método de riego; para este fin se determinó los siguientes parámetros (Aidarov *et al.*, 1982).

- i. Organización del servicio de operación
- ii. Planificación de la operación
- iii. Distribución física del agua

### 3.3.5.3 Aplicación de riego a nivel parcela

Para la evaluación del riego parcelario – método de riego por inundación, se consideraron los siguientes parámetros (Alvarez, 1985).

#### i. Eficiencia de conducción del canal de riego (aforo de caudales).

Se realizó la medición de caudal en la entrada y salida del agua en la parcela de investigación, durante el turno de riego, con un aforador de balde graduada. La utilización de estos aforadores se lo realizó por la variación del caudal y por la comodidad de medición en los canales irregulares.

$$Ec = \frac{Qf}{Qi} \times 100$$

**Donde:**

Ec = Eficiencia de conducción (%)

Qi = Caudal de medición inicial (lt/s)

Qf = Caudal de medición final (lt/s)

Para la determinación de los caudales tanto para la evaluación, como la eficiencia de conducción y lámina de riego se empleó los métodos de balde y parshall (Alvarez, 1985).

#### Aforador Parshall

Para la utilización de este método, primeramente se realizó en el lugar de estudio a través de un desvío del agua del canal, para recibir en recipientes de volumen conocido y tomando

diferentes medidas de alturas. Posteriormente se obtuvo a través de regresión y correlación la fórmula para determinar el caudal en función de la altura medida en campo.

Fórmula establecida en la calibración del aforador Parshall (Aparecio, 1989).

$$Q = 0.36612 (H)^{1.15972}$$

**Donde:**

Q = Caudal (lt/s)

H = Altura de agua (cm)

## ii. Lámina de riego

### a) Lámina neta

$$Z_n = \frac{(CC - PMP)}{100} * D_{ap} * Prof * f$$

**Donde:**

Z<sub>n</sub> = Lámina neta de agua aplicar por riego (mm)

CC = Capacidad de Campo

PMP = Punto Marchitez Permenete

D<sub>ap</sub> = Densidad Aparente (g/cc)

Prof = Profundidad radicular efectiva (cm)

f = Francion de agotamiento del cultivo (%)

### b) Lámina bruta

$$L_b = \frac{Q * T}{A}$$

**Donde:**

L<sub>b</sub> = Lámina bruta de riego (mm)

Q = Caudal a la entrada de la parcela (l/s)

T = Tiempo de riego en la parcela (min)

A = Area de la parcela de riego (m<sup>2</sup>)

### c) Lámina de riego almacenado

$$L_r = \frac{\%CC}{100} * D_{ap} * prof$$

**Donde:**

L<sub>r</sub> = Lámina de riego almacenado (mm)

%CC = Capacidad de campo en peso

D<sub>ap</sub> = Densidad aparente (g/cc)

Prof = Profundidad de humedecimiento (cm)

### d) Pérdida por escurrimiento

$$PE = \frac{(L_b - L_r)}{L_b} * 100$$

**Donde:**

PE = Pérdida por escurrimiento (%)

### iii. Eficiencia de aplicación de riego (%)

$$ER = \frac{Lr}{Lb} * 100$$

**Donde:**

ER = Eficiencia de riego (%)

Lr = Lámina de riego almacenado (mm)

Lb = Lámina bruta de riego (mm)

### iv. Necesidad de riego

Este parámetro se obtuvo, de los datos agroclimáticos y edáficos. Los datos de clima se alcanzó obtener de la estación meteorológica instalada en la parcela del cultivo; los resultados edáficos, CC, PMP y Dap fue a través de análisis de laboratorio de la Facultad de Agronomía.

#### a) Tiempo de riego

$$T = \frac{Zn}{IB}$$

**Donde:**

T = Tiempo de riego (h)

Zn = Lámina neta (mm)

IB = Infiltración básica (mm/h)

#### b) Frecuencia de riego

$$F = \frac{Zn}{ETc}$$

**Donde:**

Zn = Lámina neta (mm)

F = Frecuencia de riego (día)

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

En la toma de datos se utilizó: planilla de datos, regla de 50 centímetros, bolígrafos, tablero, cuaderno de anotación para la toma de datos de la humedad de suelo se utilizó barreno, bolsas de nylon, balanza electrónica y mufla.

### 3.3.6 Descripción del método de riego

Para conseguir este objetivo, según los métodos de riego evaluados, se realizó un levantamiento de información respecto a operación de riego y características del riego parcelario. Asimismo, para la obtención de información base acerca de las características físicas de suelos, como infiltración, Densidad aparente, Densidad Real, Porcentaje de Porosidad, Humedad de suelo a Capacidad de Campo y Punto Marchitez Permanente se realizaron los siguientes trabajos.

### **3.3.6.1 Pruebas de infiltración**

El método utilizado fué del cilindro infiltrómetro; el cual consiste en el empleo de dos cilindros metálicos, uno interno y otro externo (conocido como cilindro amortiguador o “Bufér”). Asimismo la prueba se realizó, en dos mediciones por área de ensayo, para obtener mayor confiabilidad en los resultados. La clasificación de infiltración se baso en el parámetro de USDA (1971).

### **3.3.6.2 Muestreo de suelos**

La toma de muestras de suelo se efectuó durante todo el periodo del cultivo. Se llegó ha muestrear con la finalidad de obtener una representatividad del suelo, de cada tratamiento con una frecuencia de quince días. También se utilizó para realizar análisis de Dap, Dr, Porcentaje de Porosidad, Humedad de suelo a Capacidad de Campo y Punto Marchitez Permanente

### **3.3.7 Seguimiento al cultivo de haba**

El seguimiento de la parcela de investigación de cultivo de haba se realizó cada quince días, desde la emergencia de la planta hasta la cosecha, las evaluaciones en la parcela de investigación fueron la toma de datos fenológicos, morfológicas y agronómicos.

Para el cual se utilizaron planillas de datos, regla de 50 cm, cámara fotográfica, marcadores indelebles.

Para la toma de dato de la humedad de suelo, se utilizo barreno, combo, bolsas de polietileno, balanza electrónica.

### **3.3.8 Labores culturales**

Se realizaron los siguientes labores culturales: Raleo, deshierbe y control de plagas y enfermedades como se detalla a continuación.

#### **❖ Raleo**

El raleo es una actividad para eliminar aquellas plantas indeseables en el cultivo y se las realizó desde la etapa de 5 hojas verdaderas en forma manual.

### ❖ **Deshierbe**

El deshierbe se realizó manualmente, en todo el ciclo vegetativo, mucho mas en los tratamientos de riego, encontrándose una proliferación excesiva de malezas como el mostaza (*Brassica campestris*), trébol (*Trifolium pratense*) diente de león (*Taraxacum officinale*) bolsa bolsa (*Capsela bursapastoris*), q'ora (*Tarasa tenella*), reloj reloj (*Erodium parvifolia*), muña (*Satureja parvifolia*) y cebadilla (*Bromus unioloides*).

### ❖ **Control de plagas y enfermedades**

En las diferentes unidades experimentales se presentaron plagas importantes como ser; Pulgones (*Aphis fabae*) que se dio en la fase de floración, también se tuvo Ticonas (*Spodoptera sp.*) que se presentó en la fase de grano lechoso a grano pastoso.

En cuanto a las enfermedades, se tuvo la mancha de chocolate (*Botrytis fabae*) en la fase de floración y estado de grano lechoso. Para el control de estas plagas y las enfermedades se realizaron las aplicaciones fitosanitarias. Con el fungicida, sulfato de Azufre de acción sistémica, en una dosis de 50 g/mochila de agua.

### **3.3.9 Cosecha y postcosecha**

La cosecha se efectuó de forma manual con hoz, cuando la planta llego a madurez fisiológica, se cosecharon los surcos centrales dejándose como efecto de bordura 50 cm a cada extremo del surco.

Después de postcosecha se efectuó el trillado en forma manual mediante golpes, el venteado y el limpiado del grano, se realizó con la ayuda de zarandas y recipientes.

### **3.3.10 Diseño de investigación**

Una vez elegida la parcela, se efectuado el estudio y seguimiento estricto, en cada tratamientos, se ubicaron dos grandes parcelas en donde se estudio dos métodos de riego cada uno de ellos en una superficie de 360 m<sup>2</sup> en cada uno de las parcelas grandes se tiene tres parcelas medianas se constituye las tres épocas de siembra en una superficie de 120 m<sup>2</sup> dentro de las parcelas mencionadas se tiene parcela pequeñas con el estudio del factor de cinco ecotípos de haba ver (Anexo 1).

### 3.3.10.1 Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar en arreglo en parcelas subdivididas con cuatro bloques o repeticiones, donde se compararon métodos de riego, épocas de siembra y ecotípos de haba las parcela principal fue constituidas por los métodos de riego, la sub parcelas por las épocas de siembra y la sub parcela por ecotípos de haba. Los promedios de los resultados fueron comparados por la prueba de Duncan a un nivel de probabilidad del 5%.

### 3.3.10.2 Modelo estadístico

Se utilizó el siguiente modelo lineal aditivo para el análisis estadístico (Calzada, 1982).

$$\chi_{ijkl} = \mu + \beta_l + \alpha_i + \varepsilon_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_b + \delta_k + (\alpha\delta)_{ik} + (\gamma\delta)_{jk} + (\alpha\gamma\beta)_{ijk} + \varepsilon_c$$

Donde:

$\chi_{ijkl}$  = una observación cualquiera

$\mu$  = media general

$\beta_l$  = efecto de la L-esima bloque

$\alpha_i$  = efecto del i-esima del factor A

$\varepsilon_i$  = error de parcela principal o error de A

$\gamma_j$  = efecto de la J-esima nivel del factor B

$(\alpha\gamma)_{ij}$  = interaccion del i-esima nivel de A con el J-esima nivel de B

$\varepsilon_b$  = error de sub parcela o error de B

$\delta_k$  = efecto del K-esima nivel del factor C

$(\alpha\delta)_{ik}$  = interaccion del i esimo nivel de A con el K-esima nivel de C

$(\gamma\delta)_{jk}$  = interaccion del J-esima nivel de B con el K-esima nivel de C

$(\alpha\gamma\beta)_{ijk}$  = interaccion del i-esima nivel de A con el J-esima nivel de B y el K-esima nivel de C

$\varepsilon_c$  = error de sub sub parcela o error de C

### 3.3.10.3 Factores de estudio

#### Factor A: Métodos de Riego

R1 = Aplicación de Riego

R2 = A seco

#### Factor B: Épocas de Siembras

E1 = Primera Siembra (5/9/2007)

E2 = Segunda Siembra (15/10/2007)

E3 = Tercera Siembra (25/11/2007)

### **Factor C: Ecotipos de Haba**

V1 = Gigante Copacabana

V2 = Morena

V3 = Uchucullo

V4 = Habilla de Esquenía

V5 = Usnayo

En el Anexo 2 se observan las interacciones de los tratamientos con 120 unidades experimentales

### **3.3.11 Variables de respuesta**

#### **3.3.11.1 Variables fenológicas**

##### **❖ Porcentaje de emergencia**

Para determinar este parámetro se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta el momento de la emergencia de 35 días para observar esta fase fenológica en cada unidad experimental.

##### **❖ Días a la floración**

Se contabilizó a los 90 días transcurridos desde la siembra realizada hasta el inicio de la floración, en donde se hizo el conteo por unidad de planta, en cada unidad experimental obteniendo el porcentaje de floración.

##### **❖ Días de llenado de grano de haba**

Se contabilizaron el porcentaje de llenado de grano en cada unidad experimental a los 270 días transcurridos a partir de la siembra.

#### **3.3.11.2 Variables morfológicas**

##### **❖ Altura de planta**

La altura de planta se midió al inicio de la floración, para lo cual se consideraron al azar 10 plantas marbeteadas por unidad experimental. Las mediciones se realizaron desde la base del tallo hasta la inserción de la última hoja apical del tallo.

#### ❖ **Número de tallos por planta**

El número de tallos por planta, se determinó después de la fase de floración, debido que en esta etapa la cantidad de tallos es invariable.

#### ❖ **Número de vainas por planta**

Una vez terminada la fase fenológica del cultivo de haba se realizó la contabilización del número de vainas por planta, no se consideraron las menos de 2cm de longitud, según la metodología de clasificación propuestos por la Oficina Regional de Semillas.

### **3.3.11.3 Variables agronómicas**

#### ❖ **Cobertura foliar**

Esta evaluación se efectuó en las diferentes fases fenológicas, para lo cual se utilizó los surcos centrales, evaluando diez plantas de cada unidad experimental, se realizó la medición con una rejilla de 0.50 x 0.50 m, con diez divisiones. La rejilla se colocó sobre la planta observándose de arriba hacia abajo y contándose el número de cuadros que equivale al porcentaje de cobertura foliar.

#### ❖ **Número de granos**

Para el número de granos por planta, se midió la longitud de grano seco obtenido en la cosecha y se seleccionó por la longitud en grupos (grande, mediano, pequeño).

#### ❖ **Rendimiento**

El rendimiento agronómico se evaluó en los surcos centrales de cada unidad experimental. Los números de grano fueron pesados y contados, una vez realizada la cosecha. Es importante señalar que el rendimiento total es el resultado de la suma de los diferentes tamaños.

### **3.3.12 Análisis económico**

El análisis de económicos de tratamientos de producción, se lo realizo de acuerdo a la metodología de CIMMYT (1988), considerando los siguientes indicadores:

### 3.3.12.1 Costo total

Los costos fijos, constituyen la suma de los costos fijos y los costos variables correspondientes a un proceso productivo.

Para el cálculo del costo se considero costos de preparación de suelo, siembra, labores culturales, cosecha y post – cosecha.

$$\text{Costo total} = \text{costos fijos} + \text{costos variables}$$

### 3.3.12.2 Costos variables

Son costos que varían y tienen (por hectárea), relación con los insumos comprados, la mano de obra y el alquiler de la maquinaria que varían de un tratamiento a otro.

### 3.3.12.3 Costos fijos

Son aquellos costos que no varían en relación al volúmen de producción. Son todos los gastos que el agricultor realiza aunque no se produzca nada. Por ejemplo, los gastos realizados en sueldos de los trabajadores, depreciación del equipo, etc. Por otro lado, se consideraron los rendimientos por épocas de siembra y estrategias de riego utilizados, determinándose los siguientes aspectos económicos:

#### ❖ Ingreso (beneficio)

Para el cálculo del ingreso se utilizo la siguiente formula:

$$\text{Ingreso (Bs.)} = \text{rendimiento (ajustado)} * \text{precio (Bs./ kg)}$$

#### ❖ Beneficio neto

Para determinar el beneficio neto del cultivo se calculo la siguiente relación:

$$\text{Beneficio neto (Bs.)} = \text{ingreso (Bs.)} * \text{costos de producción (Bs.)}$$

### ❖ Relación Beneficio/Costo

Indica el beneficio que se obtiene, mediante la siguiente relación:

$$\frac{\textit{Beneficio}}{\textit{Costo}} > 1 \textit{ existe rentabilidad}$$

$$\frac{\textit{Beneficio}}{\textit{Costo}} = 1 \textit{ no existe perdida ni rentabilidad}$$

$$\frac{\textit{Beneficio}}{\textit{Costo}} < 1 \textit{ existe perdida}$$

Para obtener esta relación se utilizara la siguiente formula:

$$\frac{\textit{Beneficio}}{\textit{Costo}} = \frac{\textit{ingreso (Bs.)}}{\textit{costos de producción (Bs.)}}$$

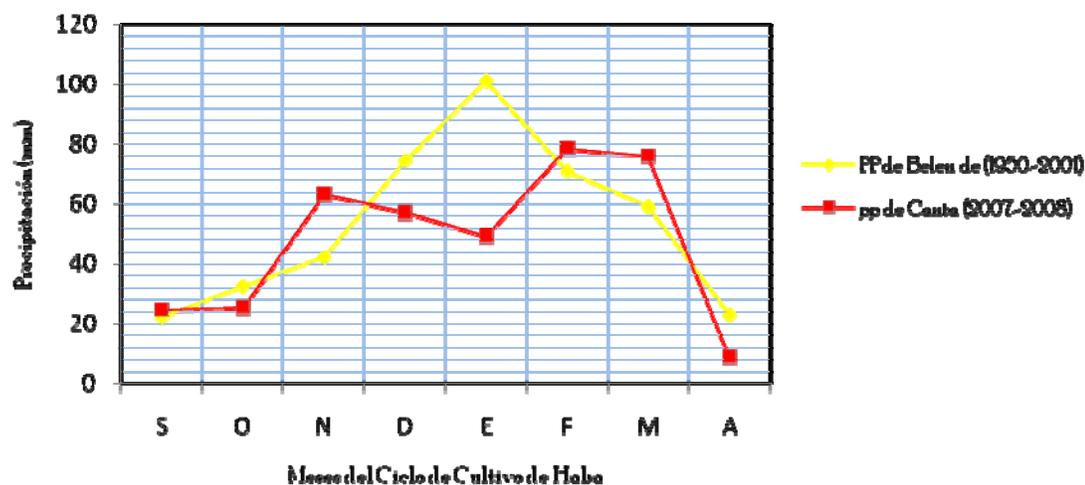
## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Factores climáticos

En la provincia Omasuyos del Municipio de Ancoraimes se encuentra circundada por cantones Y también están agrupadas las comunidades campesinas. Son fundamentalmente agropecuarias, con una población orientada al autoconsumo. En la comunidad de Huanquisco Canta, dónde se realizó el trabajo de investigación en el cultivo de haba, con métodos de riego, tres épocas de siembra y cinco ecotipos de haba.

#### 4.1.1 Condiciones climáticas de precipitación de la estación meteorológica Belén en comparación Sensores de la gestión agrícola 2007 -2008.

En la Figura 3, se muestra la precipitación Normal de la estación meteorológica de Belén en comparación sensores de la gestión agrícola de 2007 – 2008, en donde se muestra un idéntico comportamiento hasta el mes de noviembre, durante los meses de diciembre y enero disminuyó en 69 mm, después los meses de febrero, marzo abril presentó similar a los datos de precipitación normal.



**Figura 3. Climograma de precipitación de la estación meteorológica belén de 1950-2001 en comparación sensores de la campaña agrícola 2007 – 2008**

La figura 3, se presenta datos mensuales de precipitación, del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2004) estación meteorológica de Belén, de 51 años atrás. Se tiene los promedios mensuales de los datos registrados en la parcela de

investigación del cultivo de haba correspondiente a la gestión agrícola 2007 – 2008 que fue medido con sensores climático Devis Weather Wizard III.

### *Épocas de siembras*

En la Figura 3, se muestra el comportamiento de la precipitación, durante la campaña agrícola (07/08), se obtiene una distribución desproporcionada con relación a los promedios mensuales históricos. Con las primeras lluvias del mes de septiembre más con riego se inicia la época de siembra, en donde se sembró el 5 de septiembre la **primera época** hasta su emergencia presentó algunos días nublados, también se tuvo temperaturas bajas, esto repercutió en el crecimiento de las plantas, asimismo se limitó el desarrollo vegetativo; durante los meses de diciembre y enero debido a la baja precipitación.

Pero en el mes de febrero presentó mayores desarrollos de la planta como ser la altura de la planta, cobertura foliar y la proliferación de ***Botrytis fabae*** que afectó las partes foliares de la planta. La parcela establecida que se encontraba en su fase fenológica de floración, después en los meses de marzo y abril la precipitación descende, también la temperatura en fecha 27 de abril llegando a (-2°C) se tuvo una helada negra.

