

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



**TESIS DE GRADO**

EFFECTO DE LA ASOCIACIÓN DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)  
Y ARVEJA (*Pisum sativum*) A DIFERENTES DENSIDADES DE  
SIEMBRA SOBRE LA COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL  
ENSILAJE

JESÚS HUANCA HUANCA

La Paz – Bolivia  
2005

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

**EFFECTO DE LA ASOCIACIÓN DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y  
ARVEJA (*Pisum sativum*) A DIFERENTES DENSIDADES DE  
SIEMBRA SOBRE LA COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL  
ENSILAJE**

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

**JESÚS HUANCA HUANCA**

**Tutores:**

Ing. Ph. D. Bernardo Solíz Guerrero .....

Ing. Agr. Miguel Nogales Soldevilla .....

**Comité Revisor:**

Ing. M.Sc. Hugo Mendieta Pedrazas .....

Ing. Agr. Víctor Castañón Rivera .....

**APROBADA**

**Decano:**

Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera .....

## DEDICO ESTE TRABAJO...

A Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de disfrutar su obra y a Jesucristo por ser mi guía.

A mi hijo **Alex Jesús**, por ser fuente de inspiración y esfuerzo; a mi esposa **Celia U.** por su paciencia y apoyo en la conclusión del presente trabajo.

A mis padres de manera especial a mi madre **Andrea Huanca** por ser ejemplo de fortaleza y ser la base en mi formación, a mi padre **Victor Huanca**, a mis hermanos: **Vidal, María, Lucía y Lourdes** por su comprensión y confianza depositada en mí y a todos mis sobrinos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Mayor de San Andrés, a los docentes de la Facultad de Agronomía por toda la enseñanza y formación profesional.

Al proyecto “UNIR – UMSA” por el apoyo brindado, para la realización del presente trabajo, en especial a la Ing. Cristal Taboada.

A mis tutores: Ing. Miguel Nogales Soldevilla y al Dr. Bernardo Soliz Guerrero, Director de la Estación Experimental de Choquenaira, por su colaboración, orientación y asesoramiento del presente trabajo.

Al tribunal revisor: Ing. Hugo Mendieta, Ing. Victor Castañon y al Dr. Jaime Alcázar por su orientación y revisión del trabajo.

A mis amigos y compañeros, que me alentaron y colaboraron en la preparación del presente trabajo especialmente a los Ing. Orlando Achu, Juan José Vicente y a mis amigos William Cori y Betzabé Herrera.

A mis amigos y compañeros tesisistas de la Estación experimental de Choquenaira por las experiencias vividos en el trabajo de campo, a Yola Mamani. Claudia Alcón. Lúis Pacheco, Juan Pablo Rodríguez y Edgar Tangara.

A mis compañeros y amigos Patricia Mendoza, Yrene Siñani, Norminha Matta, Edwin Yujra, Guillermina Condori, Lilián Cuevas, Marco Echenique, SUCY Chuquimia, Jorge Choque, Carlos Mena, Sylvia Cordero, Wilson Siñani, Rosario Ticona y Lucio Acarapi por su amistad y los buenos momentos compartidos durante la vida universitaria.

Sobre todo a Dios, por brindarme salud y vida y por haber permitido que llegue a este momento.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pag.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
1.1.1 Objetivo General	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
2.1 Cultivos Asociados	4
2.2 Importancia de las Asociaciones	5
2.3 Ventajas y desventajas de la asociación gramínea – leguminosa.	5
<b>2.4 El Cultivo de la Cebada</b>	<b>6</b>
2.4.1 Descripción botánica	7
2.4.2 Clasificación Taxonómica	8
2.4.3 Densidad de siembra	9
2.4.5 Características nutritivas	9
<b>2.5 Cultivo de la Arveja</b>	<b>10</b>
2.5.1 Características botánicas	10
2.5.2 Clasificación Taxonómica	11
2.5.3 Fenología	11
2.5.4 Principales usos de la arveja	12
2.5.5 Características Nutritivas	12
2.5.6 Fijación del Nitrógeno por la Leguminosa	13
<b>2.6 Ensilaje</b>	<b>13</b>
2.6.1 Definición	13
2.6.2 Importancia del ensilado	14
2.6.3 Ventajas y desventajas del proceso de Ensilaje	15
2.6.4 Elaboración de Ensilaje	16

2.6.5	Técnicas de preparación del silo	17
2.6.6	Contenido de Humedad	17
2.6.7	Aditivos usados en el ensilaje	19
<b>2.7</b>	<b>Determinación Nutritiva de la mezcla Leguminosa-Gramínea</b>	<b>19</b>
2.7.1	Proteína cruda	19
2.7.2	Extracto Etéreo	20
2.7.3	Fibra Cruda	20
2.7.4	Extracto no Nitrogenado	21
2.7.5	Cenizas	22
2.7.6	Energía Digestible	22
2.7.7	Minerales	23
<b>3.</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Ubicación</b>	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Características agroclimáticas</b>	<b>24</b>
3.2.1	Fisiografía	24
3.2.2	Clima	24
3.2.3	Suelo	28
3.2.4	Vegetación	29
<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Materiales</b>	<b>30</b>
4.1.1	Material biológico	30
4.1.2	Materiales de Campo	30
4.1.3	Materiales de laboratorio	30
<b>4.2</b>	<b>Metodología</b>	<b>31</b>
4.2.1	Diseño estadístico	31

4.2.2	Características del campo Experimental	32
4.2.3	Procedimiento experimental	33
4.2.3.1	Preparación del terreno	33
4.2.3.2	Siembra	33
4.2.3.3	Labores culturales	34
<b>4.3</b>	<b>Variables de respuesta</b>	<b>34</b>
4.3.1	Días a la emergencia	34
4.3.2	Días a inicio de espigamiento	35
4.3.3	Altura de planta	35
4.3.4	Días a la floración de la arveja	35
4.3.5	Número de plantas/m <sup>2</sup>	36
4.3.6	Relación hoja/tallo	36
4.3.7	Rendimiento en materia seca	36
<b>4.4</b>	<b>Proceso de elaboración de ensilaje</b>	<b>37</b>
4.4.1	Construcción de mini silos	37
4.4.2	Picado del material vegetal	37
4.4.3	Llenado de los mini silos	38
4.4.4	Sellado de los silos	39
4.4.5	Apertura de los silos y muestreo	39
4.4.6	Variables consideradas para el ensilaje	40
<b>4.5</b>	<b>Análisis Estadístico</b>	<b>41</b>
<b>4.6</b>	<b>Análisis Económico</b>	<b>41</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>42</b>
<b>5.1</b>	<b>Observaciones fenológicas</b>	<b>42</b>
5.1.1	Días a la emergencia	42
5.1.2	Días a inicio de espigamiento	44
5.1.3	Altura de la planta	46
5.1.4	Días a la floración del cultivo de arveja	50

5.1.5	Número de plantas por m <sup>2</sup>	52
5.1.6	Relación hoja/tallo	55
5.1.7	Rendimiento de Materia Seca Total	59
5.1.8	Rendimiento de Materia Seca de la Cebada	61
5.1.9	Rendimiento en Materia Seca de la arveja	63
<b>5.2</b>	<b>Análisis bromatológico del ensilaje de Cebada-arveja</b>	<b>66</b>
5.2.1	Fibra Cruda	66
5.2.2	Extracto Etéreo	68
5.2.3	Proteína Cruda	69
5.2.4	Cenizas	71
5.2.5	Extracto No Nitrogenado	72
5.2.6	Energía Bruta	73
5.2.7	Contenido de Fósforo	74
5.2.8	Contenido de Calcio	75
5.2.9	pH del ensilaje de la mezcla de cebada y arveja	76
<b>5.3</b>	<b>Análisis económico</b>	<b>77</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>79</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>82</b>
	<b>ANEXOS</b>	



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro:</b>	<b>Pag.</b>
1. Composición de la cebada en forraje verde, en paja y grano	9
2. Composición de la arveja en usos diferentes	13
3. Datos de temperatura, precipitación, humedad y días con helada, durante la fase de desarrollo del cultivo asociado	26
4. Vegetación natural de la Estación Experimental de Choquenaira	29
5. Densidades de siembra utilizadas para la siembra	32
6. Porcentaje de combinación de cebada y arveja para ensilar en mini-silos	38
7. Días a la emergencia registrados en los tratamientos de cebada y arveja	43
8. Análisis de Varianza, para días a inicio de espigamiento	45
9. Análisis de Varianza de altura de planta a la cosecha de la cebada	48
10. Análisis de varianza para la altura de las plantas de la arveja	49
11. Análisis de Varianza para días a la floración del cultivo de la arveja	51
12. Análisis de Varianza de número de plantas/m <sup>2</sup> de la cebada	53
13. Análisis de Varianza de número de plantas/m <sup>2</sup> de la arveja	55
14. Análisis de Varianza para la relación de hoja/tallo de la cebada	57
15. Análisis de Varianza para la relación hoja/tallo de la arveja	58
16. Análisis de Varianza para rendimiento de Materia seca total	60
17. Análisis de Varianza para el rendimiento de Materia Seca de la cebada	62
18. Análisis de Varianza para el rendimiento de Materia seca de la arveja	65
19. Resultados del análisis bromatológico del ensilaje de cebada y arveja	66
20. Determinación de Beneficio/Costo de los tratamientos	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura:</b>	<b>Pag.</b>
1. Localización del área de estudio	25
2. Fluctuación de la temperatura durante la investigación	27
3. Datos de precipitación registrados durante la investigación	28
4. Floración de la arveja asociado con la cebada	35
5. Picado del forraje para realizar el ensilado	37
6. Llenado y compactado del material vegetal en los mini-silos	39
7. Muestras tomadas del ensilaje de la mezcla de cebada y arveja para el análisis proximal	40
8. Días a la emergencia del cultivo asociado cebada – arveja	44
9. Duncan para días al inicio de espigamiento	45
10. Altura de desarrollo del cultivo en asocio	46
11. Prueba de Duncan para la altura de plantas a la cosecha de la cebada	47
12. Duncan para la altura a la cosecha de la arveja	49
13. Duncan para días a la floración del cultivo de la arveja	50
14. Duncan para el número de plantas/m <sup>2</sup> del cultivo de la cebada	52
15. Prueba de Duncan para número de plantas/m <sup>2</sup> del cultivo de la arveja	54
16. Prueba de Duncan para la relación hoja/tallo de cebada	56
17. Prueba de Duncan para la relación hoja/tallo de la arveja	58
18. Efecto de la densidad de siembra en Rendimiento de materia seca total	59
19. Duncan para el rendimiento de materia seca de la cebada	61
20. Rendimiento de Materia Seca de la arveja	64
21. Contenido de Fibra Cruda en el ensilaje de cebada – arveja	67
22. Porcentaje de Extracto Etéreo en la mezcla de cebada – arveja	68
23. Efecto de la mezcla de cebada y arveja como ensilaje en la concentración Proteína Cruda.	69
24. Contenido de Cenizas en el ensilaje de cebada y arveja	71
25. Porcentaje de Extracto no Nitrogenado en mezclas de cebada y arveja	72
26. Contenido de Energía Bruta en el ensilaje de cebada y arveja	73