En la Figura 3, se observa que la precipitación del mes de octubre es baja con relación a la normal, entonces se regó para realizar la siembra de la **segunda época**, en la fecha de 15 de octubre, después el mes de noviembre incremento la precipitación hasta su emergencia, luego en diciembre y enero se tuvo algunos días soleados, en febrero y marzo con mayor precipitación se desarrolló la planta como ser; la altura de la planta, cobertura foliar, también la proliferación de la enfermedad de ***Botrytis fabae***, después en abril la precipitación bajo, en la fecha 27 de abril se tuvo una helada negra la parcela se encontraba en la fase fenológica de inicio de fructificación.

En la Figura 3, se observa que la precipitación de noviembre es similar a la normal pero para la fecha 25 de noviembre la humedad de suelo estaba baja que era la **tercera época** de siembra, con aplicación de riego se tuvo en menores días la emergencia, entonces fue la mejor parcela establecida en la comunidad, después en el mes de abril se encontraba en la fase fenológica de inicio de floración del primer tercio de la planta pero se presentó la helada negra el día 27 de abril llegando a abortar las flores de la planta.

#### 4.1.2 Evapotranspiración diaria expresadas en (mm) durante el ciclo vegetativo de cultivo de haba

Como se muestra en la Figura 4, la máxima evapotranspiración se presentó en noviembre con un valor de 3.7 mm/día, mientras que la mínima evapotranspiración se tuvo en abril con un valor de 3 mm/día, el desarrollo de la evapotranspiración transcurrida durante el ciclo vegetativo del cultivo de haba en la parcela de investigación ver datos en el (Anexo 3).

Las variaciones de humedad, temperatura y fotoperíodo causados por las distintas épocas de siembra, modifican el comportamiento fisiológico y agronómico del cultivo del haba (Herbas, 1993).

La mejor época de siembra en la zona del altiplano está entre los meses de agosto y septiembre; en general, en las zonas altas, es conveniente sembrar con las primeras lluvias de agosto y septiembre (Cerrate *et al.*, 1979).

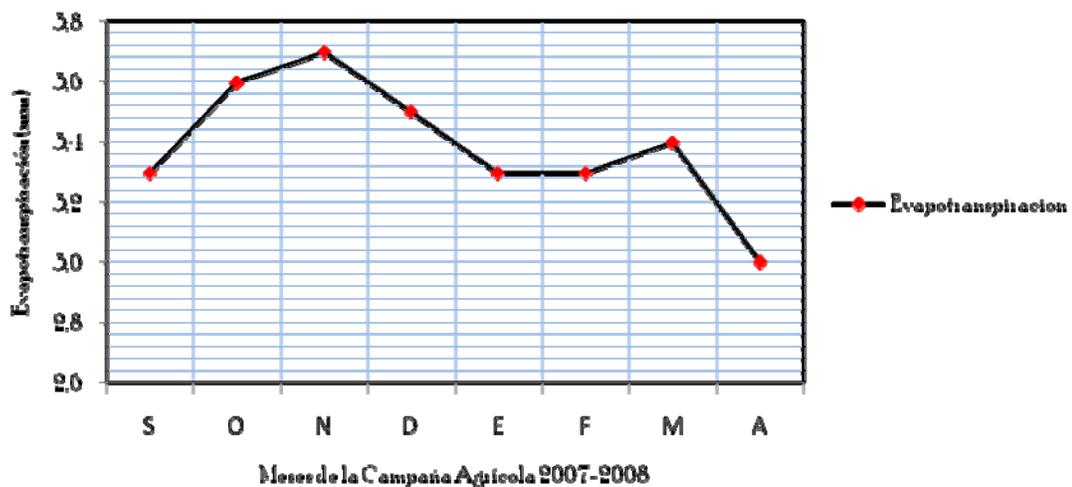
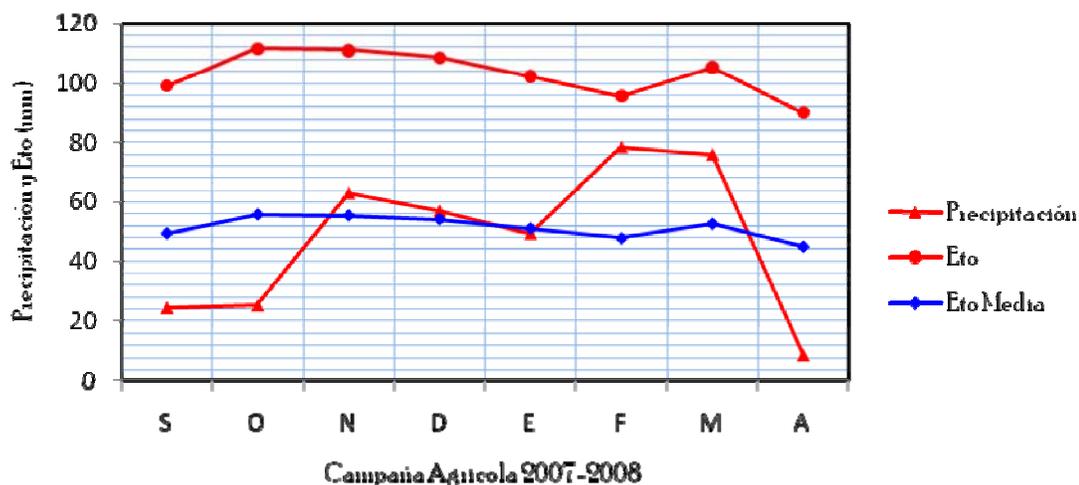


Figura 4. Evapotranspiración campaña agrícola 2007/2008

### 4.1.3 Precipitación y evapotranspiración de la gestión agrícola 2007-2008

La Figura 5, se muestra los valores de la precipitación de evapotranspiración, en donde son en una distribución desproporcionada, la precipitación durante la gestión agrícola de 2007-2008, entonces se tuvo la máxima precipitación en el mes de febrero un valor de 78,4mm y una mínima registrada en el mes de abril de 8,8mm.



**Figura 5. Precipitación y evapotranspiración de referencia**

Los reportes de Aitken (1987), señalan que el haba se cultiva en climas templados y fríos, desde los valles mesotérmicos de casi de toda Bolivia, hasta las mayores alturas. Es así que Milán (1996), afirma que esta leguminosa se cultiva entre los 2000 y 3.900 m.s.n.m. y según Herbas (1993), las alturas de la región andina son los únicos lugares donde es posible producir el haba de grano grande, la misma que satisface las exigencias del mercado internacional.

Orellan (1998), menciona que a la haba se le encuentra creciendo y dando producciones aceptable con precipitaciones mínimas de 380 – 400 mm anuales. Por otra parte, la Food Agriculture Organization FAO (2000), considera que el haba no puede necesitar riego por encima de los 450 mm de precipitación, aunque la producción sea en cierta medida función del agua que reciben. Sin embargo, la baja precipitación pluvial, sobre todo en el momento de establecimiento y de la floración afecta al cultivo, causando una disminución de la producción y de la calidad del grano.

Las lluvias caídas durante la gestión agrícola alcanzaron 373.2 mm no llegando a satisfacer los requerimientos mínimos propuesto por Orellan (1998).

El haba es una planta sensible a la sequia, sobre todo entre la floración y el cuajado de vainas (Berlijn, 1982 y Vigliola, 1992), por tanto es necesario cultivar siempre en terrenos bajo riego, muy rara vez a temporal, salvo que los suelos sean muy húmedos.

#### 4.1.4 Condiciones climáticas de temperatura máxima de la estación meteorológica de Belén en comparación sensor de la campaña agrícola 2007 -2008

En la Figura 6, se muestra el análisis del climograma, donde los promedios mensuales (1950-2001) y la campaña agrícola 2007-2008, las temperaturas máximas son idéntico hasta el mes diciembre, el mes de enero tuvo el descenso llegando a un valor 13,4°C en comparación a la normal y los meses de febrero, marzo son similar, durante el mes de abril se tiene 16,03°C alcanzando mayor temperatura de la gestión agrícola.

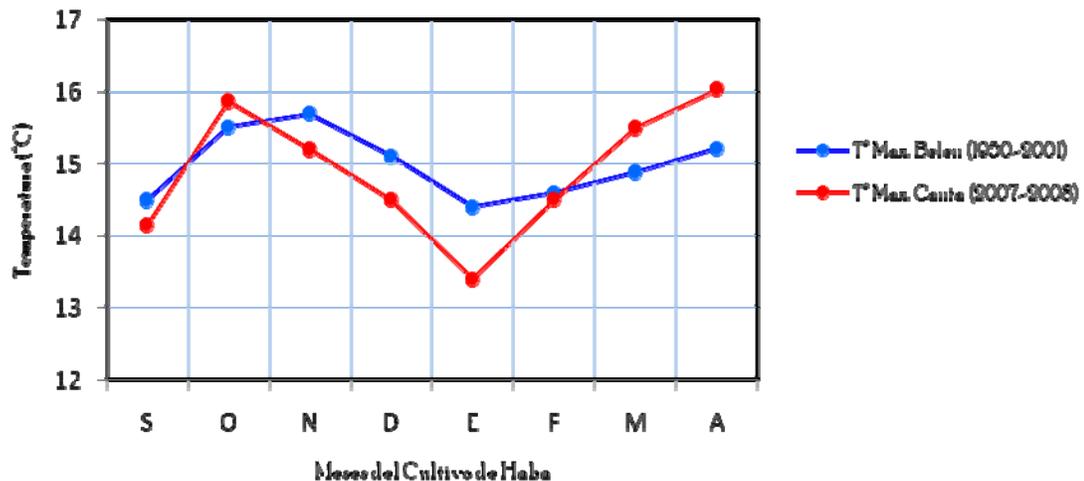


Figura 6. Climograma de temperatura máxima de la estación meteorológica Belén de 1950 – 2001 en comparación de sensores de la campaña 2007 – 2008

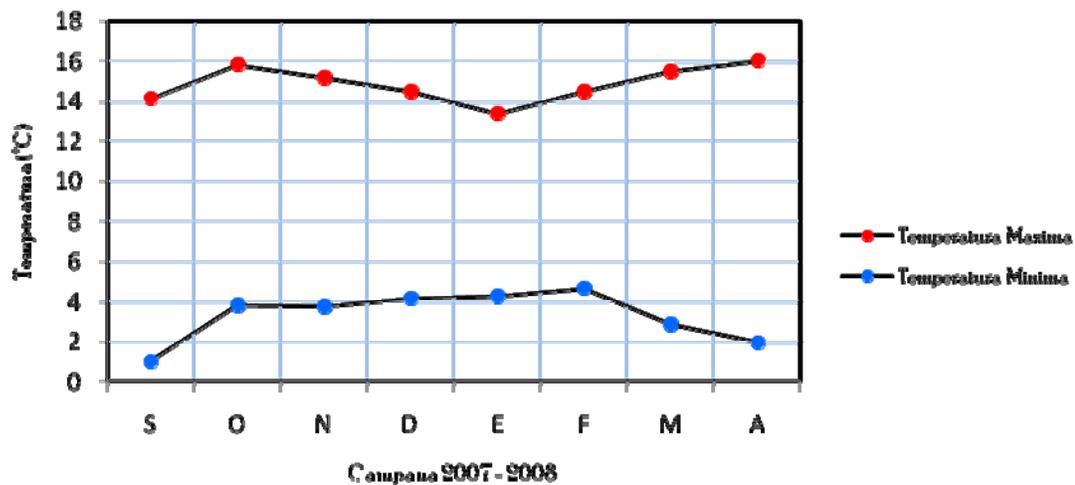
#### Épocas de siembras

En la Figura 6, se observa que las temperaturas máximas normal en comparación sensores de la campaña agrícola 2007-2008, donde se presenta en el mes de septiembre registrando temperatura de 14,15°C, esto permitió la emergencia de cultivo de haba, después los meses de octubre, noviembre, diciembre ha sido similar a la normal, en el mes de enero descendió a 13,4°C con respecto a la normal, durante el mes de febrero se tuvo el incremento de la temperatura en donde se inicio problemas de fitosanitario la mayor proliferación de las enfermedades en el cultivo de haba se presentó *Botrytis fabae* y llegando al mes de abril con promedio máximo de temperatura registrada.

#### 4.1.5 Temperaturas máximas y mínimas registradas con sensores de la campaña agrícola 2007 -2008.

Se observa en la Figura 7, la campaña agrícola de 2007 - 2008 en la parcela de investigación las temperaturas máximas se presentan en el mes de abril con valor de 16,03°C, mientras que la temperatura mínima se dio en el mes de septiembre con un valor de 1,05°C.

En el mes de abril se presentó en promedio la mayor temperatura registrada, pero en la fecha 27 se tuvo la temperatura mas baja de -2,98°C, entonces se altero y se termino el ciclo vegetativo del cultivo de haba.



**Figura 7. Temperaturas máximas y temperaturas mínimas de la comunidad de canta**

Con respecto a la temperatura Moreno (1993) afirma que el haba es sensible a las heladas, sin embargo Ramírez y Cepeda (1990) señala que las variedades de tamaño mediano y pequeño son resistentes a este fenómeno atmosférico. Al respecto Horque (1990) establece que el haba puede soportar temperaturas bajas, hasta de -2°C, requiriendo 6°C, para la germinación, y una temperatura mínima de 10°C durante la floración para evitar la caída o aborto de las flores. Pero reportes de Orellan (1998), indican que con temperaturas de 2 y 3 bajo cero perecen por congelamiento.

## 4.2 Aplicación de Riego

### 4.2.1 Velocidad de infiltración

Los resultados de infiltración, obtenidos a nivel de campo mediante el método de infiltrómetro de doble cilindro, muestran la variación de la lámina infiltrada acumulada y la variación de la infiltración en la Figura 8.

Se puede observar en la Figura 8, el incremento del tiempo de humedecimiento en el suelo se presenta una disminución en el coeficiente de infiltración, permitiendo obtener valores a saturación de 1.99 mm/h. La velocidad de infiltración o la capacidad de absorción de agua por el suelo presenta una relativa variación, debido a las características físicas del suelo particularmente en el presente trabajo de investigación se obtuvo una textura franco limoso, una porosidad de 45.19% y grado de compactación que presenta el suelo.

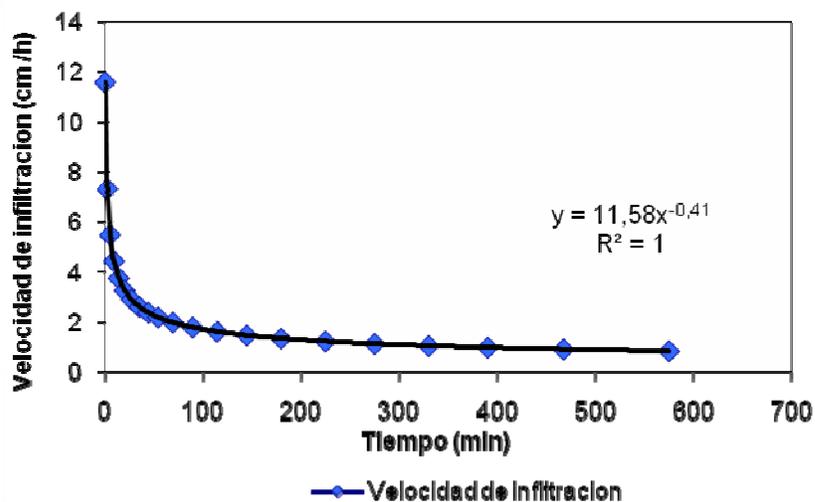


Figura 8. Evolución de la velocidad de infiltración en el suelo de estudio

La velocidad de infiltración en el presente estudio refleja el grado de permeabilidad del suelo, se considera alto según la clasificación de las familias de infiltración citado por (Alba, 1995).

Los reportes de Garcia (2003), señalan poco permeable los suelos en que la velocidad de infiltración al final de la primera hora es menor de 5 mm/ha. Es así que Vedrov (1998), la velocidad de infiltración está estrechamente relacionada a extensión de los poros grandes interconectada, que hay en el suelo existe.

Según Berlijn (1982) la velocidad de infiltración depende principalmente de la porosidad y permeabilidad del suelo. A su vez esta depende de la estructura del suelo y por lo tanto, de su textura su contenido de materia orgánica y de la labranza. También Ramírez (1986) en el caso particular de suelos arcillosos con reducida velocidad de infiltración, una lluvia suave por mucho tiempo es mas ventajoso que una lluvia fuerte por corto tiempo.

Menciona Thomson (1982), La tasa de infiltración, antes mencionada, puede considerarse como la permeabilidad en la superficie del suelo las expresiones de permeabilidad suelen referirse a la capa menos permeable del perfil. Son corrientes las permeables de 10 a 20 mm/h, que pueden considerarse moderadas. Los valores superiores a lo 25mm/h son elevados y los inferiores a 5 mm/h, bajos. La trascendencia de esos valores particulares depende, en parte, del clima de la región donde se presentan los suelos, ya que un aspecto muy importante de la permeabilidad reside en su relación con la probabilidad de que el agua escurra por la superficie durante una tormenta.

#### **4.2.2 Riego**

Los resultados obtenidos en la aforación de los caudales muestra la variación que existe entre los valores de 0.8 a 1.6 l/s. se atribuye a la textura de suelo que presentará la capacidad de almacenamiento. En relación a la cantidad de agua aplicada con riego y las fechas de aplicación a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo en las tres épocas de siembra, se muestra en el Anexo 4.

Los tratamientos con riego llegaron a recibir 12 aplicaciones de riego en la primera época de siembra, 9 aplicaciones de riego en la segunda época de siembra y 3 aplicaciones de riego en la tercera época de siembra, esto debido principalmente a la evapotranspiración elevada en el lugar de estudio.

### 4.2.3 Variaciones de la humedad del suelo

En la Figura 9, se observa el comportamiento de la humedad de suelo con mayor humedad de suelo en los meses diciembre, enero y febrero, mientras con menor humedad en el mes de mayo, se atribuye a los días mas soleados en la zona. Al respecto Narro (1994), menciona que el contenido de humedad es muy variable, tanto en tiempo para un mismo punto como en distancia y profundidad para un tiempo dado, para Alba (1995), menciona que la atmosfera que envuelve a las plantas, generalmente no esta saturado de agua, por lo cual ejerce una presión de succión tanto en el suelo como en las planta, por consiguiente hay un flujo de agua en la dirección suelo – planta – atmosfera, debido a que en el suelo y en la planta existe un potencial de succión menor que en la atmosfera.