27. Contenido del elemento Fósforo en el ensilaje de cebada y arveja	74
28. Contenido del elemento Calcio en el ensilaje de cebada y arveja	75
29. pH del ensilaje de la mezcla de cebada - arveja	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

### **Anexo:**

- Cuadro A-1. Datos meteorológicos de precipitación y temperatura.
- Cuadro A-2. Número de días para variables fenológicas.
- Cuadro A-3. Valores promedios de las variables agronómicas.
- Cuadro A-4. Rendimiento de materia seca total de cebada y arveja.
- Cuadro A-5. Prueba de Duncan para las diferentes variables.
- Cuadro A-6. Presupuesto de costos de producción de la asociación de cebada y arveja y su ensilaje.
- Informe A-7. Informe del laboratorio del análisis bromatológico del ensilaje de la mezcla de cebada y arveja.
- Figura A-8. Esquema del mini silo.

## RESUMEN

### **EFFECTO DE LA ASOCIACIÓN DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) Y ARVEJA (*Pisum sativum*) A DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE LA COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA DEL ENSILAJE**

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en la comunidad de Choquenaira, de la localidad de Viacha, primera sección municipal de la provincia Ingavi del departamento de La Paz, en el periodo agrícola 2002/2003, en la Estación Experimental del mismo nombre, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

El objetivo principal del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la asociación de cebada y arveja a diferentes densidades de siembra sobre la composición bromatológica del ensilaje.

Las especies utilizadas fueron cebada (*Hordeum vulgare*) con la variedad IBTA-80 y arveja (*Pisum sativum*) procedente del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas Pairumani; las densidades fueron las siguientes: D1(cebada 100 Kg./ha + arveja 10 Kg./ha), D2(cebada 80 Kg./ha + arveja 20 Kg./ha), D3(cebada 60 Kg./ha + arveja 30 Kg./ha), D4(cebada 40 Kg./ha + arveja 40 Kg./ha) y el testigo T(pura cebada, 100 Kg./ha). Ambas especies se sembraron al voleo a una profundidad de 2 a 3 cm cubriéndose ligeramente para facilitar su emergencia.

El diseño estadístico para evaluar el presente trabajo de investigación fue el de bloques al azar, conformado por cuatro repeticiones y cinco tratamientos distribuidos en cuatro bloques.

Para la evaluación del ensayo se consideró un análisis descriptivo de las fases fenológicas y agronómicas: días a la emergencia, población de plantas/m<sup>2</sup>, altura de planta a la cosecha, relación hoja/tallo para ambas especies; días a la espigación para la cebada y días a la floración para la arveja.

En el análisis estadístico y cuantitativo la variable evaluada fue el rendimiento de materia seca de cebada, arveja y el rendimiento en materia seca total por densidad, donde se ha identificado una superioridad de la D1 con un rendimiento promedio de 11,57 t/ha de rendimiento de materia seca total, el rendimiento mayor para la cebada fue en la D1 con un promedio de 11,41 t/ha y para la arveja en la D4 con un promedio de 0,62 t/ha de materia seca.

En el presente trabajo también se consideró el ensilaje de la mezcla de cebada y arveja, siendo un método de conservación de forraje y que este conserve la mayor cantidad de nutrientes para la alimentación del ganado.

Se efectuaron cinco tratamientos de ensilaje: T1(cebada 90% + arveja 10%), T2(cebada 80% + arveja 20%), T3(cebada 70% + arveja 30%), T4(cebada 60% + arveja 40%) y el testigo, Tratamiento 5 (pura cebada). Los mismos se ensilaron en los mini-silos prepuestos por (Achu, 1996), después del tiempo de fermentación que el ensilaje necesita para estabilizarse, se efectuó el correspondiente análisis bromatológico.

Reportando los siguientes resultados en promedio: Fibra Cruda con 26,53%, Extracto Etéreo 1,17%, la variable más importante que es el contenido de Proteína Cruda reportó un promedio de 14,72%, el contenido del material mineral (cenizas) fue de 9,56%, el porcentaje de Extracto no Nitrogenado de 48,61%, Energía Bruta con promedio de 0,74 Mcal/kg, el contenido de Fósforo y Calcio fue de 0,57 y 0,72 g/kg respectivamente y por último se tiene un pH de 4,33.

El análisis económico de costos se efectuó en base a los presupuestos parciales y beneficios netos para cada tratamiento en asociación y su respectivo ensilaje, los cuales reportaron B/C mayores a 1, lo cuál indica que es un proyecto rentable.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en la región altiplánica es afectada por las condiciones climáticas adversas entre los que se pueden destacar, la irregular distribución de la precipitación pluvial y la manifestación de bajas temperaturas (heladas). Estas condiciones adversas limitan en gran manera la producción de alimentos, que necesariamente debe ser abastecida por una explotación de productos, con bajos costos de producción y nuevas alternativas de mejorar la alimentación del ganado.

El cultivo de forrajes anuales (cereales menores), en asociación con leguminosas, es una alternativa en la producción de forraje de calidad para toda la zona andina del país por las ventajas que ofrece, entre las que se puede mencionar: mayor producción de forraje, alto valor nutritivo, eficiente utilización de los nutrientes del suelo, mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del mismo, control eficiente de las malezas, disponibilidad de forraje para la conservación como heno o para el ensilaje y mayor producción animal por unidad de superficie.

La cebada es un cultivo importante, ya que es aprovechada con doble propósito: grano y paja. La paja es utilizada en situaciones extremas de falta de alimento para el ganado. El mayor uso que se le da a la cebada es en forma de heno y también en ensilaje; pero para que este forraje tenga buena calidad, la cebada debe ser cortada en su fase fenológica de mayor contenido de nutrientes para el animal, aspecto que sigue siendo muy descuidado por el agricultor.

En este contexto, si bien, la cebada y la arveja son muy conocidos cuando son utilizados como cultivos puros, sin embargo no existe una información válida sobre el comportamiento de siembra en un sistema asociado de estas mismas especies, bajo condiciones del altiplano central que es la zona adecuada de su

---

cultivo donde la demanda del forraje para animales se hace cada vez más crítica.

Para afrontar la carencia de alimentos, los agricultores conservan los forrajes en forma de heno que realizan de forma rudimentaria, obteniendo en su mayoría paja con bajo valor nutritivo. Este sistema es el más utilizado por el productor, posiblemente por la facilidad de elaboración, que sin embargo, presenta muchas pérdidas de principios nutritivos que aún no fueron cuantificadas (Flores, 1998).

Por las consideraciones anteriores es pertinente realizar estudios sobre el ritmo de crecimiento de las especies de cebada y arveja; en condiciones de asociaciones, bajo la visión de producción de ensilaje para el consumo de animales domésticos. Este método de conservación, es altamente utilizado por los medianos y grandes productores, siendo el principal problema los costos que conlleva el mismo, al requerir el empleo de maquinaria agrícola durante el proceso.

Por lo señalado anteriormente, el presente trabajo, pretende ofrecer una alternativa de conservación de forraje, mediante el ensilaje de la mezcla de cebada y arveja, su costo podría estar al alcance de los medianos y pequeños productores agropecuarios, a fin de que el ganado pueda tener una mejor alimentación, que se traducirá en un mejor comportamiento productivo y reproductivo.

---

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de la asociación de cebada y arveja a diferentes densidades de siembra sobre la composición bromatológica del ensilaje.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar el comportamiento fenológico de los cultivos en asociación de arveja y cebada en el rendimiento de materia seca.
- Determinar la mejor densidad de siembra en la asociación de cebada y arveja.
- Determinar la composición nutritiva del ensilaje combinado de cebada y arveja.



---

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultivos Asociados

Meneses et al. (1996), sostiene que la asociación de cultivos, consiste en sembrar dos o tres cultivos en el mismo campo en forma intercalada sobre la línea, entre línea ó al voleo; por otro lado, Augstburger (1982) define a los cultivos asociados como, un sistema de producción agrícola en el cual se cultivan dos o más especies al mismo tiempo y en el mismo terreno.

La asociación de cultivos, para Reyes (1990), es la práctica de sembrar en el mismo ciclo agrícola, dos o más cultivares, por tanto es un agro sistema en el que las plantas de diferentes especies útiles al hombre comparten el mismo espacio, tiempo y clima; además, se contempla una serie de prácticas y elementos culturales tradicionales, desarrollados a partir de una estrategia de productividad y no de alta producción, en donde no todo lo que se produce tiene valor de cambio sino que genera valores de uso indispensable en la economía familiar y en donde es más importante producir alimentos.

La asociación de leguminosas y cereales es una práctica recomendable, no solo por ser conveniente para mejorar la calidad y cantidad de forraje, sino también para mejorar las condiciones físicas del suelo (Araos, 1973). Como consecuencia de ello, Delgadillo (1977), citado por Veizaga (1984), sostiene que los cultivos forrajeros en asociación con leguminosas, es una alternativa de producción que ofrece un incremento cuanti y cualitativo de productividad, eficiente utilización de los nutrientes del suelo, control adecuado de malezas y la opción de una mayor producción por unidad de superficie.