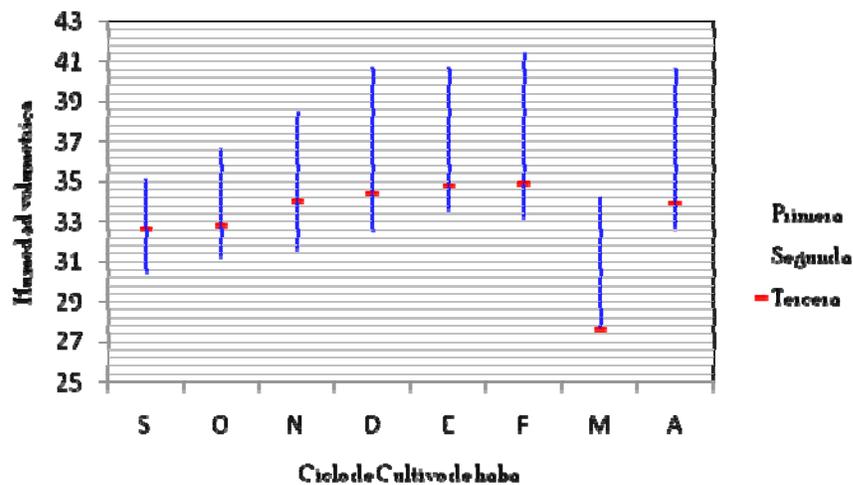


Figura 9. Humedad volumétrica del suelo a los 20 cm de profundidad

Por otro lado, Fitz (1996), menciona que la humedad retenida en el suelo se pierde principalmente por la evaporación. Así la velocidad con que se pierde el agua depende de la temperatura y de la cubierta vegetal, de modo que un aumento en una u otra repercutirá en una mayor pérdida de humedad. También Baver *et al.*, (1972), menciona que la humedad del suelo disponible para las plantas fue establecida como la diferencia entre los valores de capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente.

García (2003), indica que la humedad aprovechable es aquella que es retenida en los suelos entre un rango de presiones negativas que van desde un tercio bar o 33.33 kPa (capacidad de campo) hasta 15 bars o 1500 kPa (punto de marchitez permanente). La

capacidad de retención de humedad de los suelos está íntimamente relacionada con la porosidad y con el diámetro de los poros; éstos, a su vez, dependen de la textura, del contenido de materia orgánica y de otras características físicas del suelo (Narro, 1994).

### **4.3 Fases fenológicas**

#### **4.3.1 Fase de la emergencia**

La fase de emergencia se inicia con la aparición de más del 50% plántulas fuera del suelo, la planta presenta los cotiledones juntos longitudinalmente y doblado en forma de codo o bastón. En presente estudio ocurrió a partir de los 30 días esto debido que el epicarpio no se rompía.

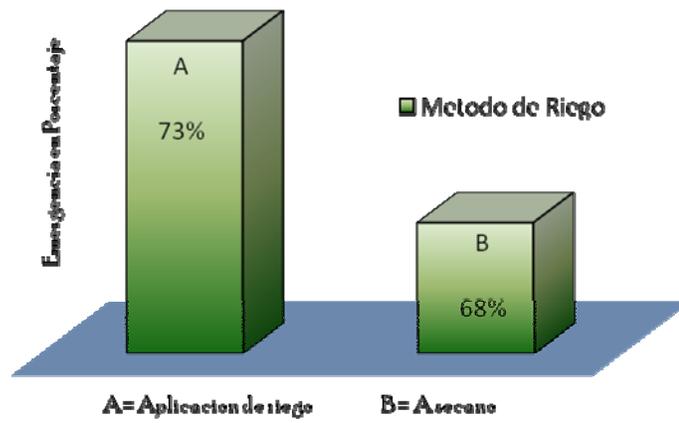
##### **4.3.1.1 Porcentaje de emergencia**

Con el análisis de varianza (Anexo 5) muestra que existen diferencias significativas estadísticamente entre bloques, método de riego y la interacción de métodos de riego con épocas de siembra.

La pendiente tiene efecto directo en los bloques, en el porcentaje de emergencia en donde debido a traslocamiento de humedad, nutrientes a la parte baja, al mismo tiempo favorecer los factores abióticos que son la temperatura y radiación solar que inciden directamente en el fotoperiodo del cultivo de haba al respecto (Orellan, 1998) señala el fotoperiodo óptimo para la emergencia de haba, generalmente esta en el orden de 11 a 12 horas de duración.

#### 4.3.1.2 Influencia de riego en el porcentaje de emergencia

Se observa en la Figura 10, con respecto a los métodos de riego se encuentra diferencias en días a la emergencia, mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente, la cual indica que con la aplicación de riego se obtuvo un mayor porcentaje de emergencia en un promedio de (73,35%), mientras en condición a seco presenta un valor de (67,90%).



**Figura 10. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de emergencia**

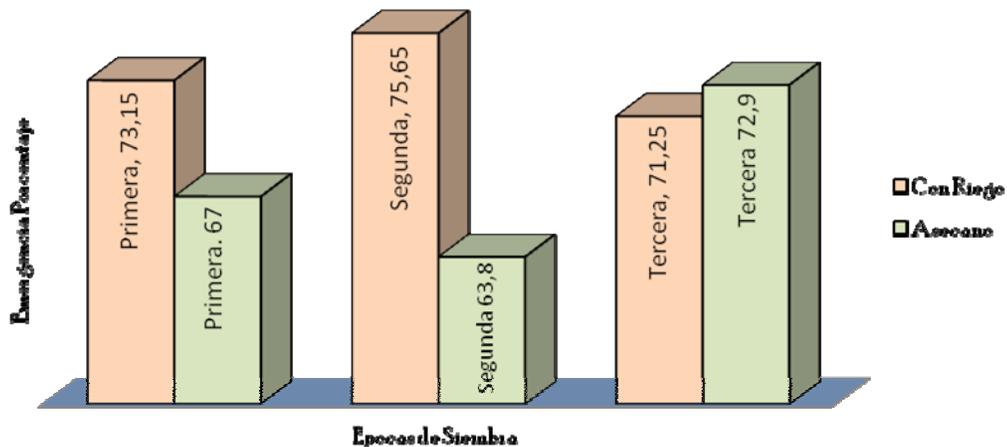
Es atribuida a la disponibilidad de la humedad y los nutrientes. Estas diferencias de emergencia entre los métodos de riego, probablemente se deba a factores del estado fisiológico de la semilla, como ser el grano no llegaba a humedecer en su totalidad en menores días, Al respecto Morales (2000), afirma que la emergencia se incrementa con el aumento de la humedad en el suelo, etc., sin embargo Alba (1995), señala que la disponibilidad de los nutrientes exclusivamente orgánicos puede limitar el estado nutricional de los granos.

Alba (1995), menciona que el cultivo tendrá un crecimiento favorable cuando el suelo no llegue a disminuir en un 30% la humedad respecto a la capacidad de campo.

#### 4.3.1.3 Efecto simple de la interacción de riego con épocas en porcentaje de emergencia

Con el análisis de interacción de método de riego con épocas de siembra se obtuvo los siguientes resultados que dentro de los métodos de riego existe dos épocas de siembra significativo ver (Anexo 5).

En la Figura 11, se muestra el análisis de efecto simple de la interacción de métodos de riego con épocas de siembra, donde se obtuvo los siguientes resultados, para la primera siembra el resultado es altamente significativo y coincide con el análisis matemático esto significa que cuando se complementa con riego adicional el porcentaje de emergencia es mayor comparado con el cultivo a seco; Para el primer caso el cultivo presenta (73,15%), con aplicación de riego, en condiciones a seco (67,00%), en cambio en el segunda siembra presenta (75,65%), con riego y en condición a seco (63,80%), y la tercera siembra no existe diferencia significativa con aplicación de riego en un promedio de (71,25%), mientras que en condición a seco se tiene el valor de (72,9%).



**Figura 11. Interacción de riego con épocas de siembra en el porcentaje de emergencia**

En la Figura 11, Se observa que la aplicación de riego influye en el porcentaje de emergencia, estas diferencia de valores son por los efecto de la humedad de suelo y un suelo fertilizado, donde las condiciones de humedad han sido mejores logrando obtener buenos resultados de emergencia, esto debido a que la rotura de episperma en el menor tiempo para llegar a esta fase fenológica con mayor porcentaje de emergencia, al respecto

Rodríguez (1991), señala que con la aplicación de riego puede aumentar la velocidad de emergencia por unidad de área. A mayor porcentaje de emergencia correspondiendo mayor absorción de agua y mayor translocación de nutrientes.

Al respecto Horque (1990), establece que el haba puede soportar temperaturas bajas, hasta de  $-2^{\circ}\text{C}$ , requiriendo  $6^{\circ}\text{C}$ , para la germinación, y una temperatura mínima de  $10^{\circ}\text{C}$ . El haba es una planta sensible a la sequía, sobre todo entre la floración y el cuajado de vainas. Vigliola (1992), por tanto es necesario cultivar siempre en terrenos bajo riego; muy rara vez a temporal, salvo que los suelos sean muy húmedos. Según Orellan (1998) menciona que a la haba se le encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones mínimas de 380 – 400 mm anuales.

#### **4.3.2 Fase de la floración**

La fase de inicio de la floración es claramente distinguible y de larga duración, en el material de estudio. Se origina en un pedúnculo corto seguido de raquis donde se insertan las flores por medio de los pedicelos, que son pedunculillos que sostienen a la flor.

De esta manera las flores se encuentran sobre ejes de tercer grado. Las flores son de simetría bilateral, zigomorfas, agrupadas en racimo en número de 2 a 12 flores. Tienen corola evolucionada, dialipétala con un pétalo superior llamado estandarte u ovexilo, 2 laterales libres llamados alas y 2 inferiores soldados a lo largo de su línea de contacto. Este conjunto se llama quilla, el cual envuelve y protege los órganos sexuales de la flor.

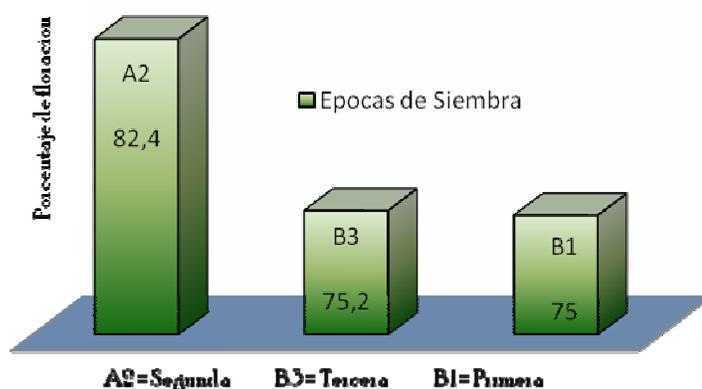
##### **4.3.2.1 Porcentaje de floración**

En el análisis de varianza (Anexo 5) se observa que presentan significancia estadísticamente los bloques, épocas de siembra e interacción de métodos de riego con épocas de siembra.

Es atribuida a la pendiente y a la buena humedad de suelo, que tiene efecto directo en los bloques en el porcentaje de flores, es debido a la aplicación de riego que se trasloca a la parte baja del terreno, para que exista diferencia significativa; al respecto (Peña, 2001) los principales parámetros que afectan a número de flores son la humedad, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento.

#### 4.3.2.2 Influencia de épocas de siembra en el porcentaje de floración

En la Figura 12, con respecto a las épocas de siembra se encuentra diferencias en días a la floración, mediante la prueba de Duncan se observa diferencias significativas estadísticamente, nos indica que la segunda época de siembra con un promedio de (84,2%), mientras la tercera y la primera época de siembra no existe diferencia estadísticamente son similares para la tercera época con un promedio de (75,2%), para la primera época se muestra un valor de (75%).



**Figura 12. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de floración**

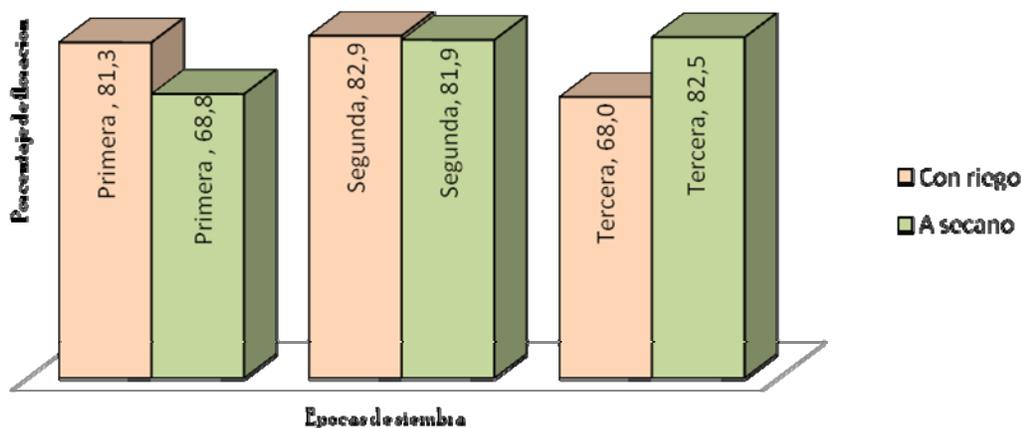
Es atribuida a la disponibilidad de nutrientes y factores climáticos. Estas diferencias de porcentaje de floración entre las épocas de siembra. Al respecto Alba (1995), señala que la disponibilidad de los nutrientes exclusivamente orgánicos puede limitar el estado nutricional de los granos. Sin embargo Peña (2001), señala que la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son los principales parámetros que afectan a número de flores.

Al respecto Horque (1990), establece que el haba requiere una temperatura mínima de 10°C durante la floración para evitar la caída o aborto de las flores. Sin embargo Pacheco (1997), indico que existe alta correlación de los días a la emergencia con días a la floración. Rudy (2000), menciona; en la investigación de tres leguminosas en tres épocas en el Municipio de Loayza del Dpto. de La Paz determinó en un ecotipo de haba negra no llegó a florecer en ninguna de las épocas, debido al déficit hídrico, fotoperíodo y termoperíodo.

#### 4.3.2.3 Efecto simple de la interacción de riego con épocas en el porcentaje de floración

Con el análisis de interacción de método de riego con épocas de siembra se obtuvo los siguientes resultados que dentro de los métodos de riego solo dos épocas de siembra es significativo ver (Anexo 5).

En la Figura 13, se muestra el análisis del efecto simple de la interacción de métodos de riego con épocas de siembra, donde se obtuvo los siguientes resultados, para la primera siembra el resultado es altamente significativo y coincide con el análisis matemático esto significa que cuando se complementa con riego adicional el porcentaje de flores es mayor comparado con el cultivo a secano; entonces se obtuvo para el primer caso en el cultivo presenta (81,3%), con aplicación de riego, en condiciones a secano (68,8%), en cambio en la segunda siembra el resultado no existe significancia presenta (82,9%), con riego y en condición a secano (81,9%), en el tercera siembra con aplicación de riego en un promedio de (68%), mientras que en condición a secano se tiene el valor de (82,5%).



**Figura 13. Interacción de riego con épocas de siembra en el porcentaje de floración**

En la Figura 13, Se muestra que la aplicación de riego influye en el porcentaje de floración estas diferencia de valores son los efecto de la humedad de suelo y un suelo bien fertilizado, donde las condiciones de humedad han sido mejores logrando obtener buenos resultados en el menor tiempo para llegar a esta fase fenológica con mayor porcentaje de flores, al respecto Rodríguez (1991), señala que con la aplicación de riego puede aumentar

la velocidad de flores. A mayor porcentaje de flores correspondiendo mayor absorción de agua y mayor translocación de nutrientes. con respecto Serrano (1979), señala que el pedúnculo se intenta encauzar el desarrollo vegetativo de la parte aérea de la planta limitando el número de tallos en los vegetales y por tanto la cantidad de flores.

El otro factor que determina el número de flores es el climático, siendo la humedad relativa, temperaturas y la radiación solar (Peña, 2001) los principales parámetros que afectan al número de flores son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento.

Al respecto Pacheco (1997), indica que existe una alta correlación entre los días a la emergencia con días a la floración, sin embargo Rudy (2000), menciona en la investigación Introducción de tres leguminosas en tres épocas de siembra en la provincia Loayza del Dpto. de La Paz determino que la variedad de Mucuna negra no llegó a florecer en ninguna de las épocas de siembra. Dicha ausencia en la floración es atribuible al déficit hídrico, fotoperiodo y termoperiodo. Pese a que la siembra fue en (22 de agosto) donde no hubo precipitación tampoco existió las pérdidas de flores, pero los rendimientos en esta época fueron los mejores.

### **4.3.3 Fases de fructificación de grano**

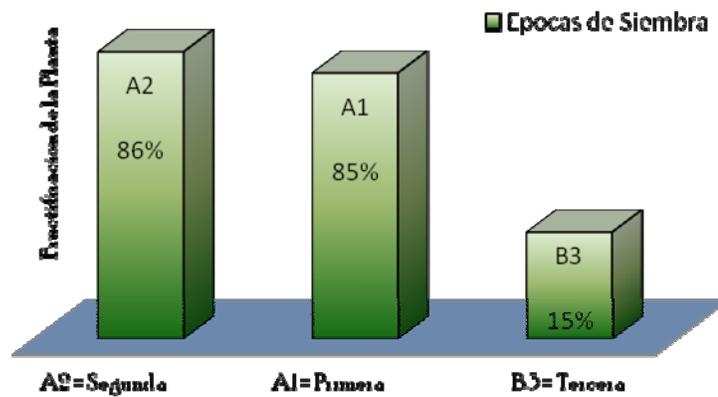
La fase de fructificación o llenado de grano es distinguible desde el inicio hasta la formación de vainas verdaderas donde se constituye la formación de fruto.

#### **4.3.3.1 Porcentaje de fructificación de grano**

En el análisis de varianza (Anexo 5) se observa que presentan significancia estadísticamente las épocas de siembra y la interacción método de riego con épocas de siembra.

#### 4.3.3.2 Influencia de épocas de siembra en el porcentaje de fructificación

En la Figura 14, con respecto a las épocas de siembra se encuentra diferencias en días a la fructificación y mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente, la cual indica que la segunda y primera épocas no presenta diferencia significativas, se muestra para la segunda época de siembra con un promedio de (86%), para la primera época de siembra un valor de (85%), y para la tercera época de siembra se tiene el (15%).



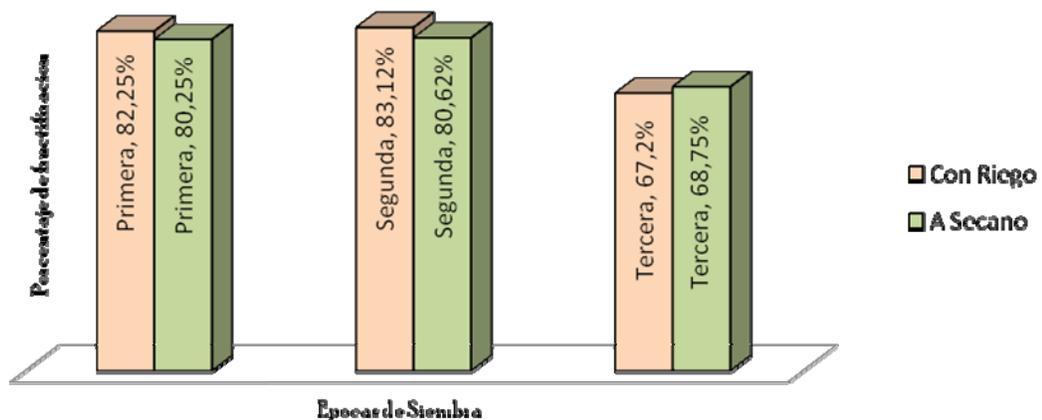
**Figura 14. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de fructificación**

Es atribuida a la disponibilidad de los nutrientes. Estas diferencias de fructificación entre las épocas de siembra, también se debe a los factores ambientales, al respecto Tiscornia (1987), señala que el exceso o exuberancia de ramas y frutos hace que estas no reciban suficientes savia para alcanzar gran tamaño de fruto y la siembra tardía es causa pocos frutos a veces son menos comerciales, sin embargo Peña (2001), señala que los principales parámetros que afectan al número de vaina son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento,

#### 4.3.3.3 Efecto simple de la interacción de riego con épocas de siembra en la fructificación del grano

Con el análisis de interacción del método de riego con épocas de siembra se obtuvo los siguientes resultados dentro de los métodos de riego todas las épocas de siembra son significativos ver (Anexo 5).