Por otra parte, Malpartida (1987), indica que las mezclas de gramíneas y leguminosas, suministran un alimento de mejor calidad para el ganado, puesto

---

que las gramíneas aportan la energía y las leguminosas las proteínas necesarias, cuya combinación resulta ser la más adecuada y recomendable.

## **2.2 Importancia de las Asociaciones**

Muzilli (1993), mencionado por Limachi (2003), afirma que este sistema se adapta mejor a las circunstancias de las pequeñas fincas, donde se controla mejor la erosión y riesgos de degradación del suelo, utilizando el suelo en forma intensiva, aunque sea en pequeñas áreas sin perjuicio de los rendimientos comerciales.

Marcano y Paredes (2002), afirman que la asociación puede ayudar a solventar las dificultades de pequeños huertos familiares, permitiendo el uso más eficiente de la tierra y de los recursos que se dispongan.

## **2.3 Ventajas y desventajas de la asociación gramínea –leguminosa.**

Carreño y Ditchburn (1998), sostienen como ventajas de un cultivo asociado, las siguientes:

Mantienen o mejoran la fertilidad del suelo; protegen el suelo de las lluvias; aportan nitrógeno mediante la fijación atmosférica; promueven la movilización y reciclaje de nutrientes; reducen poblaciones de malezas mediante competencias y efectos alelopáticos; mejoran la actividad biológica en el suelo.

Según la especie se pueden obtener beneficios adicionales; menor, incremento de la biología del suelo, alimento para consumo humano, alimento para animales, control de nematodos, reducción de la incidencia de plagas y enfermedades.

Flores y Bryant (1989), mencionan que la asociación de gramínea – leguminosas tiene ventajas como, la disminución de problemas de timpanismo y

---

el suministro de alimento de mejor calidad al ganado, porque las gramíneas suministran energía y las leguminosas suministran proteínas, los gastos de fertilizantes se reducen en parte debido a las leguminosas que suministran nitrógeno atmosférico al suelo manteniéndose vigorosa la gramínea necesitando solo de fósforo y potasio.

Además de estas ventajas, Díaz (1992), citado por Cuba (1998), señala que existe un mejor aprovechamiento de nutrientes, una reducción de riesgos por factores climáticos adversos, un mejor aprovechamiento de la radiación solar, aseguran una mejor utilización del capital debido a que los costos de producción se pueden distribuir en los cultivos además de proporcionar mayores ingresos por unidad de área, mejorando la economía del agricultor.

En cuanto a las desventajas Reyes (1990), menciona: Mayor dificultad para realizar prácticas culturales (aporques, fertilización, implementación de plaguicidas y otros). La cosecha en cultivos donde los productos son destinados a la alimentación humana no puede ser mecanizada, además menciona que una mayor densidad de siembra favorece al incremento de desarrollo de enfermedades microbianas ya que favorece la formación de microclimas dentro de los cultivos asociados.

## **2.4 El Cultivo de la Cebada**

López (1991), indica que la cebada es cultivada en una amplia diversidad de ambientes que ningún otro cereal. La mayor parte de la cebada es producida en regiones con clima desfavorable con relación a otros cereales, donde solo el trigo puede competir con ella en esta amplitud de adaptación, aunque en áreas climáticas similares, la cebada se adapta mejor a las condiciones de clima y de suelo con relación al trigo.

Se observa una tendencia al sembrar al voleo en fechas tempranas y en surco en fechas tardías; las primeras condiciones resultan en una densidad y un

---

macollaje bajo, seguido de una producción baja de materia verde. La fecha de siembra diferencia notablemente a las variables de estado y de producción, grado de macollaje y materia verde (Herve y Rios, 1992).

La Corporación Regional de Desarrollo de La Paz (C.R.D.L.P) (1992), indica que la cebada, variedad IBTA 80, fue obtenida en la Estación de San Benito de Cochabamba, habiendo mostrado una buena producción de materia seca y grano, aunque en los últimos años también se ha vuelto susceptible a la roya. Sin embargo es una variedad precoz cumpliendo su ciclo biológico en 120 días. También González (1992), citado por Cachuta (1998), sostiene que las variedades de cebada forrajera como IBTA 80 y Lucha están ampliamente difundidas en las zonas frías y se adecuan a suelos pobres donde la germinación es bastante rápida.

#### **2.4.1 Descripción botánica**

Robles (1981), refiere a la cebada como una planta sexual, su multiplicación se realiza por medio de una semilla, cuyo embrión se origina por la unión de un gameto masculino y un gameto femenino. Es monoica por encontrarse el androceo y el gineceo en una misma planta; hermafrodita y perfecta por encontrarse los dos sexos en una misma flor.

Para Terranova (1995), la descripción botánica de la cebada es la siguiente:

**Raíz. Adventicia.** es decir no proviene de la raíz del embrión, pues ésta desaparece y es desplazada por las raíces adventicias provenientes de las yemas de la base del hipocótilo. Es fibrosa y todas las raíces tienen igual longitud y diámetro.

**Tallo.** Se caracteriza por ser de una estructura cilíndrica con nudos macizos y entrenudos huecos; los entrenudos basales son más cortos. En la base del tallo

---

se encuentra el sistema radical y de sus yemas se desarrolla otros tallos que botánicamente son secundarios y que en este caso se denomina macollos.

**Hojas.** Son simples, paralelinervadas, de forma linear con bordes aserrados y ápice acuminado. En todo el conjunto de hojas se destaca la hoja bandera, caracterizada por poseer limbo más corto pero vaina más alargada, la cual tiene como función proteger a la espiga antes que ésta emerja.

**Inflorescencia.** Es una espiga compuesta, formadas de otras espigas más pequeñas denominadas espiguillas, arregladas en forma alterna en el ráquis o eje principal de la espiga. Cada flor posee órganos sexuales.

**Granos.** Están formados por el fruto con su semilla, que con el pericarpio, la lema y la palea forman la cáscara del fruto, que es seco, indehiscente, con una sola semilla y que es un cariósipide. La semilla posee dos partes, el embrión y el endospermo, que tiene dos capas: una harinosa y otra proteínica.

#### 2.4.2 Clasificación Taxonómica

La cebada corresponde a la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Vegetal
División	:	Tracheophyta
Sub división	:	Pteropsida
Clase	:	Angiospermae
Sub-clase	:	Monocotyledoneae
Grupo	:	Glumí flora
Orden	:	Graminales
Familia	:	Graminaceae
Género	:	Hordeum
Especie	:	vulgare

---

### 2.4.3 Densidad de siembra

Camacho (1986) citado por Flores (2004), indica que en las tierras ricas en materia orgánica y bien preparadas la densidad de siembra debe ser de 100 Kg./ha y en tierras mal preparadas o siembras tardías pueden aumentarse las densidades, pero nunca sobrepasar los 120 Kg./ha.

Por otra parte SEFO (1990), recomienda una densidad de siembra debido a su precocidad en terrenos de temporal, entre 80 a 100 Kg./ha, aprovechando las precipitaciones de las épocas de lluvia, en suelos donde anteriormente se cultivaron papa o algún otro cultivo de escarda. Se puede también sembrar en surcos ó al voleo en forma manual.

### 2.4.5 Características nutritivas

La cebada se cultiva desde tiempos remotos y era utilizada en la panificación, tuvo una enorme importancia en el siglo pasado como alimento para el ganado, principalmente caballar y bestias de carga, tanto en cebada de grano como en berza. Este cultivo proporciona un heno tierno y agradable cuando es segada en su momento oportuno de 10 a 20 por ciento de espigación (SEFO, 1990); en el Cuadro 1 se presenta la composición química de la cebada.

**Cuadro 1. Composición bromatológica de la cebada en forraje verde, en paja y en grano.**

Composición de 100 g. sustancia	Proteína %	Materia grasa	Hidratos de carbono	Celulosa	Material mineral
En forraje verde	2,5	0,5	8,8	5,6	1,7
En paja	1,9	1,7	43,8	34,4	4,0
En grano	10,0	1,8	66,5	5,2	2,6

Fuente: Cebada, agro información (2002)

---

Para la alimentación del ganado, en parte la cebada es usada como grano, raicilla de malta y en estado verde o paja. El grano es usado para la alimentación humana en sopas, tostado, harina, malta para bebidas o alimentos enriquecidos. Eventualmente, la paja es utilizada como lecho y combustible (Cagigao, 1979).

## **2.5 Cultivo de la Arveja**

### **2.5.1 Características botánicas**

Terranova (1995), indica que la arveja es considerada como una hortaliza o legumbre, herbáceo de hábito rastrero o trepador, cuyas características morfológicas según el autor son:

**Raíz.** Pivotante con numerosas raicillas secundarias y terciarias, presenta sobre crecimientos llamados nódulos que contienen bacterias nitrificantes, cuyo papel es fijar el nitrógeno atmosférico para servir de nutrimento a la planta.

**Tallo.** Según la variedad puede ser corto, mediano o largo herbáceo, pero en todos los casos es hueco, ligeramente estriado, provisto de nudos y color verde claro.

**Hojas.** Compuestas e imparipinada con foliolos elípticos de bordes ondulados. En los tres primeros entrenudos se presentan hojas rudimentarias a manera de escamas y en los siguientes llevan hojas con un solo par de foliolos. Las estipulas de tamaño mayor que los foliolos se insertan en la base del pedúnculo de cada hoja. En las hojas superiores los foliolos se transforman en zarcillos persistentes que utiliza la planta para sostenerse.

**Flores.** Pentámeras blancas o moradas con nacimiento individual o en racimos de una o dos flores en las axilas de las hojas. El cáliz gamosépalo presenta

---

cinco sépalos de color verde pálido. La corola esta formado por cinco pétalos irregulares llamados estandarte y quilla, presenta coloración blanca o violeta, con androceo y ovario. El fruto seco presenta dehiscencia cuyas valvas de la vaina encierran semillas lisas o arrugadas de testa delgada.

### 2.5.2 Clasificación Taxonómica

La arveja corresponde a la siguiente clasificación Taxonómica:

Reino	:	Vegetal
Clase	:	Angiosperma
Subclase	:	Dicotyledoneae
Orden	:	Leguminosae
Familia	:	Fabaceae
Género	:	Pisum
Especie	:	sativum L.

### 2.5.3 Fenología

Evans (1983) señala que la tasa de crecimiento de las raíces alcanza un valor máximo, aproximadamente en el momento de la iniciación del primordio floral para luego declinar en forma abrupta incluso antes que se inicie la floración. ITCF (1972), sostiene que la planta una vez establecida, comienza a formar tallos y hojas, pues a mayor cantidad de tejido verde expuesto a la luz mayor será la materia orgánica sintetizada por la planta.

De acuerdo a la Secretaria de Educación Agropecuaria de México (1983), el ciclo de vida de la arveja depende de los cultivares y en cierta medida de las condiciones ambientales. Las sequías y las temperaturas altas inducen a una maduración temprana; mientras los cultivares arbustivos son más precoces que



---

las trepadoras de crecimiento indeterminado. En general el ciclo de vida de la arveja es de 90 a 120 días.

#### **2.5.4 Principales usos de la arveja**

Según la FAO (1992), su importancia radica fundamentalmente en sus múltiples usos y fines: grano fresco en vaina, enlatado, congelado, harina de arveja y abono verde; también para rotación de cultivos incorporando gran cantidad de nitrógeno atmosférico al suelo en simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium*; se utiliza como forraje y ensilado después de la trilla para consumo animal.

Rent (2000), indica, la arveja es cultivada mayormente por sus semillas, la parte vegetativa es usada también, dejando los residuos después de la cosecha con semillas inmaduras que son usadas como ensilaje. Las semillas son cosechadas cuando están inmaduras o maduras y son empleadas de varias maneras para alimento de animales y el hombre. Por su parte Roberts (1995), afirma que las arvejas son cultivadas para ensilaje sólo o con otro componente en mezclas que puede incluir un cereal como la avena, y algunas veces algunas leguminosas.

#### **2.5.5 Características Nutritivas**

El cultivo de la arveja es producido para consumo humano, como grano seco y vaina fresca. Una vez cosechadas sus vainas, los tallos y hojas de la arveja sirven de alimentación para los animales por su alto porcentaje de proteínas y sustancias nutritivas (Acosta, 1990).

Generalmente superan a las pajas de cereales en principios nutritivos y pueden servir como complemento en la ración de los animales, sobre todo de los rumiantes; para elaboración de ensilajes se mezcla con otros cultivos forrajeros

---

(FAO, 1992. En el Cuadro 2 se ilustra la composición de la arveja en usos diferentes.

**Cuadro 2. Composición de la arveja en usos diferentes**

	Materia Seca (%)	Protéi na Cruda (%)	Extracto Etéreo (%)	Ceniza (%)	Fibra Cruda (%)
Semilla	89,0	20,86	1,67	2,35	6,3
Ensilaje	25,0	13,1	3,3	9,0	29,8

Fuente: Pak, 1986

El cultivo de la arveja se suele sembrar asociadas con algunas gramíneas como la cebada, u otras leguminosas, como las habas; generalmente ambas llegan a la madurez fisiológica casi al mismo tiempo, resultando un forraje de alta calidad (Aitken, 1987).

### **2.5.6 Fijación del Nitrógeno por la Leguminosa**

En Carta (2000), citado por Martínez (2001), señala que los microorganismos del suelo que realizan la fijación del nitrógeno, los más utilizados y productivos son las bacterias simbióticas del género *Rhizobium* que colonizan y forman nódulos en las raíces de las leguminosas como el trébol, la alfalfa, o el guisante. Las bacterias obtienen alimento de la planta y esta a cambio, recibe compuestos nitrogenados en abundancia, las cantidades fijadas de nitrógeno varían según la especie, pudiendo ser de 50 – 250 Kg. N/ha/año.

## **2.6 Ensilaje**

### **2.6.1 Definición**

Según Peretz (1990), define al ensilaje como un método de conservación de forraje, que tiende, a que dicho alimento permanezca jugoso, y que conserve la mayor cantidad posible de nutrientes, que el animal pueda aprovechar. Por su

---

parte FAO (1988) define al ensilaje como un alimento fermentado que deriva del almacenamiento del forraje en condiciones anaeróbicas en una estructura llamada silo.

Su condición de ensilaje permite la formación de ácidos, principalmente el ácido láctico, que promueve la fermentación del forraje; esta fermentación, hace que el pH baje (4,2) a un nivel en el cual el aumento de la acidez previene que organismos putrefactores se desarrollen. La inhibición de estos organismos, no permite que el ácido láctico y otros aminoácidos sean descompuestos a los ácidos butírico, amoniac, aminos y otros productos indeseables. (Loetz, 1993).

Al respecto QHANA (1996) indica que, el ensilaje es el proceso de conservación de alimentos voluminosos para los animales domésticos (ganado) y el producto resultante, presenta casi toda la composición inicial del forraje, de principios nutritivos.

Por tanto el objetivo del ensilaje es conservar los forrajes y otros alimentos con un contenido de humedad elevado, bajo cierta presión y en ausencia de aire. El forraje almacenado sufre varias transformaciones, se producen ácidos orgánicos que al bajar el pH crean un ambiente interno desfavorable para la proliferación de los organismos indeseables, por tanto, actúan como conservadores o estabilizadores. (Cañas, 1995)

### **2.6.2 Importancia del ensilado**

La importancia de la conservación de los alimentos voluminosos esta determinada por la seguridad de una base alimentaria, para las épocas críticas donde el ganado se alimenta con forraje seco a un menor costo. El no conservar los alimentos y solo utilizar los pastos y forrajes que producen en la época de lluvia trae como consecuencia que en la época seca la alimentación

---

tendría que ser básicamente a partir de mezclas industriales (piensos), lo cual es costoso. (Bernal, 1988).

En cuanto a su consumo por los animales, el forraje ensilado es mucho más apetecido que el alimento seco, por lo que el ganado come más materia seca cuando esta alimentado con ensilado y heno, que cuando se le proporciona solamente heno. En los animales de alta producción, esto permite una notable economía de alimentos concentrados. (PDAI, s/f)

### **2.6.3 Ventajas y desventajas del proceso de Ensilaje**

Bernal (1988), indica que el ensilaje es una práctica generalizada en muchas partes del mundo, porque entre otras presenta sus ventajas y limitaciones.

Los forrajes ensilados proporcionan alimentos succulentos de calidad superior, a menor costo en cualquier época del año. Para la alimentación durante el invierno, los forrajes ensilados resultan mucho más barato que las raíces y en verano son mucho más económicas que los forrajes verdes segados (Morrisón, 1977).

Achu (1996) señala, para paliar las deficiencias nutritivas en el Altiplano se han propuesto varias alternativas, entre ellas la intensificación y divulgación de la producción de ensilajes. El mismo autor, menciona a Moller (1973) quién resume las principales ventajas del ensilaje de pastos y leguminosas elaborados en el Altiplano:

Mayor cantidad de nutrientes son preservada, para la alimentación de los animales.

Existe menos interferencia de condiciones climáticas adversas.

Se requiere menor suplementación alimentaria.

---

Un ensilaje preparado adecuadamente, puede ser preservado por largos períodos de tiempo con una mínima pérdida de nutrientes.

Las desventajas del ensilaje, se deben principalmente a los costos referidos a la construcción y mantenimiento de las estructuras (silos), así como los referidos al uso de equipos, maquinarias y preservantes. Así mismo, la necesidad de manejar el doble o triple de peso ensilado, para obtener el equivalente de materia seca forrajera, almacenado como heno, representa mano de obra y un costo adicional (Achu 1996).

Bernal (1988), menciona las siguientes limitaciones en el proceso de ensilaje:

El ensilaje prácticamente no tiene mercado, se debe consumir en la misma finca en que se produce.

La mecanización es costosa.

Se debe suministrar rápidamente después de retirado del silo para evitar pudriciones.

Las pérdidas pueden ser muy grandes cuando no se hace adecuadamente.

#### **2.6.4 Elaboración de Ensilaje**

Según la FAO (1988) un buen ensilaje puede hacerse con las diferentes especies de gramíneas, aún mejor, con una mezcla de gramíneas y leguminosas. Si se hace adecuadamente, un ensilaje será palatable, nutritivo y poseerá un olor agradable. Además, tendrá un alto contenido de pro-vitamina A (caroteno), en tal sentido se recomienda seguir los siguientes pasos, para la elaboración de un buen ensilaje:

---

### **2.6.5 Técnicas de preparación del silo**

Depende de muchas condiciones; climáticas, económicas, especies forrajeras, las cuales deben considerarse antes de seleccionar cualquier tipo; el pequeño agricultor dispuesto a hacer un poco de trabajo adicional, no debe ver con desánimo la producción de ensilaje. Así los grandes silos pueden miniaturizarse en lo que podríamos llamarse “mini silos”; lo más importante para recordar cuando se está elaborando los mini silos es que los principios que rigen para los silos deben mantenerse (FAO, 1988).

Según Cañas (1995), el momento óptimo para cosechar un cultivo destinado a producir ensilaje está en relación directa con la digestibilidad de la materia seca de las plantas y la producción total del forraje en relación a la materia seca que se obtiene por hectárea. Por ello, cada especie tiene un estado óptimo para el corte, mismo que depende de sus propias características, sin embargo, hay una estrecha relación entre la calidad del producto final y el valor nutritivo del material al momento del corte.

Las cosechas destinadas para ensilaje normalmente se cortan en la etapa de floración temprana (estado lechoso).

Por su parte Mc Donald (1981), citado por Polar (1998), indica que a medida que crece el forraje el contenido de materia seca se incrementa, mientras que la humedad y la proteína cruda decrecen, como así también los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina) aumentan. Por tanto a medida que madura el forraje su digestibilidad baja.