En la Figura 15, se observa que para la primera siembra el resultado existe diferencias significancia, con la aplicación de riego se tiene un promedio de (82,25%), con respecto a condiciones a secano (80,25%) para la segunda siembra es posible obtener mayores números de vaina con la aplicación de riego se obtuvo un promedio (83,13%), con respecto a condiciones a secano (80,63%), para la tercera siembra con valores de (67,20%) y (68,75%) viendo que no existe significancia, al respecto Rodríguez (1991), señala que pasada la polinización y la fecundación, las flores se marchitan y se desprenden, con la afluencia de la savia a través del pedúnculo, inicia un crecimiento activo y poco a poco adquiere la forma y estructura definitiva de una vaina.



**Figura 15. Interacción de riego con épocas de siembra en la fructificación de grano**

En la Figura 15, se observa que la primera época de siembra tiene mayor porcentaje de llenado de grano en comparación de los demás épocas de siembra con respecto Tiscornia (1987), señala que el exceso o exuberancia de ramas y frutos hace que estas no reciban

suficientes savia para alcanzar gran tamaño de fruto y la siembra tardía es causa de pocos frutos a veces son menos comerciales.

En la Figura 15, se observa que la aplicación de riego tiene mayor Número de llenado de grano en comparación a condiciones a secano al respecto Rodríguez (1991), señala que las formación de fruto y semillas se efectúan paralelamente, pasando la polinización y la fecundación, las flores se marchitan y se desprenden del tálamo; los pétalos, estambres e inclusive el estilo y estigma se atrofian o llegan a secarse.

Crespo (1996), indica que la duración del ciclo vegetativo, con aplicación de riego en relación al Tratamiento que fue mantenido con humedad a capacidad de campo que lo realizó en 120 días.

#### **4.4 Fases morfológicas**

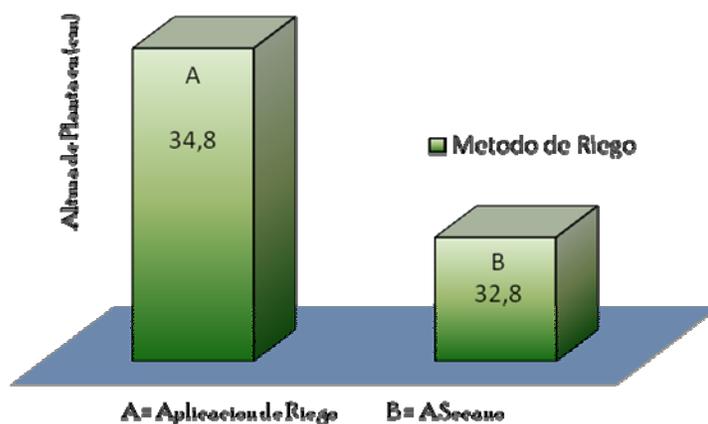
##### **4.4.1 Altura de la planta**

El análisis de varianza (Anexo 5) se observa que presenta significancia estadísticamente en los bloques, métodos de riego, épocas de siembra y la interacción de riego con épocas.

Es atribuida a la humedad de suelo, que tiene efecto directo en los bloques en la altura de la planta, es debido a la aplicación de riego que se ha situado a la parte baja del terreno, para que exista diferencia significativas al respecto (Peña, 2001) los principales parámetros que afectan a Número de flores son la humedad, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento.

#### 4.4.1.1 Influencia de riego en la altura de la planta

En la Figura 16, con respecto a los métodos de riego se encuentra diferencias en alcanzar la altura de la planta, mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente, esto nos indica que con la aplicación de riego se obtuvo mayor altura de planta en un promedio (34,8 cm), mientras a condiciones a secano presenta (32,8 cm).



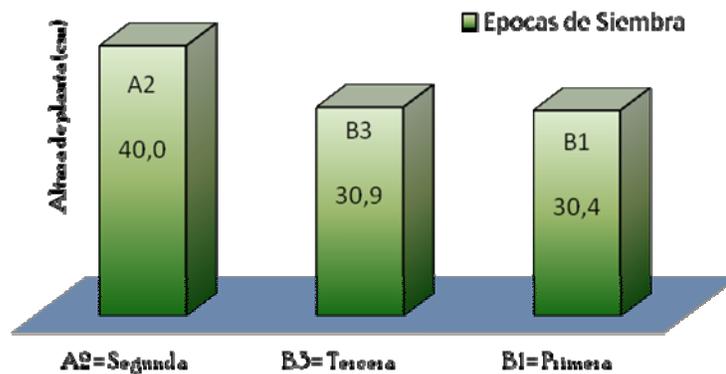
**Figura 16. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de fructificación**

Este resultado es atribuida al método de riego que mostró significancia, en la comparación de medias se obtuvo que con aplicación de riego se obtiene mayor altura, mientras a condiciones a secano tuvo promedios menores en la altura de la planta, estas diferencias son debidas a las reacciones químicas metabólicas y enzimas que sucede desde el momento de la brotación hasta la llenado de grano, que depende de los factores del medio ambiente y también el riego.

Según Solís (2002), indica que la haba si se encuentra con cantidades bajas de agua entonces provoca una disminución de la altura de la planta al respecto Bonifacio y Dizes (1992), indican que la altura de planta en haba es un carácter muy variable donde es posible encontrar altas y enanas según las características variando estos de 0.70 a 1.40 m de altitud. Por su parte Huiza (1994), indica que la sequía afecta a la altura de planta puesto que solo alcanza el 66% en tamaño al testigo, menciona también que la supresión del riego a partir del estado lechoso origino las mas bajas tasas de crecimiento absoluto.

#### 4.4.1.2 Influencia de épocas de siembra en la altura de la planta

En la Figura 17, con respecto a las épocas de siembra se encuentra diferencias en alcanzar la altura de la planta, se muestra que la segunda época de siembra obtuvo un promedio de (40 cm), mientras para la primera época de siembra un valor de (30,9 cm), y la tercera época de siembra se tiene (30,4 cm).



**Figura 17. Comparación de medias de métodos de riego en el porcentaje de fructificación**

Esto es atribuida a los factores climáticos, metabolismo del vegetal, y principalmente a la humedad de suelo al respecto Peña (2001), señala los principales parámetros que afectan la altura de la planta son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento.

Según Solís (2002), indica que la haba se encuentra con cantidades bajas de agua entonces provoca una disminución de la altura de la planta sin embargo Huiza (1994), indica que la sequía afecta a la altura de planta y en tamaño al testigo, menciona también que la supresión del riego a partir del estado lechoso origina las más bajas tasas de crecimiento absoluto. Por su parte Bonifacio y Dizes (1992), indican que la altura de planta en haba es un carácter muy variable donde es posible encontrar altas y enanas según las características.

#### 4.4.1.3 Efecto simple de la interacción de riego con épocas

Con el análisis de interacción de método de riego con épocas de siembra se obtuvo los siguientes resultados la primera época no existe significativo, la segunda y tercera épocas son altamente significativo estadísticamente ver (Anexo 5).

En la Figura 18, se observa que para la primera siembra el resultado es altamente significativo, que coincide con el análisis matemático, esto significa que cuando se complementa con riego adicional es mayor el crecimiento de la planta, comparado con las condiciones a secano; en el primer caso la altura de la planta en promedio de 44,7cm con aplicación de riego, mientras la altura de la planta en condiciones a secano en promedio de 44,1cm.

En cambio para la segunda época el resultado es significativo, esto significa que cuando se complementa con riego adicional es mayor crecimiento de la planta comparado con condiciones a secano; en el segundo caso la altura de la planta es en promedio de 41,8cm con aplicación de riego, mientras la altura de la planta en promedio de 38,0cm en condiciones a secano.

Para la tercera época el resultado es significativo, esto debido a las altas precipitaciones que se presentaron en los meses de Diciembre, enero, febrero y marzo, en el tercer caso la altura de la planta es en promedio de 36,1cm con aplicación de riego, mientras la altura de la planta en promedio de 16cm en condiciones a secano.

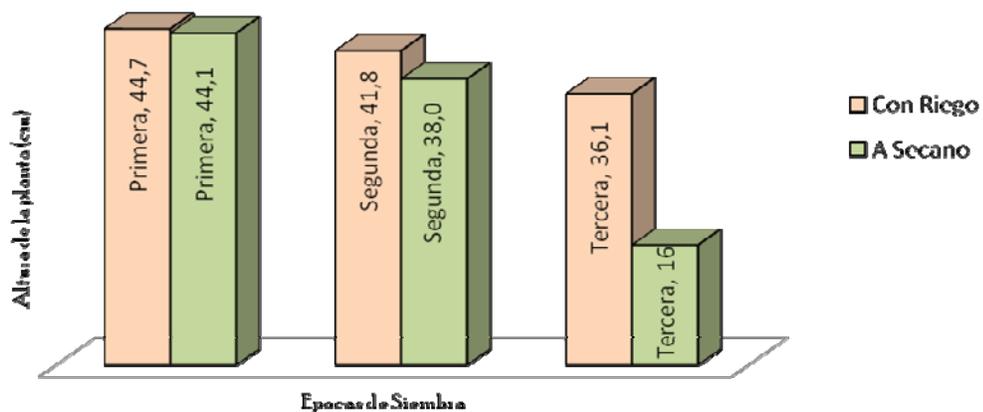


Figura 18. Interacción de riego con épocas de siembra en la altura de la planta

Finalmente según los resultados obtenidos lo mas aconsejable es sembrar en septiembre y adicionar riego a este cultivo con el fin de alcanzar el máximo de altura de la planta por otra parte en el mes de noviembre no se aconseja riego adicional al respecto Trocnikova (1986), indica que en los ecotípos de gigante copacabana y usnayo las plantas alcanzan una altura entre 80-115 cm de altura, sin embargo Díaz (1998), menciona que con la aplicación de riego es posible obtener mayores alturas. Se debe aplicar de 50-70 mm de lámina de riego y con anticipación por que las plantas no toleran condiciones de sequia.

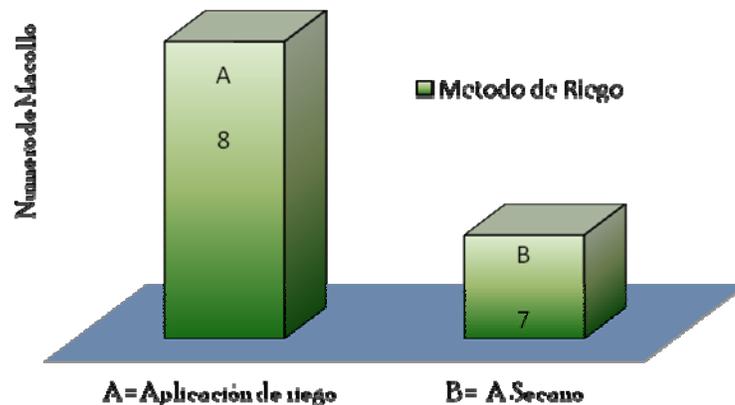
#### **4.4.2 Número de tallos**

En el análisis de varianza (Anexo 5) se observa que presenta significancia estadísticamente, en los bloques, métodos de riego, épocas de siembra y la interacción de riego con épocas.

Es atribuida a la humedad de suelo, que tiene efecto directo en los bloques en número de tallos, es debido a la aplicación de riego que se ha situado a la parte baja del terreno, para que exista diferencia significativas al respecto Morales (2000), indica que el número de tallos es el resultado directo del estado de la semilla.

#### 4.4.2.1 Influencia de método riego en Número de tallos

En la Figura 19, se observa con respecto a los métodos de riego que se encuentra diferencias en número de tallos, mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente, nos indica que con la aplicación de riego se obtuvo mayor número de tallos en un promedio de (8), mientras que en condiciones a secano presenta un valor de 7 tallos.



**Figura 19. Comparación de medias de métodos de riego en el número de tallos**

Es atribuida a factores agronómicas, Al respecto Centellas (1998) señala que el número de tallos se debe a la proporción de macronutrientes (N,P,K) y micronutrientes (Ca,Mg) que ayudan a enriquecer el suelo a demás proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que acelera la división celular.

Al respecto Cáceres (1995), indica que el rango de número de tallos por planta esta entre 5 a 8 tallos por planta, en el cultivo de haba, entonces podemos aseverar que los datos adquiridos en este estudio están en el rango de estudio. Sin embargo Morales (2000), indica que el número de tallos es el resultado directo del estado de la semilla. Para Alba (1995), señala que la disponibilidad de los nutrientes exclusivamente orgánicos puede limitar el estado nutricional de los granos.

#### 4.4.2.2 Influencia de épocas de siembra en número de tallo

En la Figura 20, con respecto a las épocas de siembra se encuentra diferencias en alcanzar la altura de la planta, se muestra que la primera y la segunda épocas obtuvieron en número de (8) tallos, mientras la tercera época obtuvo (7) tallos.

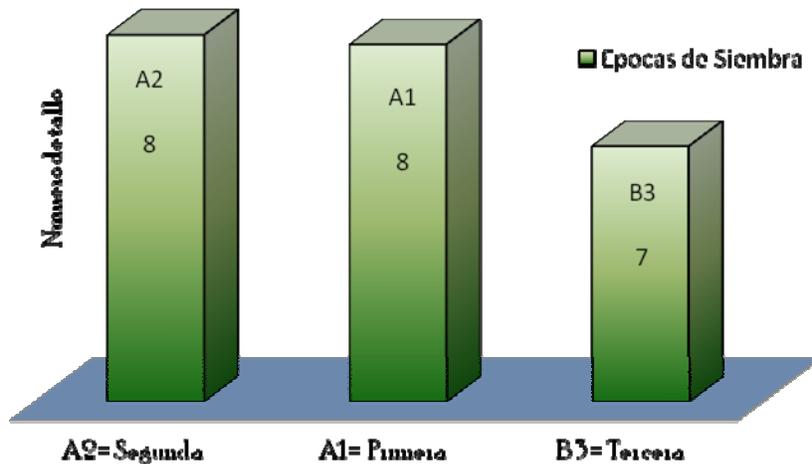


Figura 20. Comparación de medias de métodos de riego en el número de tallos

Esto es atribuido a los factores climáticos y principalmente a la disponibilidad de los nutrientes. Según Cáceres (1995), indica que el rango de número de tallos por planta esta entre los 5 a 8 tallos por planta, en cultivo de haba. Sin embargo Morales (2000), menciona que el número de tallos es el resultado directo del estado de la semilla también de las condiciones de humedad y la temperatura.

#### 4.4.2.3 Efecto simple de la interacción de riego con épocas en el número de tallos

Con el análisis de interacción de método de riego con épocas de siembra se obtuvo los siguientes resultados que dentro de los métodos de riego todas las épocas de siembra son significativo (Anexo 5).

En la Figura 21, se observa que para la primera siembra el resultado es altamente significativo, que coincide con el análisis matemático esto significa que cuando se complementa con riego adicional es mayor número de tallos de la planta, comparado con condiciones a secano; en el primer caso el número de tallo en promedio es de 8 tallos con aplicación de riego, mientras que el número de tallos en promedio de 8 tallos en condiciones a secano.

Para la segunda época de siembra el resultado es significativo, esto determinó que cuando se complementa con riego adicional es mayor número de tallos comparado con las condiciones a secano.

Para la tercera época de siembra no es significativo, esto debido a las uniformidades de precipitaciones que presentaron los meses de diciembre, enero, febrero y marzo en el crecimiento de la planta que en promedio es de 7 tallos con aplicación de riego y a secano.

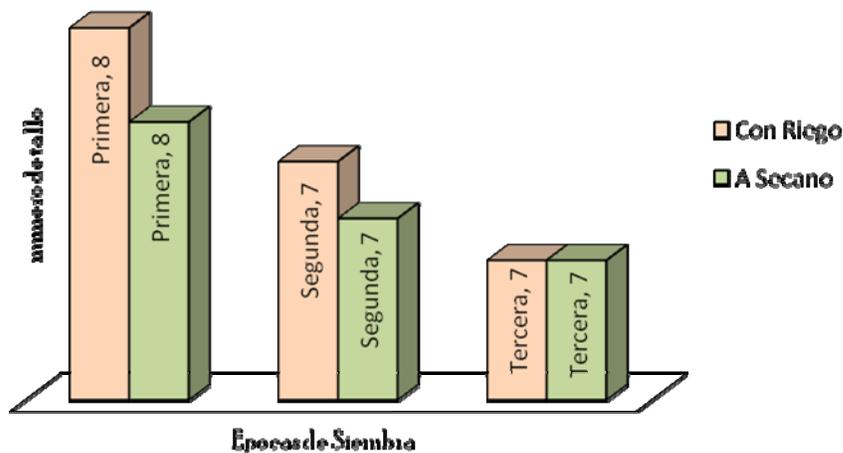


Figura 21. Interacción de riego con épocas de siembra y número de tallo

Según los resultados obtenidos, se aconseja sembrar en septiembre y adicionar riego a este cultivo con el fin de alcanzar mayor número de tallos para tener mayor rendimiento en donde se insertan las flores y al mismo tiempo so las vainas.

Según Centellas (1998), señala que el número de tallos se debe a la proporción de macronutrientes, micronutrientes, que ayudan a enriquecer el suelo además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que acelera la división celular que va relacionada con un aumento de auxinas, influyendo en la producción de tallos.

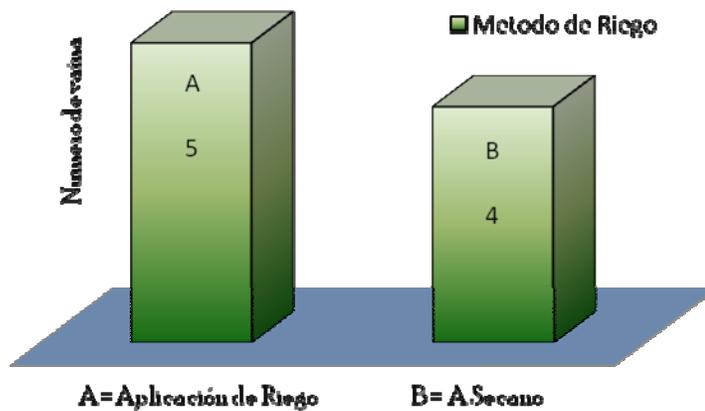
Sin embargo Cáceres (1995), indica que el rango de el número de tallos por planta esta entre los 5 a 8 tallos por planta en el cultivo de haba. Para Morales (2000), menciona que el número de tallos es el resultado directo del estado de la semilla también de las condiciones de humedad y la temperatura.

#### **4.4.3 Número de vainas por planta**

En el análisis de varianza ver (Anexo 5) se observa que presenta estadísticamente alta significancia, los métodos de riego, épocas de siembra, y la interacción de riego con épocas.

#### 4.4.3.1 Influencia de método riego en el número de vainas por planta

Se observa en la Figura 22, con respecto a los métodos de riego que se encuentra diferencias en número de vainas por planta, mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente. Con la comparación de medias se obtuvo que con aplicación de riego tiene mayor Número de vainas en un valor de (5) vainas por planta, mientras que para condiciones a secano tuvo promedios menores de (4) vainas en el cultivo.

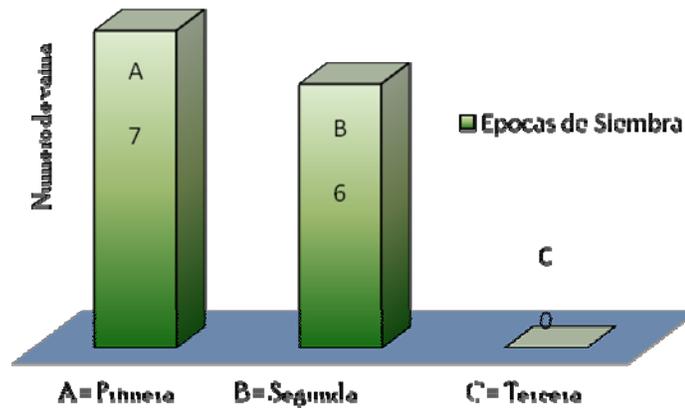


**Figura 22. Comparación de medias de métodos de riego en el número vaina por planta**

Las diferencias son debidas a que el agua afecta directamente todas las funciones que el suelo desempeña en beneficio de las plantas. Según MACA (2005), Las variedades mejoradas de haba llegan a alcanzar entre 6 y 30 vainas por planta. Sin embargo, INFOAGRO (2005), indica que dependiendo de la variedad de haba y condiciones agroclimáticas mientras que para PROINPA (2001), adquirieron rendimientos en vaina de 1,5 - 2.0 kg/ha.

#### 4.4.3.2 Influencia de épocas de siembra en el número de vainas por planta

Se observa en la Figura 23, con respecto a las épocas de siembra que se encuentra diferencias en número de vainas por planta; mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente: Con la comparación de medias se obtuvo en la primera época de siembra mayor número de vainas con un promedio de (7), mientras que para la segunda, tuvo menor número de vainas en un valor de (6), estas diferencias son atribuidas al factor climático (precipitaciones, temperaturas) y para la tercera época no hubo ningún desarrollo de número de vaina, es debido al factor climático que presento de  $-2^{\circ}\text{C}$ , en la fase fenológica de floración de la planta.



**Figura 23. Comparación de medias de épocas de siembra en el número de vaina por planta**

Según MACA (2005), las variedades mejoradas de haba alcanzan entre 6 y 30 vainas por planta. Sin embargo INFOAGRO (2005), indica que dependiendo de la variedad de haba y condiciones agroclimáticas, sin embargo para PROINPA (2001), adquirieron rendimientos en vaina de 1,5 a 2,0 kg/ha.

#### 4.4.3.3 Efecto simple de la interacción de riego con ecotípos de haba en número de vainas

Con el análisis de interacción de método de riego con ecotípos de haba de siembra se tuvo altamente significativo ver (Anexo 5).

En la Figura 24, se observa que para la aplicación de riego se obtuvo en número de vainas de un valor de (4) en todo los ecotípos de haba, mientras a condiciones a secano se tuvo en el promedio de (3) vainas por planta en los ecotípos de haba gigante Copacabana, morena, uchucullo, habilla de esquenia y usnayo.

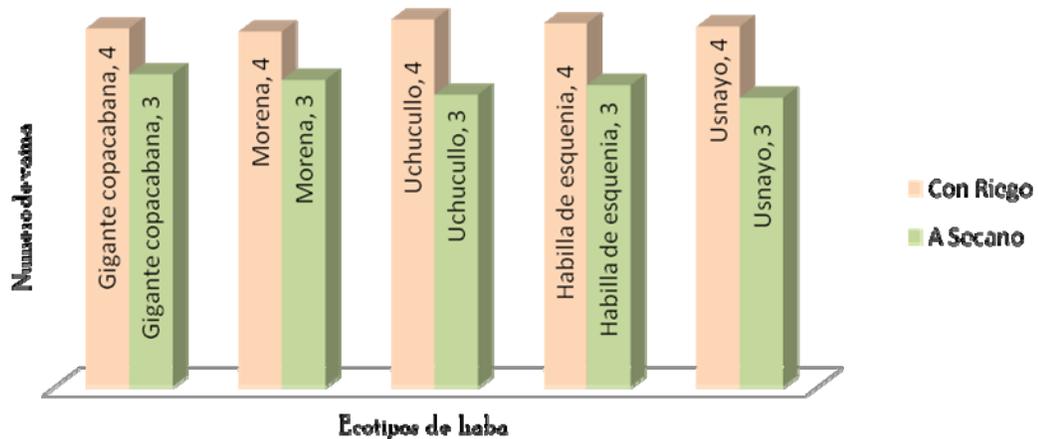


Figura 24. Interacción de riego con ecotípos de haba en la longitud de vaina

Finalmente según los resultados obtenidos, es aconsejable sembrar en septiembre y adicionar riego a este cultivo con el fin de alcanzar mayor número de vainas. Al respecto Centellas (1998), señala que la longitud de vaina se debe a la proporción de macro nutrientes, micronutrientes, que ayudan a enriquecer el suelo además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que acelera la división celular que va relacionada con un aumento de auxinas, influyendo en la producción de tallos. Con respecto MACA (2005), señala que las variedades mejoradas de haba, dependiendo del cultivar, forman entre 6 y 30 vainas por planta.

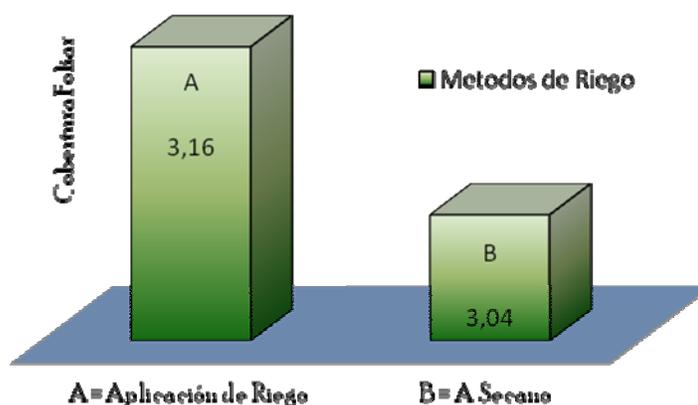
## 4.5 Fases agronómicas

### 4.5.1 Cobertura foliar

En el análisis de varianza (Anexo 5) se observa que presenta significancia estadísticamente en los métodos de riego, épocas de siembra, ecotípos de haba y la interacción de riego con épocas de siembra.

#### 4.5.1.1 Influencia de método de riego en la cobertura foliar

En la Figura 25, con respecto a método de riego se encuentra diferencias en la cobertura foliar; sin embargo mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente. Con la comparación de medias se obtuvo con aplicación de riego mayor cobertura foliar en un promedio de (3,16%), mientras que para condiciones a secano tuvo promedios menor es de cobertura foliar presentando un valor de (3,05%), estas diferencias son debidas a que el agua afecta directamente a la planta, también es importante la función de suelo que debe tener suficiente materia orgánica.

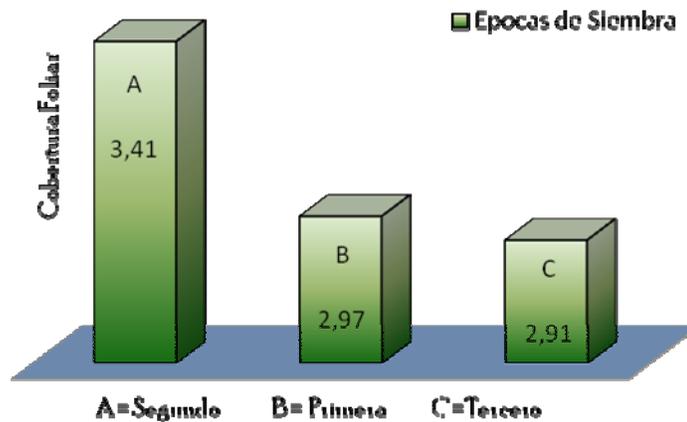


**Figura 25. Comparación de medias de métodos de riego en la cobertura foliar**

Al respecto Salinas (2002), indica que la mayor cobertura foliar al igual que en la emergencia se debió principalmente a que se presentó mayor precipitación. Sin embargo Centellas (1998), señala que la cobertura foliar se debe a la proporción de macronutrientes, micronutrientes, que ayudan a enriquecer el suelo además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que acelera la división celular.

#### 4.5.1.2 Influencia de épocas de siembra en la cobertura foliar

En la Figura 26, se observa que con respecto a las épocas de siembra se encuentra diferencias en la cobertura foliar y mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente. Con la comparación de medias se obtuvo la segunda época de siembra un promedio mayor cobertura foliar con (3.41%) seguida por la primera época de siembra con (2.97%), estas diferencia en la cobertura foliar es por el efecto de la épocas, también influenciado por las precipitaciones que se presentaron en la parcela de investigación, mientras que para la tercera se tuvo menor cobertura con un valor de (2.91%).

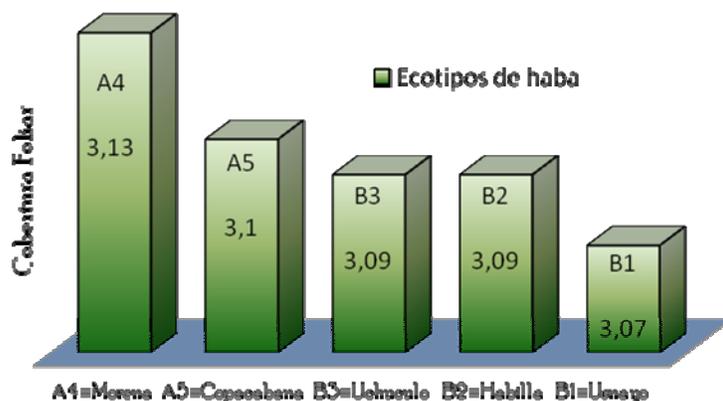


**Figura 26. Comparación de medias de épocas de siembra en la cobertura foliar**

Al respecto Salinas (2002), indica que la mayor cobertura foliar al igual que en la emergencia se debió principalmente a que se presentó mayor precipitación. Sin embargo Centellas (1998), señala que la cobertura foliar se debe a la proporción de macronutrientes, micronutrientes, que ayudan a enriquecer el suelo además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que acelera la división celular. Para Condori (2003), para las variedades mejoradas obtuvo valores de 4,66 a 5,94 % de cobertura foliar.

#### 4.5.1.3 Influencia de ecotipos en la cobertura foliar

En la Figura 27, con respecto a ecotipos de haba se encuentra diferencias en la cobertura foliar y mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente. Con la comparación de medias se obtuvo mayor porcentaje foliar de los ecotipos morena con un valor de (3,13%), seguido de gigante Copacabana que presenta de (3,1%), mientras con menor porcentaje foliar en los ecotipos de haba uchucullo teniendo de (3,09%), después habilla de esquenía presenta (3,09%) y por último de usnayo con un valor de (3,07%).



**Figura 27. Comparación de medias de épocas de siembra en la cobertura foliar**

Principalmente los resultados obtenidos en la parcela de investigación se atribuye a la humedad de suelo y los factores ambientes presentado en la gestión agrícola. Al respecto Trocnikova (1986), indica que en los ecotipos de gigante copacabana y usnayo las plantas alcanzan una mayor de cobertura foliar, sin embargo Díaz (1998), menciona que con la aplicación de riego es posible obtener mayores cobertura foliar.

Para Salinas (2002), indica que la mayor cobertura foliar al igual que en la emergencia se debió principalmente a que se presentó mayor precipitación. Según Centellas (1998), señala que la cobertura foliar se debe a la proporción de macronutrientes y micronutrientes, que ayudan a enriquecer el suelo además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que acelera la división celular.

#### 4.5.1.4 Efecto simple de la interacción de riego con épocas

Con el análisis de interacción de método de riego con épocas de siembra se obtuvo los siguientes resultados; la primera época es significativa, mientras que la segunda época es altamente significativo estadísticamente (Anexo 5).

En la Figura 28, se observa que para la primera siembra el resultado es altamente significativo, que coincide con el análisis matemático, esto significa que cuando se complementa con riego adicional tiene mayor cobertura foliar de la planta comparado con condiciones a secano; en el primer caso la cobertura foliar es en promedio de 3,38% con aplicación de riego, mientras que en condiciones a secano la cobertura foliar en promedio de 3,29%.

Para la segunda época de siembra el resultado es significativo, esto significa que cuando se complementa con riego adicional se obtiene mayor cobertura foliar comparado con condiciones a secano; en el segundo caso la cobertura foliar es en promedio de 3,53% con aplicación de riego mientras que en condiciones a secano la cobertura foliar en promedio de 3,30%.

La tercera época de siembra no es significativo, esto debido a las uniformidades de precipitaciones que presenta en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo el crecimiento de la planta; en el tercer caso la cobertura foliar es en promedio de 2,56% con aplicación de riego y en condiciones a secano.

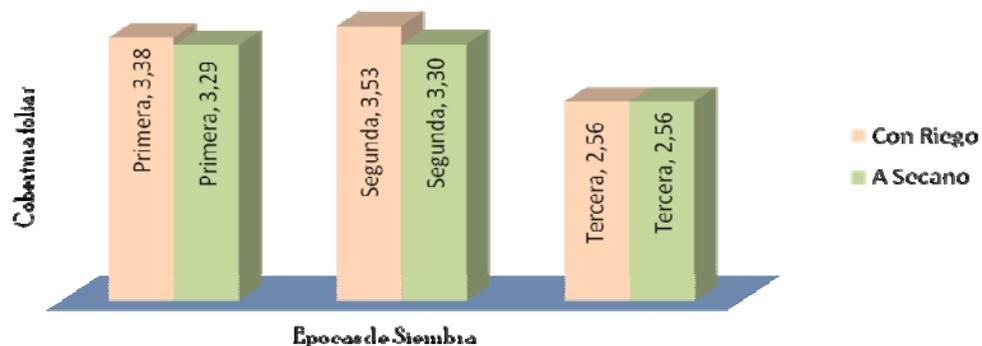


Figura 28. Interacción de riego con épocas de siembra en la cobertura foliar

Se aconseja sembrar haba en septiembre y adicionar riego, con el fin de alcanzar mayor cobertura foliar para tener mayor rendimiento en donde se insertan la inflorescencia y al mismo tiempo la cobertura foliar; al respecto Centellas (1998), señala que la cobertura foliar se debe a la proporción de macronutrientes, micronutrientes, hormonas que ayudan a enriquecer el suelo además proporciona a la planta cierta concentración de nitrógeno y fósforo que acelera la división celular que va relacionada con un aumento de auxinas, influyendo en la producción de tallos.

#### 4.5.2 Peso de grano por planta

En el análisis de varianza (Anexo 5) se observa que presenta significancia estadísticamente, en los métodos de riego, épocas de siembra, ecotípos de haba y la interacción de riego con ecotípos.

##### 4.5.2.1 Influencia de método de riego en el peso de grano por planta

En la Figura 29, la prueba de Duncan muestra que las épocas de siembra son significativos estadísticamente, el método de riego mostró significancia, en la comparación de medias se obtuvo que con aplicación de riego se tiene mayor peso de grano por planta en un promedio de(150g), mientras que para condiciones a secano se obtuvo promedios menores es en el peso de grano por planta en un valor de (128g), estas diferencias son debidas a el agua afecta directamente a la planta también, es importante la función de suelo que debe tener suficiente materia orgánica, macronutrientes y micronutrientes disponibles para la formación de la cobertura foliar.

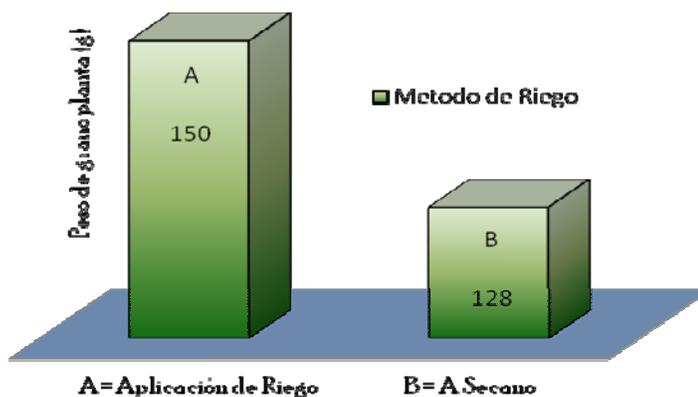


Figura 29. Comparación de medias de métodos de riego en el peso de grano

#### 4.5.2.2 Influencia de épocas de siembra en el peso de grano

Con respecto a las épocas de siembra se encuentran diferencias en el peso de grano por planta, mediante la prueba de Duncan se observa diferencias significativas lo que se muestra en la Figura 30.

En la Figura 30, la prueba de Duncan muestra que las épocas de siembra son significativas estadísticamente, el método de riego mostró significancia, con la comparación de medias se obtuvo la primera época de siembra un promedio mayor de peso de grano (7.50 g), seguida por la segunda época de siembra con (7.30 g), mientras que la tercera época de siembra con un valor de (2,1 g), estas diferencia en el peso de grano es por efecto de la épocas de siembra, también influenciado por las precipitaciones que se presentaron en la zona de estudio. Para la tercera no se obtuvo ningún peso de grano debido a la presencia de las temperaturas bajas con un valor de (-2°C) en el mes de Abril el cultivo se encontraba en la fase fenológica de floración.

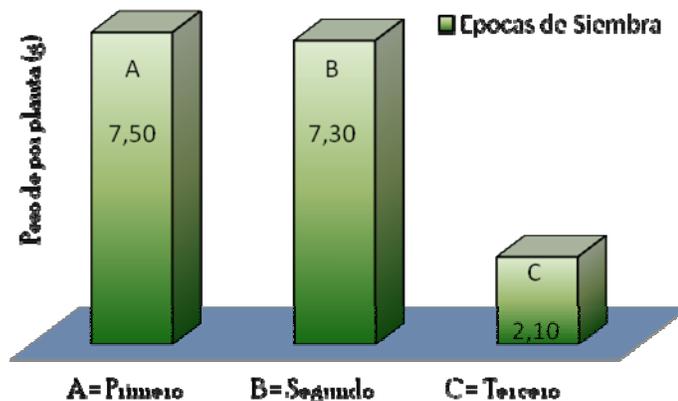


Figura 30. Comparación de medias de épocas de siembra en el peso de grano

### 4.5.2.3 Influencia de ecotípos de haba en el peso de grano

Se observa en la Figura 31, con respecto a los ecotípos de haba se encuentra diferencias en el peso de grano, mediante la prueba de Duncan se muestra diferencias significativas estadísticamente, se muestra que existe una diferencia significativa en donde para gigante Copacabana con un valor de (6,7), seguido de usnayo de (6,6), por detrás se encuentra uchucullo (6), el ecotipo de haba morena (2,7), por último esta habilla de esquenía (2,4).

Es atribuida a la disponibilidad de la humedad y los nutrientes. Estas diferencias de peso de grano entre los ecotípos de haba, se debe a factores climáticos y fisiológico de la planta, Al respecto Morales (2000), afirma que el grano se incrementa con el aumento de la humedad en el suelo, etc., sin embargo Alba (1995), señala que la disponibilidad de los nutrientes exclusivamente orgánicos puede limitar el estado nutricional de los granos.