### **2.6.6 Contenido de Humedad**

FAO (1988), enfatiza que el forraje verde debe tener un contenido de humedad de 65 a 75% para fermentar adecuadamente sin pérdida excesiva de nutrientes,

---

aunque también pueda hacerse con niveles mayores de humedad. Una manera de conocer la humedad es por el método de “Grab-test” o de la bola, que consiste en hacer una bola con el forraje picado y estrujarlo con fuerza entre las manos, soltándolo repentinamente. Se pueden esperar tres resultados:

- Si la bola no se deshace y queda líquida en las manos, está demasiado húmedo y necesita marchitarse.
- Si la bola se desmorona lentamente y tiene algo de líquido esta lista para ensilar.
- Si la bola se deshace rápidamente, está muy seco y se debe agregar humedad, agua o melaza durante el empacado.

Ojeda (1991), indica, que para minimizar dificultades, se debe picar el forraje a dimensiones inferiores a 2 cm. lo cual permitirá un amoldamiento fácil de las capas de forraje durante el apisonamiento. Para Raymond et al. (1977), mencionado por Gonzáles (2000), el llenado del silo, debe de ser en el menor tiempo posible y debe realizarse con un sistema que evite la circulación de aire, el calentamiento y la oxidación del material vegetal.

Para facilitar un óptimo trabajo de compactación, se debe distribuir el forraje uniformemente en capas de 10 – 20 cm y proceder al apisonado. La compactación es la labor más importante en todo el proceso de ensilado, porque a través de él, se logra la expulsión del aire de la masa de forraje que se ensila, y da las condiciones para la fermentación anaeróbica. (Fernández 1998).

El silo debe cubrirse o sellarse para que no pueda entrar el aire, para esto pueden emplearse hojas plásticas (FAO 1988). A si mismo Cañas (1995) indica, que el sellado del silo es una operación que debe recibir particular atención, sobre todo cuando el tiempo de almacenaje es prolongado.

---

### **2.6.7 Aditivos usados en el ensilaje**

Las melazas, azúcar o harinas, tratan de proporcionar suficientes nutrientes a las bacterias lácticas, las cuales estimulan la formación del ácido láctico. Este ácido aumenta la acidez del ensilaje. Por otra parte la adición de sal aumenta la presión osmótica, la cual influye positivamente para la formación de ácido láctico (Fernández, 1998).

Por otra parte Alcázar (1997), menciona que la melaza es un carbohidrato soluble de fácil y rápida fermentación que es obtenido como subproducto de la industrialización de la caña de azúcar, estas características permiten que proporcionen energía rápida para la elaboración de proteínas microbianas a partir de nitrógeno proteico.

## **2.7 Determinación Nutritiva de la mezcla Leguminosa-Gramínea**

El análisis proximal recomendado por Weende evalúa las siguientes fracciones de la muestra:

### **2.7.1 Proteína Cruda**

El Babcock Institute (1994), indica que las proteínas son compuestos de una, o varias cadenas de aminoácidos estrechamente ligadas, en consecuencia la proteína en alimentos tiene un promedio de 16% de nitrógeno, además contiene moléculas de carbón, hidrógeno y oxígeno que pueden rendir energía exactamente como carbohidratos y lípidos.

La proteína es el resultado del producto del contenido de Nitrógeno y el factor 6,25 y tienen funciones importantes. Las enzimas, hormonas y los anticuerpos tienen proteínas como su estructura central, que controlan y regulan las reacciones químicas dentro del cuerpo.



---

Las proteínas son un componente importante de los tejidos musculares, tienen un valor nutritivo importante (proteína de leche y carne) y también juegan papeles protectivos y estructurales, por ejemplo pelo y cascos (Babcock Institute, 1994).

De acuerdo a De Alba (1974), citado por Tola (2002), el contenido de proteína cruda de los forrajes evalúa la calidad forrajera, debido a que en la digestión de los rumiantes, la flora microbiana es capaz de utilizar cualquier fuente de nitrógeno y convertirla en aminoácidos, que serán aprovechados por el animal.

### **2.7.2 Extracto etéreo**

Agrupada a todas las sustancias solubles en ÉTER en este grupo se incluyen las grasas, colorantes (clorofila, carotina) ácidos orgánicos, aceites etéreos, ceras, resinas, lecitinas y alcaloides. A mayor contenido de “C” e “H” y menor contenido de “O”, mayor será el valor de combustión de un nutriente. (Alcázar, 1997).

Miller (1989), sostiene que el contenido de lípidos de los alimentos se determina como extracto etéreo y también puede figurar con la denominación de “grasa”. Sin embargo, la mayoría de los forrajes contienen cantidades apreciables de lípidos que pueden extraerse cuando entra en reacción con éter, estos no son grasas verdaderas, sino compuestos complejos como la clorofila y otros pigmentos vegetales.

### **2.7.3 Fibra Cruda**

Es un conjunto de compuestos químicos que no tienen un análisis común y corresponde a la fracción de carbohidratos que resisten al tratamiento ácido-básico (según Weende). La fracción insoluble en ácidos y álcalis, se denomina Fibra Cruda, que está formada por la hemicelulosa y la lignina, principalmente,

---

mientras que la celulosa se encuentra en la fracción que es soluble en ácidos y álcali. (Alcázar, 1997).

El conocimiento del contenido de fibra cruda es muy importante conforme a De Alba (1974), citado por Tola (2002), se utiliza como indicadora de la poca calidad de los forrajes, debido a que lignina, hemicelulosa y la celulosa son de menor digestibilidad para el organismo animal.

Según Verde (1966), citado por Tola (2002), en la alimentación del ganado es muy importante conocer el contenido de fibra, por que alimentos que tienen un alto contenido de fibra son de muy baja digestibilidad.

#### **2.7.4 Extracto no nitrogenado**

Corresponde a los carbohidratos tales como monosacáridos, disacáridos, pectinas, hemicelulosa y otros, los que determinan por diferencia entre la materia orgánica y los otros componentes determinados analíticamente (Cañas, 1995).

Una seria limitación del análisis proximal, según Alcázar (1997), es la determinación de esta fracción que se realiza mediante la diferencia de 100 la suma de los porcentajes de humedad, proteína bruta, grasa bruta, fibra bruta y cenizas. El método Weende, de acuerdo al mismo autor, no detalla un análisis óptimo para las paredes celulares de acuerdo a la especie y madurez de la planta, lo que implica que el análisis de ciertos carbohidratos no es muy preciso. Pues algunos constituyentes de la fibra cruda se añaden involuntariamente a los elementos libres de nitrógeno, sobre todo hemicelulosa y lignina. La lignina, tiene la particularidad de ser indigestible y además disminuye notablemente la digestibilidad de los compuestos que se asocian a ella.

---

### **2.7.5 Cenizas**

Cañas (1995), menciona que las cenizas son el residuo inorgánico producido al quemar una muestra en una mufla a 600° C durante tres horas. Las cenizas, en productos de origen animal como la harina de hueso o harina de pescado sirven para estimar el contenido de “Ca” y “P”, pero, en los alimentos de origen vegetal tienen un uso nutricional directo pero restringido, porque los componentes de las cenizas de los alimentos de origen vegetal son muy variables en cuanto a su cantidad y componentes.

Por otra parte, Alcázar (1997), indica que el contenido de cenizas es solo un valor aproximado del contenido mineral de una muestra.

Por otro lado Meynard et. Al (1986), citado por Tola (2002), respecto a los minerales afirma que sirven en el organismo de distintas maneras. Como constituyentes de los huesos y los dientes. Forman parte también de los compuestos orgánicos –como proteínas y lípidos- que componen los músculos, órganos, células sanguíneas y otros tejidos. Son importantes en la activación de muchas enzimas e intervienen en una serie de funciones como sales solubles en la sangre y otros fluidos corporales.

### **2.7.6 Energía digestible**

Alcázar (1997), indica que la energía digestible representa la proporción de energía ingerida en la dieta, la cual es digerida y absorbida posteriormente por el animal, en consecuencia no aparece en las heces ni se pierde como gases.

Por otra parte, Miller (1989), menciona que la energía digestible de los alimentos se expresa, generalmente, en megacalorías, cuya forma abreviada es Mcal., y que equivale a 1.000.000 de calorías pequeñas.

---

### 2.7.7 Minerales

Morrison (1977), indica que los principios nutritivos de los minerales son necesarios para mantener la salud de los animales y conservar su vida misma. Principalmente se conocía la importancia de la sal común y del fósforo y el calcio en la alimentación del ganado. Los mismos desempeñan diversas funciones vitales en el organismo. Ante todo, el esqueleto de los vertebrados esta compuesto principalmente de minerales como el calcio y fósforo en su totalidad.

El Calcio y el Fósforo son los minerales más abundantes en el cuerpo de la vaca, alrededor del 75% de los minerales totales; de esta cantidad un 99% del Calcio y un 80% del Fósforo se encuentra formando parte de la estructura ósea y dientes (Sanz, 1990).

Maynard et. Al. (1986), citado por Santos (2002), indica que los minerales sirven en el organismo de distintas maneras. Como constituyentes de los huesos y los dientes. Forman parte también de los compuestos orgánicos – como proteínas y lípidos- que componen los músculos, órganos, células sanguíneas y otros tejidos. Son importantes en la activación de muchas enzimas e intervienen en una serie de funciones como sales solubles en la sangre y otros fluidos corporales. A ellos también se debe el mantenimiento de las relaciones osmóticas y de equilibrio ácido-básico. Además de estas funciones generales, en las que los minerales actúan, cada uno tiene diversos papeles específicos.

---

### **3. LOCALIZACIÓN**

#### **3.1 Ubicación**

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en la Estación Experimental de Choquenaira, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en la comunidad del mismo nombre a 6 km de Viacha, primera sección municipal de la provincia Ingavi del departamento de La Paz. (Figura 1).

Geográficamente se encuentra ubicada entre los paralelos 16° 42' 5" de latitud Sur y 68° 15' 15" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 3820 msnm. A una distancia de 32 Km , al sur-oeste de la ciudad de La Paz limita al norte y oeste con los terrenos de Radio San Gabriel y con la colina Huacullani, al sur con la Comunidad Choquenaira y al este con el río Jacha Jahuí ra.