Alba (1995), menciona que el cultivo tendrá un crecimiento favorable cuando el suelo no llegue a disminuir en un 30% la humedad respecto a la capacidad de campo.

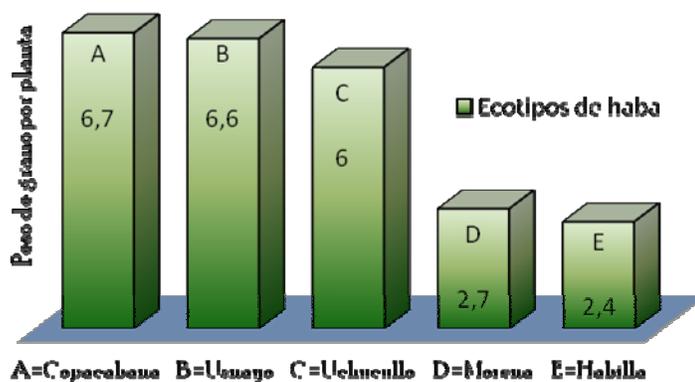


Figura 31. Comparación de medias de épocas de siembra en el peso de grano

#### 4.5.2.4 Efecto simple de la interacción de riego con ecotípos en el peso de grano

Con el análisis de interacción de método de riego con ecotípos de haba se obtuvo los siguientes resultados, dentro de los métodos de riego son significativos se muestra una altamente significativo estadísticamente. (Anexo 5).

En la Figura 32, se muestra el análisis de efecto simple de la interacción de métodos de riego con ecotípos de haba, donde se obtuvo los siguientes resultados:

Para el ecotipo de gigante Copacabana el resultado es altamente significativo en donde presenta valores con la aplicación de riego de (5,5 g), para condiciones a secano presenta un valor de (5,4 g) por planta, para el ecotipo de haba morena presenta con la aplicación de riego con un valor de (4,8 g) por planta, para condiciones a secano tiene un valor de (4,7 g) por planta. En el ecotipo de Uchucullo con riego tiene un valor de (2,3 g) por planta, para condiciones a secano con un valor de (2,1 g) por planta. En el ecotipo de habilla de esquenía con riego presenta un valor de (2,1 g) por planta, en condiciones a secano (1,9 g) por planta. En el ecotipo de haba Usnayo con riego tiene un valor de (5,4 g) por planta, en condiciones a secano con un valor de (5,3 g) por planta.

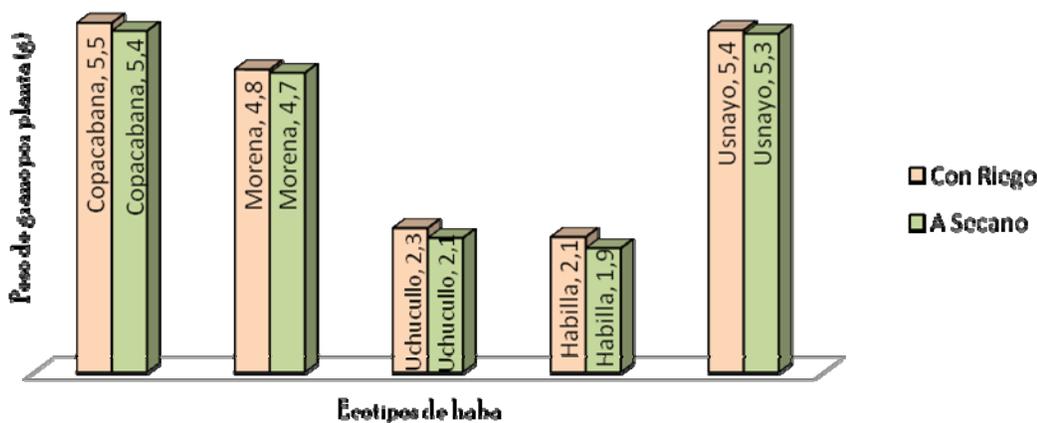


Figura 32. Interacción de riego con épocas de siembra en el peso de grano por planta

El ecotipo de haba gigante Copacabana se registro con mayor peso de grano por planta en la comunidad de Canta y se recomienda usar el ecotipo de haba, claramente existe diferencias de peso de grano por planta en las diferentes de los ecotípos de haba, lo que podemos deducir es que las condiciones climáticas favorables en el tiempo exacto favorece a los resultados de los pesos de grano por planta en de los diferentes ecotípos.

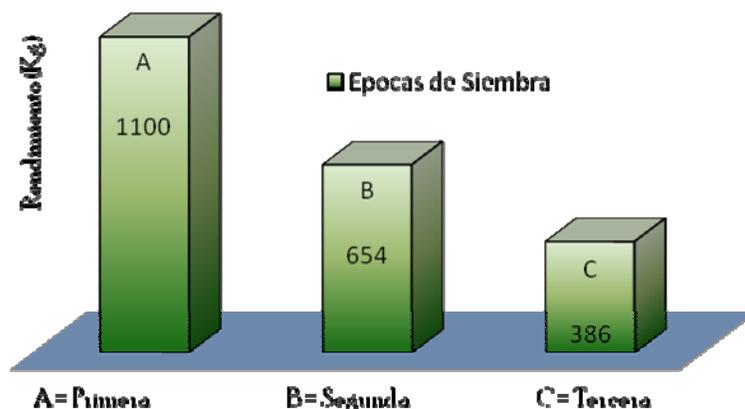
Esto es ratificado por Pacheco (1997). quien utilizo ecotípos de haba en diferentes épocas de siembra menciona los ecotípos responden de diferente manera a las condiciones climáticas de cada época de siembra debido a las condiciones favorables de humedad, temperatura y precipitación dentro de cada época de siembra. Por lo tanto, se puede indicar que la primera época de siembra fue la que tuvo estas características favorables para el cultivo de haba.

### 4.5.3 Rendimiento

En el análisis de varianza (Anexo 5) se observa que presenta significancia estadísticamente, épocas de siembra y la interacción de riego con épocas.

#### 4.5.3.1 Influencia de épocas de siembra en el rendimiento

En la Figura 33, con respecto a las épocas de siembra se encuentra diferencias en rendimiento, mediante la prueba de Duncan se observa diferencias significativas estadísticamente y matemáticamente, con la comparación de medias se obtuvo la primera época de siembra un promedio mayor de rendimiento ( $500 \text{ kg-ha}^{-1}$ ), seguida por la segunda época de siembra con ( $454 \text{ kg-ha}^{-1}$ ), mientras que la tercera época de siembra con un valor de ( $386 \text{ kg-ha}^{-1}$ ); estas diferencia en el rendimiento es por el efecto de la épocas de siembra, que es directamente influenciado por las precipitaciones que se presentaron en la zona de estudio de la campaña agrícola gestión 2007 – 2008.



**Figura 33. Comparación de medias de épocas de siembra en el rendimiento**

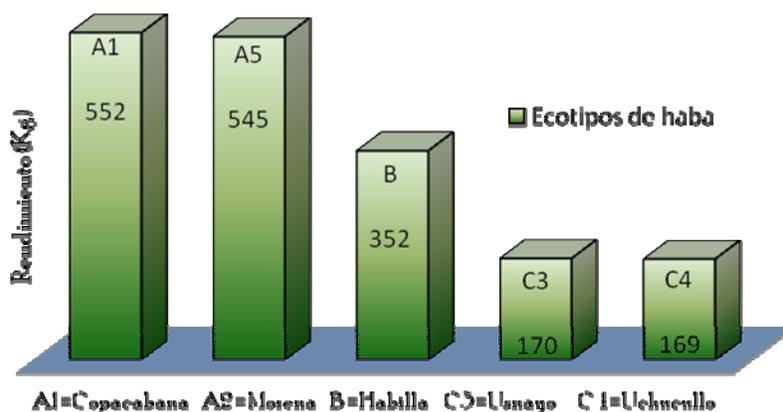
Es atribuida a factores climáticos. Estas diferencias de rendimiento. Al respecto Pusarico (2003), indicó que a medida que se retrasaban las fechas de siembra los rendimientos fueron menores o más deficientes, lo que provocó que los rendimientos disminuyeran en el cultivo, afirmando que el mayor rendimiento se obtuvo en la época uno y el menor rendimiento en la última época de siembra de su correspondiente estudio. Sin embargo INFOAGRO (2005), el rendimiento promedio en grano seco de variedades o ecotipos

criollos es de 0,8 tn/ha, en cultivares mejoradas en para la zona altiplánica fue de 3 a 4,5 tn/ha. Bajo condiciones de producción comercial. Asimismo PASAP (2003), determinó que el rendimiento promedio en grano seco de variedades o ecotípos en la zona altiplánica y valles son de 2 a 3 tn/ha respectivamente. Para Alba (1995), señala que la disponibilidad de los nutrientes exclusivamente orgánicos puede limitar el estado nutricional de los granos.

#### 4.5.3.2 Influencia de ecotípos de haba en el rendimiento

En la Figura 34, con respecto a los ecotípos de haba se encuentra diferencias en rendimiento, mediante la prueba de Duncan se observa diferencias significativas estadísticamente y matemáticamente,

se muestra que existe una diferencia significativa en donde para gigante Copacabana con un valor de (552 kg-ha<sup>-1</sup>), seguido de morena de (545 kg-ha<sup>-1</sup>), después se encuentra habilla de esquenía (352 kg-ha<sup>-1</sup>), el ecotipo de haba usnayo (170 kg-ha<sup>-1</sup>), por último esta uchucullo (169 kg-ha<sup>-1</sup>), estas diferencias en el rendimiento es por el efecto de los ecotípos de haba, que es directamente influenciado por las precipitaciones que se presentaron en la zona de estudio de la campaña agrícola gestión 2007 – 2008.



**Figura 34. Comparación de medias de épocas de siembra en el rendimiento**

Es atribuida a factores climáticos. Estas diferencias de rendimiento. Al respecto Pusarico (2003), indica que a medida que se retrasaban las fechas de siembra en los rendimientos fueron menores o más deficientes, lo que provocó que los rendimientos disminuyeran en el

cultivo, afirmando que el mayor rendimiento se obtuvo en la época uno y el menor rendimiento en la última época de siembra de su correspondiente estudio.

Sin embargo INFOAGRO (2005), el rendimiento promedio en grano seco de variedades o ecotípos criollos es de 0,8 tn/ha, en cultivares mejoradas en para la zona altiplánica fue de 3 a 4,5 tn/ha. Bajo condiciones de producción comercial.

Asimismo PASAP (2003), encontró que el rendimiento promedio en grano seco de variedades o ecotípos en la zona altiplánica y valles son de 2 a 3 tn/ha respectivamente , mientras que para Alba (1995), señala que la disponibilidad de los nutrientes exclusivamente orgánicos puede limitar el estado nutricional de los granos.

#### 4.5.3.3 Efecto simple de la interacción de riego con épocas

Con el análisis de interacción de método de riego con ecotipos de haba se obtuvo los siguientes resultados la primera época no es significativo estadísticamente (Anexo 5).

En la Figura 35, se observa que para el ecotipo de gigante Copacabana el resultado es no significativo en donde presenta valores con la aplicación de riego ( $866 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), para condiciones a secano presenta un valor de ( $858 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de rendimiento, para el ecotipo de haba morena presenta con la aplicación de riego con un valor de ( $817 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), para condiciones a secano tiene un valor de ( $814 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de rendimiento.

En el ecotipo de Uchucullo con riego tiene un valor de ( $651 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de rendimiento, para condiciones a secano con un valor de ( $641 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de rendimiento. En el ecotipo de habilla de esquenía con riego presenta un valor de ( $642 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), en condiciones a secano ( $630 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de rendimiento.

En el ecotipo de haba Usnayo con riego tiene un valor de ( $858 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), en condiciones a secano con un valor de ( $855 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de rendimiento. También Pusarico (2003), indicó que a medida que se retrasaban las fechas de siembra los rendimientos fueron menores o más deficientes, lo que provocó que los rendimientos disminuyan en el cultivo de haba.

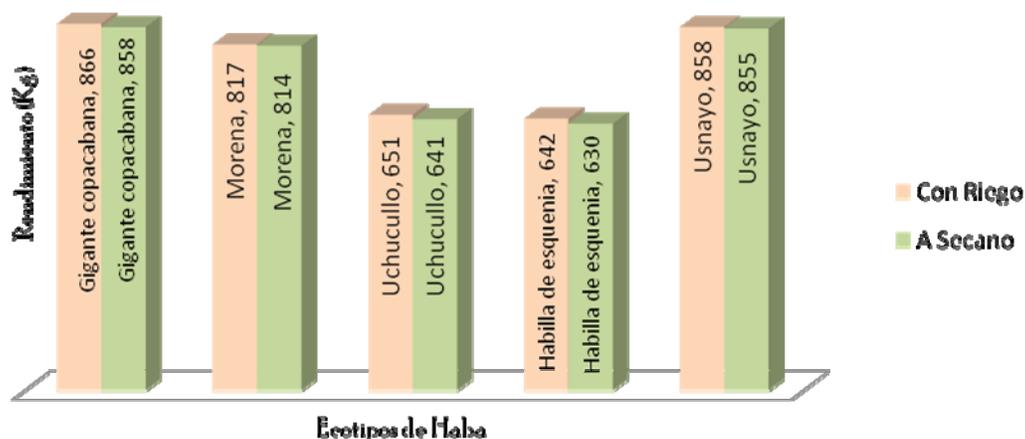


Figura 35. Interacción de épocas con ecotipos de haba en el rendimiento

Según los datos adquiridos de la estación meteorológica del lugar con respecto a temperaturas máximas, temperaturas mínimas estas varían según las épocas de siembra

en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, entonces se puede asumir que son atribuidas a los factores climáticos, manejo agronómico y condiciones favorables del suelo.

Sin embargo INFOAGRO (2005), indica que el rendimiento promedio en grano seco de variedades o ecotipos criollos es de 0,8 tn/ha, en cultivares mejoradas en para la zona altiplánica fue de 3 a 4,5 tn/ha. Bajo condiciones de producción comercial. Asimismo PASAP (2003), encontró que el rendimiento promedio en grano seco de variedades o ecotipos en la zona altiplánica y valles son de 2 a 3 tn/ha respectivamente, mientras que para Alba (1995), señala que la disponibilidad de los nutrientes exclusivamente orgánicos puede limitar el estado nutricional de los granos.

#### 4.6 Análisis económico

##### 4.6.1 El análisis económico

Se realizó el análisis económico, tomando en cuenta el rendimiento de grano, mano de obra para el manejo de cultivo, riego, preparación del terreno, insumos y semilla que se utilizaron en la unidad experimental.

La Figura 36, muestra el análisis económico que resume los resultados de un presupuesto parcial con varias opciones de producción, con dos métodos de riego, en tres épocas de siembra, se obtiene el mayor beneficio neto en la primera época de siembra con la aplicación de riego con un valor de 428.8 \$us/ha, conjuntamente a la segunda época de siembra mediante el método de riego con 389.6 \$us/ha, mientras que los menor beneficios netos se presentan con la tercera época de siembra presentando valores de 331.1 \$us/ha.

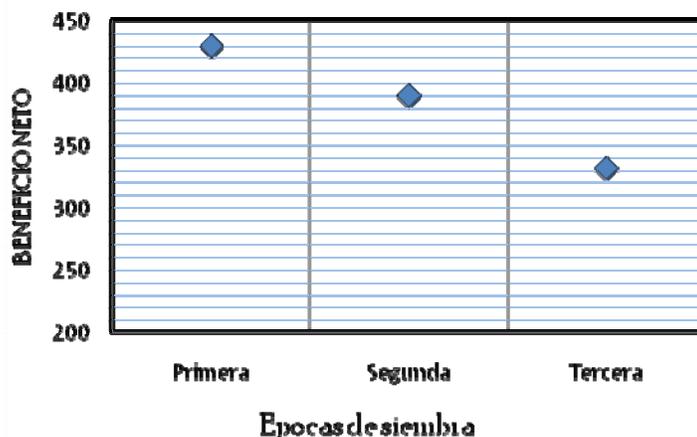


Figura 36. Curva de beneficio neto en función a las épocas de siembra.

La Figura 37, presenta la relación beneficio costo (B/C) señalando una rentabilidad mediante la primera épocas de siembra, asumiendo estos valores se puede observar los mas altos valores que se obtienen empleando aplicación de riego en la tres épocas de siembra, la primera época de siembra presenta el mayor beneficio - costo con 1,4, conjuntamente a la segunda época de siembra con un valor de 1,1, los valores mas bajos se presentan en la tercera época de siembra con un valor de 0.7 respectivamente.

De la misma forma en la Figura 37, la curva de Beneficio Costo muestra que en la primera épocas de siembra, con la aplicación de riego es la que ofrece una mayor rentabilidad debido al elevado rendimiento de grano por que se le dio un buen manejo de cultivo.

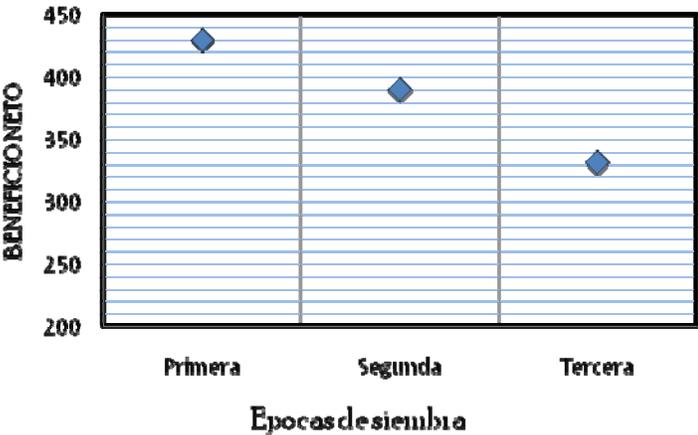


Figura 37. Curva de la relación beneficio – costo en función a las épocas de siembra.

## 5. CONCLUSIONES

Mediante los resultados estudiados se obtienen las conclusiones:

- 1) La aplicación de riego adicional en cultivo de haba, favoreció a que un mayor número de semillas lograran emerger en 73,15% con la aplicación de riego y 68,00% en condiciones a secano, posteriormente se obtuvo en la etapa de la altura de la planta en un promedio de 34.8 cm con riego y 32.8 cm en condiciones a secano.
- 2) En general, de las tres épocas de siembra implementadas en la investigación, se determinó que la primera época de siembra tuvo un mejor comportamiento en la emergencia con un valor de 73,15%, en la altura de la planta 40 cm, en número de tallo llegó a alcanzar (8),.
- 3) En la fase de floración, con el mejor comportamiento se logro en la segunda época de siembra con un valor de 82,4%, mientras la tercera época tuvo de 75,2% y la primera época obtuvo 75%. Con respecto a la interacción de riego con épocas, se determinó con la aplicación de riego es el mejor teniendo los siguientes valores en la primera 81,3%, en la segunda 82.9% y en la tercera 82,5%, mientras en condiciones a secano se obtuvo en la primera 63,8%, en la segunda 81,9% y la tercera 82,5%.
- 4) En la fase de fructificación de grano con el mejor comportamiento se determinó en la segunda época de siembra con un valor de 86%, mientras la primera época tuvo de 85% y la tercera época obtuvo 15%. Con respecto a la interacción de riego con épocas en la fructificación del grano, se logro obtener con la aplicación de riego es el mejor teniendo los siguientes valores en la primera 82,25%, en la segunda 83,12% y en la tercera 67,2%, mientras en condiciones a secano se obtuvo en la primera 80,25%, en la segunda 83,12% y la tercera 68,75%.
- 5) El estudio ha demostrado con respecto a la altura de la planta en el método de riego se encuentra diferencias con la aplicación de riego se obtuvo en promedio de 34,8 cm, mientras que en condiciones a secano tuvo en promedio 32,8 cm. Con respecto a las épocas de siembra, se logro obtener con el mejor comportamiento en la segunda época de siembra con un valor de 40 cm, mientras la tercera época tuvo de 30,9 cm y la primera época obtuvo 30,4 cm.