#### **3.2 Características agroclimáticas**

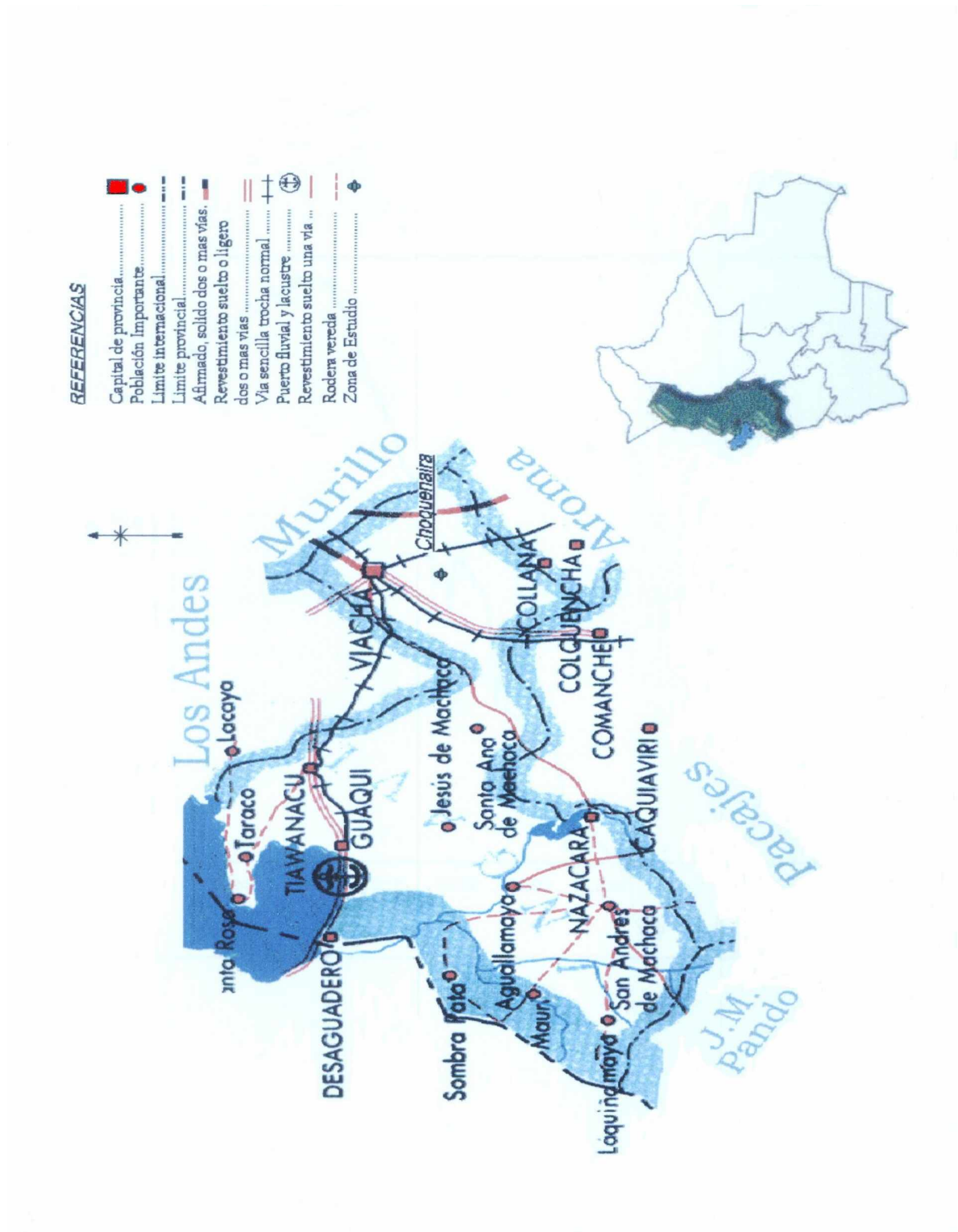
##### **3.2.1 Fisiografía**

Fisiograficamente las tierras de la Estación presentan fluctuaciones de serranía (montañosa), ladera y mayormente plana con algunas pequeñas ondulaciones, donde se puede distinguir dos grandes paisajes: Aluvial no inundable y aluvial inundable, este último ocupa la mayor parte del área de la Estación.

##### **3.2.2 Clima**

La Estación de Choquenaira esta clasificada como "Clima Templado Frio con vegetación montano Estepa a Estepa Espinosa" (Holdridge, 1982). Los datos de los principales indicadores del clima se muestra en el Cuadro A-1.

Figura 1. Localización de área de estudio



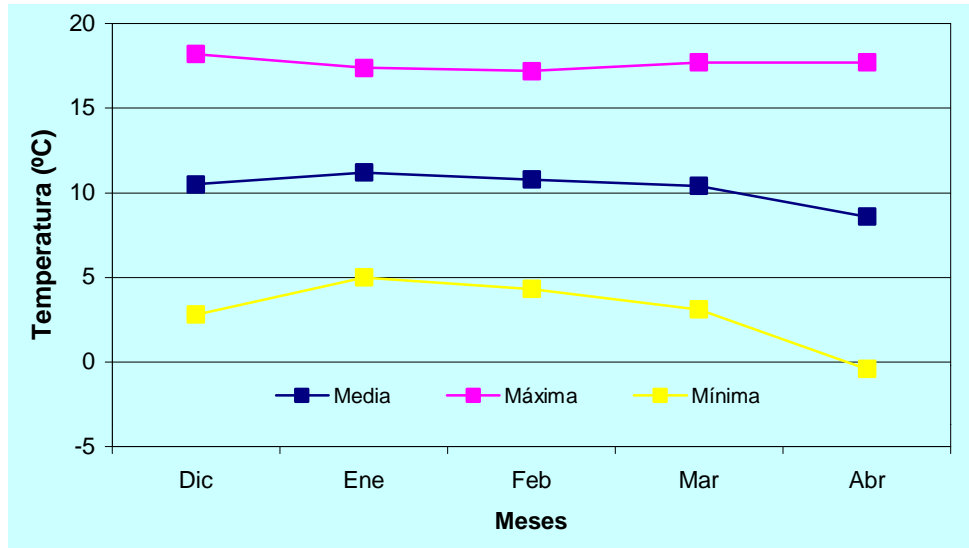
Los datos climáticos registrados durante el desarrollo del presente trabajo de investigación corresponden a la gestión agrícola 2002-2003 (Cuadro 3), con registro mensual para los factores de temperatura, precipitación, humedad y días con heladas.

**Cuadro 3. Datos de Temperatura, Precipitación, Humedad y días con heladas durante la fase de desarrollo del cultivo asociado.**

MES	TEMPERATURA °C			PRECIPITACION (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)	HELADA (días)
	Media	Máxima Media	Mínima Media			
Diciembre	10.5	18.2	2,8	69.5	42	3
Enero	11.2	17.4	5	139.2	47	0
Febrero	10.8	17.2	4,3	93.1	50	0
Marzo	10.4	17.7	3,1	70.5	47	0
Abril	8.6	17.7	-0,4	18.9	43	19
TOTAL	51.5	88.2	14.8	391.2	229	22
PROMEDIO	10.3	17.64	2.96	78.24	45.8	4.4

Fuente SENAMHI, Viacha (2002-2003)

Los datos climáticos registrados durante la fase de desarrollo del cultivo asociado (Cuadro 3), nos muestran una temperatura promedio mensual de 10.3 °C, siendo los promedios máximos y mínimos de 17.64 y 2.96 °C respectivamente. La precipitación acumulada alcanzó a 391.2 mm, registrándose la mayor precipitación en el mes de Enero con 139.2 mm, con una Humedad relativa promedio mensual de 45.8% y un total de 22 días con heladas.



**Figura 2. Fluctuación de la temperatura durante la investigación.**

Baudillo (1980), indica que la temperatura es uno de los factores que se debe tomar en cuenta en los cultivos, ya que los procesos vitales se inician a los 0 °C alcanzando el potencial máximo a los 35 °C, superior a este se llega a paralizar a más de 40 °C ó -3 °C; por otro lado, la altura hace descender la temperatura y la humedad atmosférica; este descenso hace que el rendimiento de las plantas se muestren bajos y no así en las gramíneas porque se desarrollan bien bajo estas condiciones.

La precipitación acumulada (Figura 3), durante la gestión agrícola 2002/2003, (Diciembre-Abril) fue de 391,2 mm; lo que indica que durante el periodo de la realización del presente trabajo de estudio, la humedad fue satisfactoria tanto para ambos cultivares de arveja y cebada.



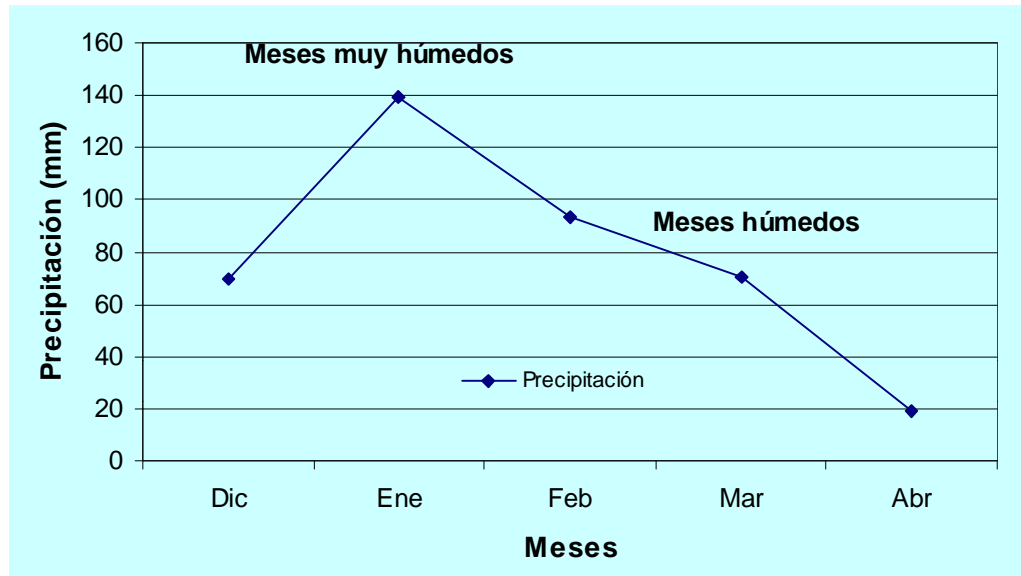


Figura 3. Datos de precipitación registrados durante la investigación.