6) En la investigación del cultivo de haba se ha demostrado, que los números de tallos se encuentra diferentes con el método de riego, con la aplicación de riego se obtuvo en un promedio de 8 tallos, mientras que en condiciones a secano tuvo en promedio 7 tallos. Con respecto a la interacción de riego con épocas de siembra, en los números de tallos, se logro obtener con el mejor comportamiento con la aplicación de riego, obteniendo los siguientes valores en la primera 8 tallos, en la segunda y tercera 7 tallos, mientras en condiciones a secano se obtuvo en todas las épocas de siembra 7 tallos.

7) El estudio ha demostrado con respecto a número de vainas por planta en el método de riego se encuentra diferentes con la aplicación de riego se obtuvo en promedio de 5 vainas por planta, mientras que en condiciones a secano tuvo en promedio 4 vainas por planta. En las épocas de siembras se determinó con el mejor comportamiento en el número de vainas, se obtuvo en la primera época se siembra con un valor de 7 vainas por planta, mientras en la segunda época con 6 vainas por planta y en la tercera ninguna vaina.

8) En la fase de la cobertura foliar se obtuvo con el mejor comportamiento con la aplicación de riego con un valor de 3,16% en promedio, mientras en condiciones a secano tuvo de 3,04%. Con respecto a las épocas de siembra se determinó con el mejor desarrollo de la cobertura foliar obtuvo la segunda época de 3,41%, en la primera 2,97% y la tercera de 2,91%.

9) En el cultivo de haba, en la fase de peso de grano por planta se logro con la aplicación de riego con un valor de 150 g, en condiciones a secano 128g. Con respecto a las épocas de siembra se determinó con el mejor desarrollo del peso de grano obtuvo la primera época con un valor de 7,5g, en la segunda 7,3g y la tercera 2,1 g.

10) Finalmente en el rendimiento del cultivo de haba se ha demostrado, que existe diferencias en la época de siembra, se obtuvo para la primera época de siembra con un valor de 1100 kg-ha<sup>1</sup>, en la segunda 654 kg-ha<sup>1</sup> y en la tercera 386 kg-ha<sup>1</sup>.

## **6. RECOMENDACIONES**

- 1) Se ha demostrado que existen variaciones en la precipitación, temperaturas, humedad de suelo, direcciones de viento, por lo tanto se recomienda realizar nuevas siembras durante varias gestiones agrícolas como alternativa al cambio climático.
- 2) Para entender mejor el comportamiento del cultivo, se recomienda realizar nuevos estudios similares con otros ecotipos de haba, para corroborar los datos obtenidos en campo, como alternativa de adaptación al cambio climático.
- 3) Se recomienda realizar un estudio con diferentes láminas de riego adicional en ecotipos de haba, para poder reducir su ciclo fenológico.
- 4) Finalmente se recomienda realizar siembras tempranas para la Cuenca de Ancoraimes debido a la presencia de temperaturas bajas que se efectúan en los meses de abril y mayo, y con ecotípos cortos, medianos, largos fenológicamente.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- AIDAROV, I. P.; GOLOVANOV, A. I. Y MAMAEV, M. G.** 1982. El riego. Editorial Mir. Moscú, URSS. Pags. 12-20, 26-32, 42-48.
- AITKEN, S. J.** 1987. Manual Agrícola Potosí, Bolivia, Programa de Microproyectos Rurales 166 p.
- ALBA, W.** 1995. Efecto de métodos y umbrales de riego en el desarrollo de los cultivos andino Altiplano Central. Tesis de grado. U.M.S.A. La Paz, Bolivia. P80.
- ALLEN, G. R.; PEREIRA, S. L.; RAES, D. y SMITH, M.** 2006. Evapotranspiración del cultivo. "Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia
- ALVAREZ, M.J.** 1985. "Curso de Riego y Drenaje"; Planificación del riego a nivel de parcela Pg. 5-15 Nivelación de tierras para el riego por superficie Pags. 2-7 IICA-MACA tomo II. Oruro, Bolivia.
- APARECIO, M.F.** 1989. "Fundamentos de hidrología de superficie" Limusa S.A México. Pags. 47-50, 177,295-297.
- AYRES, G. H.** 1984. "Análisis Químico Cuantitativo" Ediciones S.A. Madrid, México, Buenos Aires, Bogota, San Paulo, p. 123
- BARCELO, J. C.; GREGORIO, N. R.; BARTOLOME, S. G.; RICARDO, S. T.** 1988. "Fisiología Vegetal" Quinta Edición editorial Pirámide España p. 256
- BAVER, L. D.; GADNER, W. N. y GADNER, W. R.** 1972. "Física de suelos Hispanoamericana" S.A. México. Pags. 308-320, 422-423.
- BERLIJN, J.D.** 1982. Arados de reja Editorial Trillas, México 30 p.
- BOHN, H.; McNEAL, B. y O'CONNOR** 1993. Química del suelo. Primera Edición. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México. p. 259-264.
- BONIFACIO, A. y DIZES, J.** 1992. Estudio en microscopio electrónico de la morfología de los órganos de la quinua y de la canihua en relación con la resistencia a la sequía In: Actas de VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz-Bolivia. 5p.

- CÁCERES, L.** 1995. Evidencia del Cambio Climático en Ecuador. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador (Disponible en <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/enso/caceres.html> . Consultado él: 10 de agosto de 2007).
- CALVACHE, M.** 1984. “Estudios de la relaciones Suelo – Agua - Planta” Quito, Ecuador. Pags 3-22.
- CALZADA J.** 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Milagros S. A. 5ta edición. 638 p.
- CENTELLAS, R. R.** 1998. Respuesta del cultivo haba (*Vicia faba*) en condiciones a secano con tres distancias de plantación y tres niveles de estiércol en el altiplano central. Tesis de grado Licenciatura en Ingeniería Agronómica. U.M.S.A. Facultad de Agronomía; La Paz Bolivia.95p.
- CEPROBOL** (Centro de Promoción Bolivia) 2004. Haba perfil sectorial, sistema de información y Asesoramiento en Comercialización por Producto Agrícolas Ceprobol – IICD. La Paz, Bolivia 16p.
- CERRATE, M.O.; OILEIER, CH. SALAZAR, E. y VEGA** 1979 cultivo de hortalizas en invernaderos aedos Barcelona España 230p.
- CHOQUECALLATA, J.** 1993. Evapotranspiración máxima (ETM) del cultivo de la quinua por lisimetría y su relación con la evapotranspiración potencial en el altiplano boliviano. Tesis de grado en Ing. Agronómica. U.G.R.M. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Santa Cruz. Bolivia.
- CIMMYT** (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) 1988. La formula de recomendación a partir de datos agronómicos. Programa de economía. México D. F. México Pags. 27-28; 39 y66.
- COCA, M.** 2001. Informe final de proyectos de producción gestión agrícola 2000/2001. Estación Experimental de Belén. La Paz – Bolivia. 55 p.

- CONDORI, F.** 2003. Evaluación agronómica de especies nativas de papa (*Solanum tuberosum*, ssp. *andigena* y *S. x juzepczukii*) bajo riego por aspersión y fertilización adicional, en el altiplano Norte de La Paz. Tesis de grado Licenciatura en Ingeniería Agronómica. U.M.S.A. Facultad de Agronomía; La Paz Bolivia. 115 p.
- CRESPO, M.** 1996. "Cultivo Plantas Aromáticas Perfumíferas " Editorial Albatros Buenos Aires República de Argentina, p. 32
- CUBERO, J.I. y MORENO, M.T.** 1983. "La Agricultura del Siglo XXI " Ediciones Mundi Prensa, Madrid España P 56 -64.
- DÍAZ, A. J. R.** 1998. Situación de la agropasticultivo en países iberoamericanos, España 123 p.
- FAO** (Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2000. Guía para la descripción de perfiles de suelo. Segunda Edición. Servicio de Fomento y Conservación de Recursos de Suelos Dirección de Fomento de Tierra y Aguas. Roma. p. 69.
- FITZ, P. E. A.** 1996. Introducción a la ciencia del suelo. Primera Edición. Trillas. México. 126,132, 153
- GANDARILLAS, A.H.; SALAZAR, V. L.; SANCHEZ, B.L. SANCHEZ, L.C.** 1992. "Dios da el agua ¿que hacen los proyectos?" PRIV. Hisbol Cochabamba, Bolivia. Pag. 18.
- GARCIA, M.** 2003. Agroclimatic study and drought resistance analisis of quinoa for an irrigation strategy in the Bolivian altiplano. Katholieke Universiteit Leuven. Disertaciones de agricultura N° 556.
- GRASS, V.** 1990. "Vetiver la Barrera Contra la Erosión" Primera Edición en Español Diciembre Banco Mundial Washington EE. UU. P. 43
- GUROVICH, L. A.** 1985. "Fundamentos u diseño de sistemas de riego IICA". San José, Costa Rica Pags 34-43, 52-53, 72-73, 96-105, 179,206-215.
- HAUSENBERG, I.** 1988. Relación suelo agua planta Centro de Operaciones Internacionales para el Desarrollo Agrícola Ministerio de Agricultura. Israel Pags. 15-23.

- HERBAS, A. R.** 1993. Introducción a la investigación fitopatología La Paz Bolivia 123 p.
- HORQUE, F. R.** 1990. Cultivo de haba Difusión técnica. Lima, Perú 23p.
- HUIZA, L. Z.** 1994. Efecto del déficit hídrico a marchites intensa sobre el ritmo de crecimiento de la quinua (*Chenopodium quínoa* Willd). Tesis de grado en Ing. Agronómica. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- IBTA (INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA)** 1996. Programa de Investigación de la papa PROINPA Informe Anual Agosto Cochabamba Bolivia, Pags. 203 -212.
- INFOAGRO**, 2005. (Instituto interamericano de cooperación para la agricultura) Unidad de desarrollo rural sostenible. (Disponible en <http://www.infoagro.gov.bo> . Consultado el: 15 de marzo de 2007).
- IPCC (PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS)** 2001. Ministerio de planificación del desarrollo viceministerio de planificación territorial y ambiental OGP internacional Bolivia. 126 p.
- KRAMER, P. J.** 1974. Relaciones hídricas del suelo y planta "la transpiración". Síntesis traducida de Ingles por Leonar Tejada. Edutex S.A. México.
- KRAMER, P. J.** 1983. Relaciones hídricas del suelo y planta. Una síntesis moderna traducida de Ingles por Leonar Tejada. Edutex S.A. México. 539 p.
- LLANOS, C.M.** 1984. "El Maíz". Mundi – prensa Madrid, España. Pags. 177- 185.
- MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios)** 2005. Clasificación taxonómica y por capacidad de uso de las tierras, La Paz –Bolivia.
- MAGDER (Ministerio de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural)** 2002. Normas específicas para la certificación de Semilla de papa, La Paz Bolivia. p.67.
- MDSMA-PNCC (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Viceministro de medio ambiente, Recursos naturales y Desarrollo forestal, Programa Nacional de Cambios Climáticos)** 2000. Escenarios climáticos y opciones de adaptación al cambio climático. La Paz Bolivia. 253p.

- MDSP** (Ministerio De Desarrollo Sostenible y Planificación) 2002. Estrategia Nacional de Implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). La Paz, Bolivia. Pág. 1-12
- MILÁN, M. M. A.** 1996. Arveja (*Pisum Sativum*) las leguminosas en la agricultura Boliviana, resumen informativo Cochabamba- Bolivia Pags. 193-201.
- MINISTERIO DE AGRÍCOLA Y GANADERÍA** 1997. Memorias IV Reunión Nacional en Leguminosas IV Reunión Boliviana de Rhizobiología Diciembre La Paz Bolivia Pags. 123 -142.
- MIRANDA, R.** 2002. Apuntes de la materia de edafología. U.M.S.A. Paz, Bolivia.
- MONTES DE OCA I.** 2005. Enciclopedia Geográfica de Bolivia. Editora Atenea. La Paz, Bolivia. 871 p.
- MONTES DE OCA, I.** 1992. Sistemas de riego y agricultura en Bolivia. Cooperación Técnica Canadiense. La Paz, Bolivia. p. 79-113.
- MORALES, C. B.** 2000. "Manual de riego por gravedad" CCTA Lima, Perú. Pags. 13-14,41-49.
- MORENO, O. C.** 1993. Fundamentos de georeologica, primera edición, México 125 p.
- MUJICA, A. y CANAHUA, A.** 1989. Fases fenológicas del cultivo de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd.). En Curso Taller Fenología de Cultivos Andinos y Uso de la Información Agrometeorológica. PICA. Puno, Perú. p. 23-36.
- NARRO, F. E.** 1994. Física de suelos, con enfoque agrícola, 1ª Ed. Ed. Rotodiseño y color S.A. México D. F., pp33-58
- ORELLAN, M. J.** 1998. Sexta Reunión de Leguminosas de Grano de la Zona Andina Junio Santa Cruz Bolivia pp. 78-81.
- PACHECO, G. J.** 1997. Botánica las plantas y su adaptación al medio de las plantas silvestre Barcelona 83 p.
- PASAP** 2003. (Programa de Apoyo Sectorial a la Agricultura Potosí) programa de cofinanciamiento que facilita el desarrollo agropecuario con proyectos sostenibles para grupos organizados que intervienen de manera participativa, Potosí Bolivia. Pags. 53-55.

- PDM** de Ancoraimes, 2005. Plan de Desarrollo Municipal Gobierno Municipal de Ancoraimes La Paz, Bolivia 35p.
- PEÑA, I.** de la. 2001. "El buen Uso y Manejo de Agua de Riego". Parte I Of. De Ing. De Riego y Drenaje. C.D. Obregón, México. Pags. 48-49, 60-66.
- PNCA** (Plan Nacional Cambios Climáticos) 1999. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, Viceministro de medio ambiente, Recursos naturales y Desarrollo forestal, Escenarios climáticos y opciones de adaptación al cambio climático. La Paz Bolivia. 253p.
- PNCC** (Programa Nacional de Cambios Climáticos) 2005. Plan Nacional de acción sobre el cambio climático, La Paz Bolivia. 240p.
- PROINPA** (Programa de investigación de la papa) 2001. Informe anual 1994/1995. Cochabamba Bolivia. p. 81-83.
- PUSARICO, R.** 2003. Evaluación de cuatro variedades de maíz duro (*Zea mays L.*) en cinco épocas de siembra como medidas de adaptación al cambio climático en la región sub-tropical de La Paz. Tesis de grado Licenciatura en Ingeniería Agronómica. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. 138p.
- RAMÍREZ, J.** 1986. Serie agropecuaria (Cartilla) Fondo Social de emergencia. La Paz Bolivia 11 p.
- RAMÍREZ, R. H. y CEPEDA, S. M.** 1990. El Manzano Catalogo en la fuente segunda edición Marzo México, pp. 68-78
- RAMOS, S. P.** 1999. Siete Años de Economía Boliviana Universidad Mayor de San Andrés, Primera Edición La Paz Bolivia, pp. 45.
- REA, J.** 1979. Biología floral de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd.). Turrialba 19: 91-96. Rodríguez, R. 1978. Determinación del porcentaje de autopolinización y cruzamientos naturales en tres variedades comerciales de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd). Tesis de Ing. Agro. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 86 p.
- RODRÍGUEZ, B. C.** 1991. "La radiación solar en la estimación de la evapotranspiración potencial". Departamento de Irrigación Universidad Autónoma de Chapingo Chapingo, México. Pags. 19-62.

- SALINAS, S.** (2002). Validación del modelo de simulación Lintul (Light Intercepción and Utilización) para estimar el daño de las heladas en el cultivo de papa (*Solanum ssp.*). Tesis de grado Licenciatura en Ingeniería Agronómica. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. 95 p.
- SENAMHI** (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) 2004. Archivos, datos históricos de temperaturas, precipitaciones y humedad relativa ambiente, Belén Omasuyos La Paz Bolivia.
- SERRANO, C. Z.** 1979. Cultivo de hortalizas en invernaderos primera edición Barcelona aedos 234 p.
- SOLÍS, L.V.** 2002. "Conservación de Frutas y Hortalizas Manual de Técnicos Agropecuaria" Editorial Acribia, Zaragoza España Ps. 63 - 75.
- STRANSBURG, M. F.; SCHENCK, H. S. y SCHIMPER, A. F.** 1977. Tratado de Botánica Bonn Alemania p 23.
- TAPIA, M. E., SANCHEZ, I., MORON, C., AYALA, G., FRIES, A. M., BACIGALUPO, A.** 1997. Cultivos Andinos Sub Explotados y su Aporte a la Alimentación, Agronomía de los cultivos andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Segunda Edición. FAO. Santiago de Chile, p 129-149.
- THOMSON, G. B.** 1982. Calculo varios variables novena edición, México p. 253 – 312.
- TISCORNIA, J. R.** 1987. Cultivo de hortalizas terrestres buenos aires 123 p.
- UNZUETA, Q.** 1978. Mapa ecológica de Bolivia, Memoria explicativa. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. La Paz Bolivia. 171 -177 p.
- USDA** 1971. U.S. Salinity Staff, Clasificación de agua de riego. USDA. Washinton D.C.
- VÁSQUEZ, B. E. y TORRES, G. S.** 1992. Fisiología Vegetal, Habana Cuba pp. 356-358, 415, 456 -457.
- VIGLIOLA, M. I.** 1992. Manual de Horticultura Cátedra de Horticultura Facultad de Agronomía Universidad Buenos Aires Argentina Editorial Hemisferio Sur S. A. pp 35-36, 75-89, 102-125.

**WAAIJENBERG, H** 2000. Programa Nacional de Leguminosas de Grano, Resultados de la investigación 1991 – 1998 Cochabamba, Bolivia Pags. 5–7.

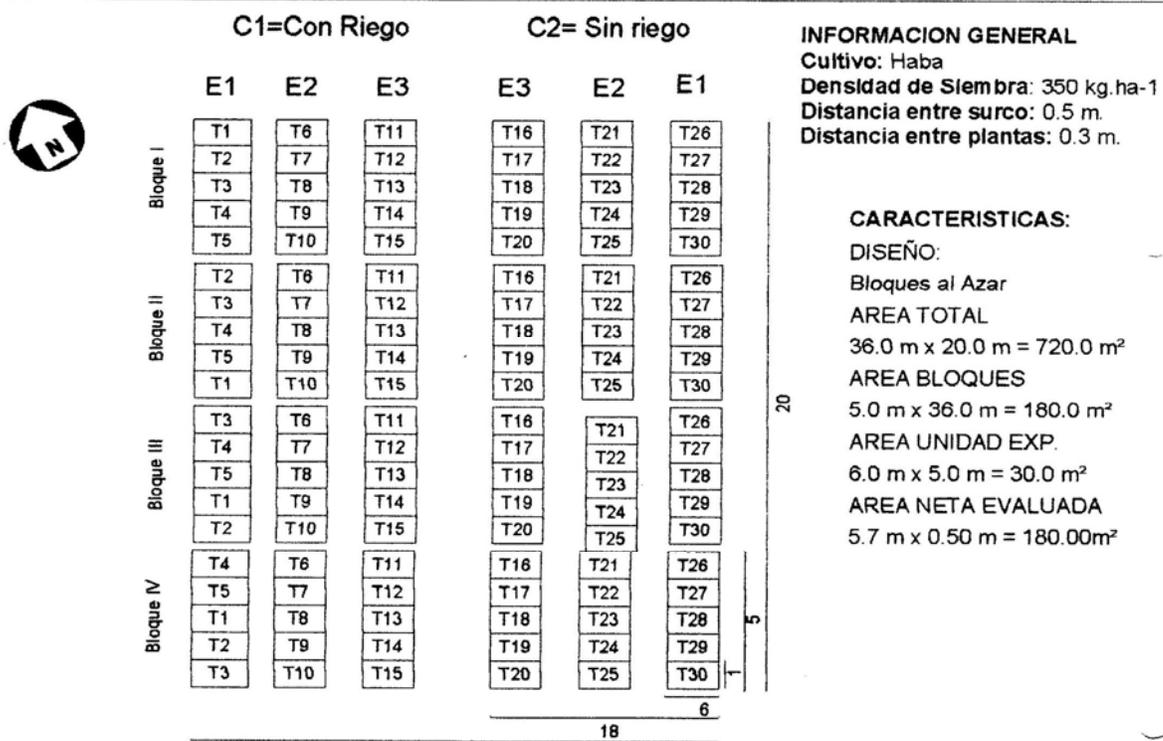
**WALKER, W.R.** 1990. Riego por superficie y evaluación de datos de campo comisión internacional de riego y drenaje ICID Logan, UTA Pags. 2-9.

# ANEXOS

# ANEXO 1 CROQUIS DE LA PARCELA DE INVESTIGACIÓN

## CROQUIS PARCELA EXPERIMENTAL Cultivo de haba ( *Vicia faba* L.)

Lugar: Provincia Omasuyos, Loc. Ancoraimes, Comunidad Canta  
 Proyecto : Bol 10/11590- Tesis de Grado  
 Responsable: Casimiro Ichuta Ichuta  
 Gestión : 2007/2008- LA PAZ BOLIVIA



## ANEXO 2 INTERACCIONES DE LOS TRATAMIENTOS

T1 = R1E1V1 Aplicación de riego, primera siembra, Gigante Copacabana

T2 = R1E1V2 Aplicación de riego, primera siembra, Morena

T3 = R1E1V3 Aplicación de riego, primera siembra, Uchucullo

T4 = R1E1V4 Aplicación de riego, primera siembra, Habilla de esquenía

T5 = R1E1V5 Aplicación de riego, primera siembra, Usnayo

T6 = R1E2V1 Aplicación de riego, Segunda siembra, Gigante Copacabana

T7 = R1E2V2 Aplicación de riego, Segunda siembra, Morena

T8 = R1E2V3 Aplicación de riego, Segunda siembra, Uchucullo

T9 = R1E2V4 Aplicación de riego, Segunda siembra, Habilla de esquenía

T10 = R1E2V5 Aplicación de riego, Segunda siembra, Usnayo

T11 = R1E3V1 Aplicación de riego, Tercera siembra, Gigante Copacabana

T12 = R1E3V2 Aplicación de riego, Tercera siembra, Morena

T13 = R1E3V3 Aplicación de riego, Tercera siembra, Uchucullo

T14 = R1E3V4 Aplicación de riego, Tercera siembra, Habilla de esquenía

T15 = R1E3V5 Aplicación de riego, Tercera siembra, Usnayo

T16 = R1E1V1 Asecano, Primera siembra, Gigante Copacabana

T17 = R1E1V2 Asecano, Primera siembra, Morena

T18 = R1E1V3 Asecano, Primera siembra, Uchucullo

T19 = R1E1V4 Asecano, Primera siembra, Habilla de esquenía

T20 = R1E1V5 Asecano, Primera siembra, Usnayo

T21 = R1E2V1 Asecano, Segunda siembra, Gigante Copacabana

T22 = R1E2V2 Asecano, Segunda siembra, Morena

T23 = R1E2V3 Asecano, Segunda siembra, Uchucullo

T24 = R1E2V4 Asecano, Segunda siembra, Habilla de esquenía

T25 = R1E2V5 Asecano, Segunda siembra, Usnayo

T26 = R1E3V1 Asecano, Tercera siembra, Gigante Copacabana

T27 = R1E3V2 Asecano, Tercera siembra, Morena

T28 = R1E3V3 Asecano, Tercera siembra, Uchucullo

T29 = R1E3V4 Asecano, Tercera siembra, Habilla de esquenía

T30 = R1E3V5 Asecano, Tercera siembra, Usnayo

Obteniéndose: 30 tratamientos por 4 Bloques asíéndose 120 Unidades Experimentales.

### ANEXO 3 EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE HABA

Meses	T° Max	T° Min	HR (%)	V (m/s)	Eto (mm)
Julio	14,8	-2,4	53,1	0,38	2,3
Agosto	13,7	2,6	61,6	2,48	2,9
Septiembre	14,2	1,1	64	1,69	3,3
Octubre	15,9	3,9	63,7	0,97	3,6
Noviembre	15,2	3,8	63,2	0,54	3,7
Diciembre	14,5	4,2	68,7	0,45	3,5
Enero	13,4	4,3	77,2	0,29	3,3
Febrero	14,5	4,7	72,7	0,33	3,3
Marzo	15,5	2,9	70,9	0,23	3,4
Abril	16	2	64,4	0,35	3
Mayo	15,1	-0,3	56,4	0,1	2,4
Junio	13,9	-5,7	46,8	0,22	2,1

### ANEXO 4 FECHAS Y CANTIDAD DE AGUA APLICADA EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Fechas	Cantidad de agua aplicada como riego (mm)														
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
13/8	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
20/8	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
2/9	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
9/9	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
16/9	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
23/9	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
30/9	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
7/10	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
14/10	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
21/10	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
28/10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
11/11	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
<b>TOTAL</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>235</b>

## ANEXO 5 (ANVAS)

**CUADRO 5. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE EMERGENCIA**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
Bloques	3	410,41	136,80	2,88	0,0420	*
MÉTODOS DE RIEGO	1	856,17	856,17	18,00	0,0001	**
Error DE RIEGO	3	149,12	49,70			
ÉPOCAS DE SIEMBRA	2	132,95	66,47	1,40	0,2538	Ns
INT.RIEGO ÉPOCAS	2	915,79	457,89	9,63	0,0002	**
Error DE ÉPOCAS	12	1552,88	129,40			
ECOTÍPOS DE HABA	4	223,29	55,82	1,17	0,3297	Ns
INT. RIEGO ECOTÍPOS	4	138,26	34,56	0,73	0,5765	Ns
INT. ÉPOCAS ECOTÍPOS	8	380,45	47,55	1,00	0,4438	Ns
INT.RIEGO ÉPOCAS ECOTI	8	817,43	102,17	2,15	0,0420	Ns
Error	72	3387,20	47,00			
TOTAL	119	9000,10				

ns = no significativo

\* = significativo

\*\* = altamente significativo

CV= 9.71%

**CUADRO 6. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO DE RIEGO CON ÉPOCAS**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%)	
A (b1)	1	378,2	378,2	7,96	3,98	*
A (b2)	1	1404,2	1404,2	29,56	3,98	*
A (b3)	1	27,2	27,2	0,57	3,98	Ns
Error	71	3376,5	47,5			

**CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PORCENTAJE DE FLORES**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
BLOQUES	3	180,3	60,1	3,68	0,0158	*
MÉTODOS DE RIEGO	1	3,3	3,3	0,20	0,6526	Ns
Error DE RIEGO	3	25,2	8,4			
ÉPOCAS DE SIEMBRA	2	1412,6	706,3	43,31	0,0001	**
INT.RIEGO ÉPOCAS	2	3671,6	1835,8	112,56	0,0001	**
Error DE ÉPOCAS	12	306,1	25,5			
ECOTÍPOS DE HABA	4	101,7	25,42	1,56	0,1946	Ns
INT. RIEGO ECOTÍPOS	4	81,1	20,2	1,24	0,3000	Ns
INT. ÉPOCAS ECOTÍPOS	8	81,4	10,1	0,62	0,7551	Ns
INT.RIEGO ÉPOCAS ECOTI	8	69,8	8,7	0,54	0,8262	Ns
Error	72	1174,3	16,3			
TOTAL	119	7107,7				

ns = no significativo

\* = significativo

\*\* = altamente significativo

CV= 5,20%

**CUADRO 8. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO DE RIEGO CON ÉPOCAS EN EL PORCENTAJE DE FLORACION**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
A (b1)	1	1562,5	1562,5	95,9	3,98 *
A (b2)	1	10,0	10,0	0,6	3,98 Ns
A (b3)	1	2102,5	2102,5	129,0	3,98 *
Error	72	1174,3	16,3		

ns = no significativo

\* = significativo

**CUADRO 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL LLENADO DE GRANO**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
BLOQUE	3	0,29	0,0972	1,56	0,2076	Ns
MÉTODO	1	0,20	0,2083	3,33	0,720	Ns
Error MÉTODO	3	0,025	0,0083			
ÉPOCA	2	0,716	0,3583	5,73	0,0049	**
INT. MÉTODO ÉPOCA	2	1,516	0,7583	12,13	0,0001	**
Error DE ÉPOCA	12	0,43	0,0361			
ECOTIPO	4	0,616	0,1541	2,47	0,0524	Ns
INT. MÉTODO ECOTIPO	4	0,083	0,0208	0,33	0,8547	Ns
INT. ÉPOCAECOTIPO	8	0,53	0,0667	1,07	0,3960	Ns
INT. MÉTODO ÉPOCA ECOTI	8	1,067	0,1333	2,13	0,0433	Ns
Error	72	4,50	0,06250000			
Total	119	9,99				

ns = no significativo

\* = significativo

\*\* = altamente significativo

CV= 6.39%

**CUADRO 10. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO DE RIEGO CON ÉPOCAS**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)
A (b1)	1	40,0	40,0	6,26	3,98 *
A (b2)	1	62,5	62,5	9,78	3,98 *
A (b3)	1	24,0	24,0	3,76	3,98 *
B(a1)	2	3205,8	1602,9	250,85	3,13 *
B(a2)	2	1822,7	911,4	142,62	3,13 *
Error	72	4,5	6,39		

ns = no significativo

\* = significativo

**CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA ALTURA DE LA PLANTA**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
BLOQUES	3	92,60	30,86	3,55	0,0185	*
MÉTODOS DE RIEGO	1	120,00	120,00	13,80	0,0004	**
Error DE RIEGO	3	56,86	18,95			
ÉPOCAS DE SIEMBRA	2	2329,55	1164,77	133,99	0,0001	**
INT. RIEGO ÉPOCAS	2	15203,85	7601,92	874,48	0,0001	**
Error DE ÉPOCAS	12	75,13	6,26			
ECOTÍPOS DE HABA	4	29,53	7,38	0,85	0,4987	Ns
INT. RIEGO ECOTÍPOS	4	78,16	19,54	2,25	0,0722	Ns
INT. ÉPOCAS ECOTÍPOS	8	53,11	6,63	0,76	0,6355	Ns
INT. RIEGO ÉPOCAS ECOTI	8	50,48	6,31	0,73	0,6681	Ns
Error	72	625,90	8,69			
TOTAL	119	18715,20				

ns = no significativo  
CV= 8.26%

\* = significativo

\*\* = altamente significativo

**CUADRO 12. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO DE RIEGO CON ÉPOCAS**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
A (b1)	1	8213,60	8213,60	945,18	3,98	**
A (b2)	1	139,50	139,50	16,05	3,98	**
A (b3)	1	7859,05	7859,05	904,38	3,98	**
B(a1)	2	9909,12	4954,56	570,14	3,13	**
B(a2)	2	8743,47	4371,74	503,08	3,13	**
Error	72	625,90	8,69			

**CUADRO 13. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA NÚMERO DE TALLOS**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
BLOQUES	3	7,63	2,54	10,78	0,0001	**
MÉTODOS DE RIEGO	1	2,70	2,70	11,44	0,0012	**
Error DE RIEGO	3	2,16	0,72			
ÉPOCAS DE SIEMBRA	2	1,51	0,75	2,84	0,0461	*
INT.RIEGO ÉPOCAS	2	0,35	0,17	0,66	0,0358	*
Error DE ÉPOCAS	12	3,20	0,26			
ECOTÍPOS DE HABA	4	0,21	0,05	0,23	0,9210	Ns
INT. RIEGO ECOTÍPOS	4	1,71	0,42	1,82	0,1348	Ns
INT. ÉPOCAS ECOTÍPOS	8	0,48	0,06	0,26	0,9777	Ns
INT.RIEGO ÉPOCAS ECOTI	8	0,98	0,12	0,52	0,8372	Ns
Error	72	17,00	0,23			
TOTAL	119	37,96				

ns = no significativo      \* = significativo      \*\* = altamente significativo      CV= 6.46%

**CUADRO 14. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO DE RIEGO CON ÉPOCAS**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)	
A (b1)	1	1,76	1,8	7,67	3,98	*
A (b2)	1	0,60	0,6	2,61	3,98	*
A (b3)	1	0,00	0,0	0,00	3,98	*
B(a1)	2	0,42	0,2	0,92	3,13	*
B(a2)	2	2,44	1,2	5,30	3,13	Ns
Error	72	17,0	0,2			

ns = no significativo      \* = significativo

**CUADRO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA DE NÚMERO DE VAINA POR PLANTA**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUE	3	0,03	0,01	0,05	0,9871
MÉTODO	1	19,20	19,20	78,10	0,0001
Error MÉTODO	3	0,067	0,02		
ÉPOCA	2	1164,15	582,07	2367,76	0,0001
MÉTODO*ÉPOCA	2	3415,65	1707,82	6947,08	0,0001
Error ÉPOCA	12	0,20	0,02		
ECOTIPO	4	0,21	0,05	0,22	0,9263
MÉTODO*ECOTIPO	4	0,55	0,13	0,56	0,6929
ÉPOCA*ECOTIPO	8	0,93	0,12	0,47	0,8703
MET EPOC ECOT	8	0,60	0,07	0,31	0,9618
Error	72	17,70	0,25		
Corrected Total	119	4619,30			

ns = no significativo      \* = significativo      \*\* = altamente significativo  
CV= 11.34%

**CUADRO 16. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO CON ÉPOCAS EN EL NÚMERO VAINA**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)	
A (b1)	1	28,1	28,1	301,68	3,98	*
A (b2)	1	0,0	0,0	0,00	3,98	Ns
A (b3)	1	0,0	0,0	0,00	3,98	Ns
B(a1)	2	3505,7	1752,8	18847,76	3,13	*
B(a2)	2	2818,8	1409,4	15154,95	3,13	*
Error	72	6,7	0,093			

ns = no significativo                      \* = significativo

**CUADRO 17. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA COBERTURA FOLIAR**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Significancia
BLOQUE	3	0,34	0,11363889	31,84	0,0001	**
MÉTODO	1	0,44	0,44408333	124,41	0,0001	**
Error MÉTODO	3	0,08	0,02919444			
ÉPOCA	2	5,98	2,99408333	838,81	0,0001	**
INT. MÉTODO ÉPOCA	2	12,14	6,07258333	1701,27	0,0001	**
Error ÉPOCA	12	0,23	0,01933333			
ECOTIPO	4	0,05	0,01383333	3,88	0,0066	*
INT. MÉTODOECOTIPO	4	0,021	0,00533333	1,49	0,2130	Ns
INT. ÉPOCA ECOTIPO	8	0,1051	0,01314583	3,68	0,0012	Ns
INT. MÉTODO ÉPOCA ECOTI	8	0,033	0,00414583	1,16	0,3343	Ns
Error	72	0,25	0,00356944			
Total	119	19,70991667				

ns = no significativo                      \* = significativo                      \*\* = altamente significativo  
CV= 61.92%

**CUADRO 18. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO DE RIEGO CON ÉPOCAS**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft (5%)	
A (b1)	1	0,09	0,1	26,70	4	*
A (b2)	1	0,55	0,6	157,79	4	*
A (b3)	1	0,00	0,0	0,00	4	Ns
Erro	72	0,3	0,00			

ns = no significativo                      \* = significativo

**CUADRO 19. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PESO DE GRANO POR PLANTA CULTIVO DE HABA**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUE	3	0,06	0,02	0,76	0,5191
MÉTODO	1	0,53	0,53	18,29	0,0001
Error MÉTODO	3	0,06	0,02		
ÉPOCA	2	1461,06	730,53	25046,86	0,0001
MÉTODO*ÉPOCA	2	4381,06	2190,53	75104,00	0,0001
Error ÉPOCA	12	0,26	0,02		
ECOTIPO	4	443,72	110,92	3803,29	0,0001
MÉTODO*ECOTIPO	4	0,38	0,09	3,29	0,0157
ÉPOCA*ECOTIPO	8	222,43	27,80	953,29	0,0001
MET ÉPOCAECOTIPO	8	665,76	83,22	2853,29	0,0001
Error	72	2,10	0,02		
Corrected Total	119	7177,46			

ns = no significativo                      \* = significativo                      \*\* = altamente significativo  
CV= 3.46%

**CUADRO 20. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO DE RIEGO CON ÉPOCAS**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
A (b1)	1	1,8	2	62	3,98	**
A (b2)	1	0,0	0	0	3,98	Ns
A (b3)	1	0,0	0	0	3,98	Ns
B(a1)	2	3003	1502	51779	3,13	**
B(a2)	2	2836	1418	48888	3,13	**
Error	72	2,10	0,03			

ns = no significativo                      \* = significativo

**CUADRO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO CULTIVO DE HABA**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
BLOQUE	3	23836,6	7945,54	0,84	0,4738
MÉTODO	1	28060,2	28060,20	2,98	0,0884
Error MÉTODO	3	23895,0	7965,01		
ÉPOCA	2	6118119,3	3059059,67	325,27	0,0001
MÉTODO*ÉPOCA	2	18242117,2	9121058,61	969,85	0,0001
Error ÉPOCA	12	95463,3	7955,27		
ECOTIPO	4	1898262,8	474565,72	50,46	0,0001
MÉTODO*ECOTIPO	4	27734,4	6933,60	0,74	0,5696
ÉPOCA*ECOTIPO	8	990733,0	123841,63	13,17	0,0001
MET ÉPOCA ECOTIPO	8	2861261,5	357657,69	38,03	0,0001
Error	72	677133,3	9404,63		
Corrected Total	119	30986616,9			

ns = no significativo      \* = significativo      \*\* = altamente significativo  
CV= 23.64%

**CUADRO 22. ANÁLISIS DE EFECTOS SIMPLES DE INTERACCIÓN MÉTODO DE RIEGO CON ÉPOCAS**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
A (b1)	1	8028	8027,78	0,85	3,98	Ns
A (b2)	1	0	0,00	0,00	3,98	Ns
A (b3)	1	0	0,00	0,00	3,98	Ns
B(a1)	2	13347559	6673779,67	709,63	3,13	**
B(a2)	2	12602305	6301152,27	670,01	3,13	**
Error	72	677133,30	9404,62			

ns = no significativo      \* = significativo