### 3.2.3 Suelo

Los suelos presentan una profundidad efectiva de 20 cm., siendo extremadamente delgados y muy delgados; de poco desarrollo genético: fáciles de trabajar, respondiendo de forma excelente a los agregados orgánicos e inorgánicos. El suelo tiene un color gris oscuro en seco y gris muy oscuro en húmedo y en el subsuelo de color gris oscuro en seco y gris en húmedo.

La textura es de carácter franco arcilloso a arcilloso, de estructura bloque subangular moderada fina, consistencia ligeramente adhesiva en mojado, suelto en húmedo y ligeramente duro en seco. El suelo presenta una humedad aprovechable total extremadamente pobre en mayor parte del área, con excepciones en la parte central del mismo, por lo que en época de lluvias la retención de humedad es baja, permaneciendo seco de 7 a 8 meses al año (Callisaya, 1994).

---

### 3.2.4 Vegetación

La vegetación natural y cultivable de la Estación, esta constituida principalmente de especies arbustivas, herbáceas y plantas anuales, las que son mostrados en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Vegetación natural de la Estación de Choquenaira.**

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Ichu	<i>Stipa ichu</i>
Chillihua	<i>Festuca dolichophylla</i>
Cebadilla	<i>Bromus unioloides (HPK)</i>
Chiji blanco	<i>Distichlis humilis</i>
Kcora	<i>Malvastrum</i>
Totorilla	<i>Scirpus rigidus</i>
Thola	<i>Lepidophyllum quadrangulare A</i>
Thola	<i>Parastrephia quadrangulare A</i>
Cola de ratón	<i>Hordeum andicola</i>
Llapa	<i>Boutelona simplex</i>
Layu	<i>Trifolium amabile</i>
Diente de león	<i>Taraxacum officinalis</i>
Reloj reloj	<i>Erodium cicutarium</i>
Cachu chiji (chiji negro)	<i>Muhlenbergia fastigiata</i>
Paja brava	<i>Festuca especie</i>
Sillu sillu	<i>Lackemilla pinnata</i>

Fuente Callisaya (1994)

---

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Materiales**

#### **4.1.1 Material biológico**

Para la realización del ensayo se utilizaron las semillas de dos especies: cebada y arveja. Las semillas de cebada fueron proporcionadas por la Estación Experimental de Choquenaira, siendo de variedad IBTA – 80 y la semilla de arveja procedente del Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas Pairumani.

#### **4.1.2 Materiales de Campo**

- Tractor agrícola con sus implementos (arado y rastra)
- Wincha
- Estacas
- Rastrillos
- Chuntillas
- Picota
- Libreta de campo
- Hoz
- Bolsas de nylon
- Saquillos de algodón
- Flexómetro
- Machetes

#### **4.1.3 Materiales de laboratorio**

- Balanza analítica
- Sobres de papel
- Chancaca de caña
- Tubos plásticos de PVC (4")

- 
- Abrazaderas
  - Tiras de goma de neumático
  - Alambre de amarre
  - Bolsas de nylon para muestras
  - Cinta adhesiva
  - Guantes
  - Alicates
  - Bandejas de recolección
  - Tijeras

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Diseño estadístico

Según Steel y Torriell (1992), al tener parcelas completas es aconsejable emplear el diseño Bloques al Azar, es así que se establecieron cuatro bloques con cinco tratamientos con cuatro repeticiones, y el modelo estadístico lineal utilizado para estudiar los efectos, fue el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + X_i + \beta_j + E_{ij}$$

Donde:

$X_{ij}$  = Cualquier observación

$\mu$  = Media total

$X_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento

$\beta_j$  = Efecto del j-esimo bloque

$E_{ij}$  = Error experimental referido al efecto de bloque y tratamiento.

---

---

## Tratamientos

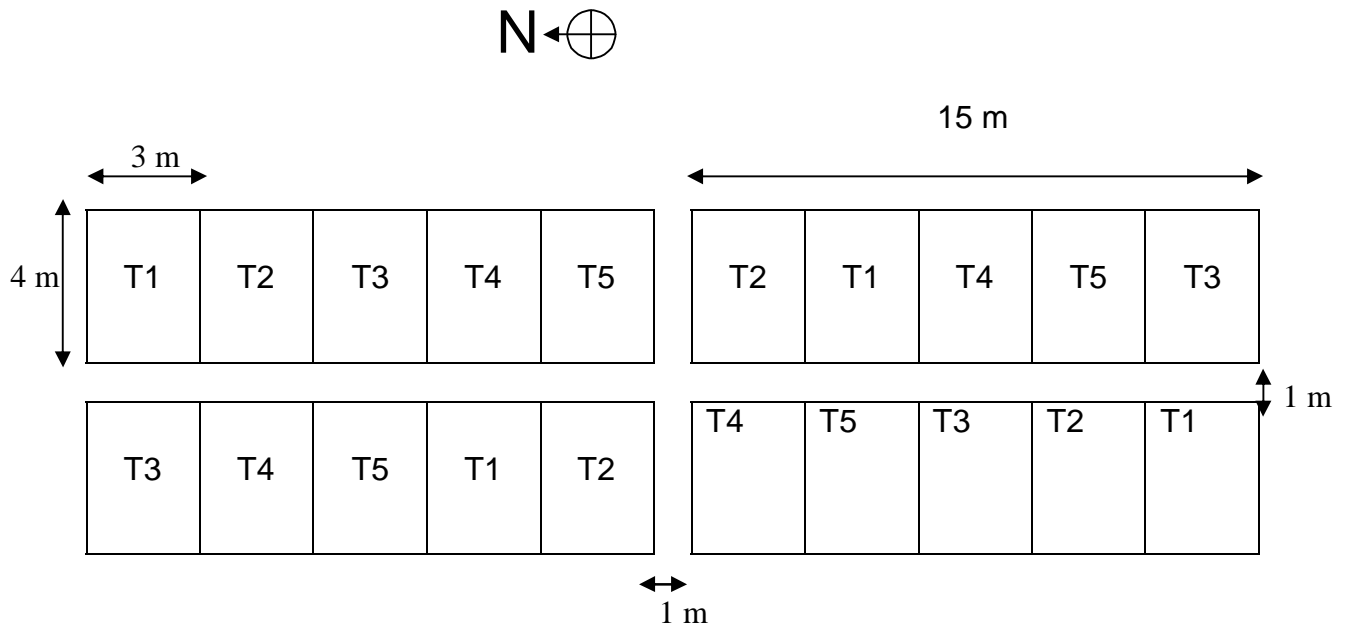
De la combinación de los tratamientos se tienen las siguientes densidades de siembra para el cultivo de la cebada y arveja:

**Cuadro 5. Densidad de siembra utilizada para la siembra**

Densidad	Cebada kg/ha	Arveja Kg/ha
D1	100	10
D2	80	20
D3	60	30
D4	40	40
T	100	00

### 4.2.2 Características del campo Experimental

Croquis del campo Experimental de los cultivos



---

## Descripción de las dimensiones del área experimental

<b>Área de análisis central</b>	<b>240 m<sup>2</sup></b>
Área de unidad experimental	12 m
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	4

### **Espacio entre bloques y sistemas de cultivo**

Distancia entre bloques	1 m
Pasillo entre sistemas de cultivo	0,5 m

<b>Área total del ensayo</b>	<b>315 m<sup>2</sup></b>
------------------------------	--------------------------

## **4.2.3 Procedimiento experimental**

### **4.2.3.1 Preparación del terreno**

El trabajo se inicio con una adecuada preparación del terreno que consistió en una arada profunda con arado de discos, dos pasadas de rastra y su posterior nivelación del terreno, luego se procedió a la delimitación y estacado de las parcelas.

### **4.2.3.2 Siembra**

La siembra de los dos cultivos en asociación se efectuó el 24 de Diciembre de 2002, en forma manual al voleo depositando las semillas de cebada y arveja en el terreno, teniendo cuidado de que las semillas sean distribuidas de una manera uniforme en toda la unidad experimental, posteriormente se procedió a tapar las semillas con rastrillo.

---

#### 4.2.3.3 Labores culturales

Durante el tiempo de realización del ensayo se efectuaron las siguientes labores culturales:

**Deshierbe:** El control de las malezas se efectuó con deshierbes que se realizaron a lo largo del desarrollo fisiológico de los cultivos de cebada y arveja, siendo el primer deshierbe en la etapa de post-germinación de los cultivos en asociación para evitar la competencia de las malezas.

**El control de las diferentes malezas** se realizó en forma manual, arrancando las malezas a mano y también con la ayuda de un rastrillo y chuntilla. Entre las principales malezas que se encontraron fueron *Erodium cicutarium* (reloj-reloj), *Chenopodium sp.* (quinua silvestre o ajara), *Solanum sp.* (papa silvestre) y *Malvastrum* (kcora).

**Cosecha:** La cosecha se realizó a 106 días después de la siembra, en forma manual, tomando como parámetro el inicio del espigamiento de la cebada, empleando hoces y una balanza de 12 Kg de capacidad para el pesaje de la materia verde. En cada una de las unidades experimentales se cosecharon un área de 3,0 m<sup>2</sup>.

### 4.3 Variables de respuesta

#### 4.3.1 Días a la emergencia

Esta variable se evaluó 15 días después de la siembra del cultivo asociado de cebada y arveja, se registraron hasta cuando tenían más del 50% de las plántulas emergidas en la superficie del suelo.

---

### 4.3.2 Días a inicio de espigamiento

Se consideró el inicio de espigamiento, cuando el 50% de la unidad experimental presentó la emisión de la espiga.

### 4.3.3 Altura de planta

Para determinar la altura de planta del cultivo asociado se tomaron 10 plantas al azar de cada especie por parcela en el momento de la cosecha, posteriormente se procedió a medir la longitud de la planta, la cebada se midió desde el suelo hasta la punta de la espiga sin considerar las aristas, en el caso de la arveja se consideró desde el cuello hasta el ápice, obteniendo un promedio de la altura de planta para cada unidad experimental.

### 4.3.4 Días a la floración de la arveja

La evaluación desde la siembra a la floración se consideró cuando la población presentaba el 50% de floración en cada unidad experimental



Figura 4. Floración de la arveja asociado con cebada



---

#### **4.3.5 Número de plantas/m<sup>2</sup>**

La densidad se contabilizó, con la cantidad de plantas existentes en el área de muestreo de 1 m<sup>2</sup>, con el propósito de ver la relación de número de plantas emergidas y su influencia en el rendimiento.

#### **4.3.6 Relación hoja/tallo**

Para determinar la relación hoja/tallo de la arveja y la cebada se tomaron 10 plantas de cada especie y por unidad, de las cuales se separaron las hojas de los tallos y se colocaron al horno a 70 °C hasta obtener un peso constante, para determinar en base seca la relación hoja/tallo.

#### **4.3.7 Rendimiento en materia seca**

Para la expresión de rendimiento en materia seca, previamente se determinó su porcentaje de materia seca; tomando para ello 200 gr. de muestra de forraje verde que posteriormente fue secada al horno a una temperatura de 70 °C por 48 horas hasta obtener peso constante; el porcentaje de materia seca se determinó utilizando la siguiente expresión matemática:

$$\%M.S. = ( M.S. / M.V.) \times 100$$

Donde:

M.S.= Materia seca (peso de muestra secada al horno)

M.V.= Materia verde

Con el porcentaje de materia seca y el rendimiento de materia verde se determinó el rendimiento de materia seca en kilogramos/hectárea por unidad experimental.

---

## 4.4 Proceso de elaboración de ensilaje

### 4.4.1 Construcción de mini silos

Para la construcción de los mini silos se tomo la propuesta de Achu (1996), que fue usado satisfactoriamente, es una adaptación de los silos de Parker (1978) que consiste en un conducto de PVC (plástico acrílico) de 10,5 cm de diámetro x 1,0 m de largo (Figura A-8).

### 4.4.2 Picado del material vegetal

Las muestras de forraje para el ensilado fueron tomados al azar de los diferentes partes del material vegetal, cuando la cebada se encontraba en la etapa de espigamiento y la arveja en floración completa. El picado tanto de la cebada como de la arveja se realizó manualmente con un machete, dejando trozos de forraje de 2 cm de largo aproximadamente (Figura 5).



**Figura 5. Picado del forraje para realizar el ensilado**

Para obtener resultados apropiados, la relación de diferentes concentraciones de cebada y arveja se presenta en el siguiente Cuadro 6:

---

**Cuadro 6: Porcentaje de combinación de cebada y arveja para ensilar en mini silos**

<b>Tratamiento</b>	<b>Cebada %</b>	<b>Arveja %</b>	<b>Total %</b>
T1	90	10	100
T2	80	20	100
T3	70	30	100
T4	60	40	100
T5	100	00	100

#### **4.4.3 Llenado de los mini silos**

Después del picado de los forrajes, el llenado de los mini silos se realizaron en forma individual para cada uno de los tratamientos, utilizando 6,0 kg. de la mezcla de cebada y arveja por tubo; donde el forraje picado fue introducido con ayuda de un compactador para lograr una buena compactación y así lograr una buena fermentación (Figura 6). También se adicionó chancaca de caña como aditivo de acuerdo a las cantidades requeridas previamente calculadas para cada mini silo y se diluyó en agua en una relación de 1:4 en volumen, con el propósito de tener una distribución uniforme en el forraje ensilado se adicionó cada 20 cm de capa de forraje picado.



**Figura 6. Llenado y compactado del material vegetal en los mini silos, de cebada y arveja**

#### **4.4.4 Sellado de los silos**

Luego de llenado los mini silos, fueron sellados, primero se colocó una pesa de cemento de 2 - 3 Kg. luego fueron sellados con cámaras neumáticas previamente ligada en los extremos tanto en la parte superior como inferior, para evitar así el ingreso del aire. Para lograr un adecuado desarrollo del proceso de fermentación; los mini silos permanecieron cerrados durante 90 días después de la fecha de llenado.

#### **4.4.5 Apertura de los silos y muestreo**

Al cabo de los 90 días los mini silos, fueron abiertos y se extrajeron muestras representativas de cada tratamiento; para ello se desechó la capa superficial de cada uno de los silos y luego se tomaron muestras de diferentes capas del silo, estas se homogenizaron y se cuartearon para obtener una muestra de 200 gr. que se colocaron posteriormente en bolsas de polietileno previa identificación para el traslado al laboratorio del Programa de Alimentos y

---

Productos Naturales de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UMSS de Cochabamba, para el correspondiente análisis bromatológico (Figura 7).



**Figura 7. Muestras tomadas del ensilaje de la mezcla de cebada-arveja para el análisis proximal.**

#### **4.4.6 Variables consideradas para el ensilaje**

Los factores que se tomaron en cuenta para determinar la calidad del ensilaje de la mezcla de cebada-arveja desde el punto de vista de su composición química:

- Extracto etéreo
- Proteína cruda
- Cenizas
- Extracto no nitrogenado
- Energía bruta
- Fósforo y calcio
- Determinación del pH

---

Los análisis se realizaron en el laboratorio del Programa de Alimentos y Productos Naturales de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor de San Simón – Cochabamba. Cada uno de los parámetros fueron determinados realizando los análisis por duplicado como mínimo.

#### **4.5 Análisis Estadístico**

El análisis de varianza (ANVA), para los datos estadísticos se analizaron, utilizando los módulos de análisis de varianza y el modelo lineal general (GLM) del programa estadístico computarizado “Statistical Analysis System Inc”. (SAS, 1985).

#### **4.6 Análisis Económico**

Para el análisis económico se calculó e interpretó el Beneficio neto y las relaciones Beneficio/Costo (B/C), ajustando el rendimiento obtenido a un 10% en reducción al rendimiento obtenido con el fin de eliminar la sobreestimación del ensayo de acuerdo a las recomendaciones hechas por Perrin et al. (1988), para el CIMMYT.

---

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

La presentación y discusión de los resultados se realizó tomando los datos de las variables de respuesta, según los procedimientos detallados en la metodología. En la discusión se enfatizará los resultados del análisis bromatológico del ensilaje de la mezcla de cebada-arveja.

### **5.1 Observaciones fenológicas**

#### **5.1.1 Días a la emergencia**

Esta variable se evaluó 15 días después de la siembra (DDS), en base a una observación directa en cada unidad experimental, para lo cual se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta más del 50% de las semillas sembradas emergieron. El promedio de días a emergencia del cultivo de cebada y arveja fueron de 16,35 y 18,63 días respectivamente, como se puede observar en el Cuadro 7.

No se consideró el análisis de la densidad, puesto que la germinación depende básicamente de las condiciones del suelo y de la humedad. Al respecto, López (1991) indica que las variaciones manifestadas en la emergencia de los cereales, obedecen principalmente a factores ambientales de humedad, temperatura y textura del suelo; sin embargo el aspecto más importante es la profundidad de siembra.

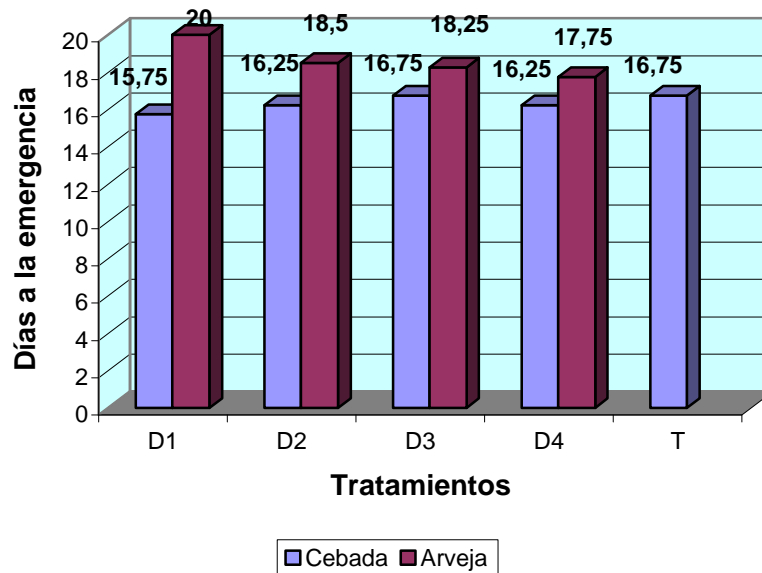
**Cuadro 7. Días a la emergencia registrados en los tratamientos de la Cebada y arveja, Choquenaira gestión 2002-2003.**

TRATAMIENTO		PROMEDIO DE DIAS A EMERGENCIA
Densidad	Cultivo	
D 1	Cebada	15,75
	Arveja	20,00
D 2	Cebada	16,25
	Arveja	18,50
D 3	Cebada	16,75
	Arveja	18,25
D 4	Cebada	16,25
	Arveja	17,75
T	Cebada	16,75
Promedio de emergencia por cultivo		
CULTIVO		MEDIA (Días)
Cebada		16,35
Arveja		18,63

Las condiciones ambientales no fueron tan favorables para la emergencia de las plántulas tanto de la cebada como de la arveja, por la escasa humedad existente por la falta de precipitación registrada después de la siembra.

Se observa también que las plántulas de cebada presentaron una emergencia más precoz respecto a las plántulas de arveja; comportamiento que puede advertirse mejor en la Figura 8. Los resultados presentados tienen similitud a las afirmaciones de Bernal (1986), quién sostiene que, en cultivos de asocio forrajeros las gramíneas tienden a emerger más temprano que las leguminosas.



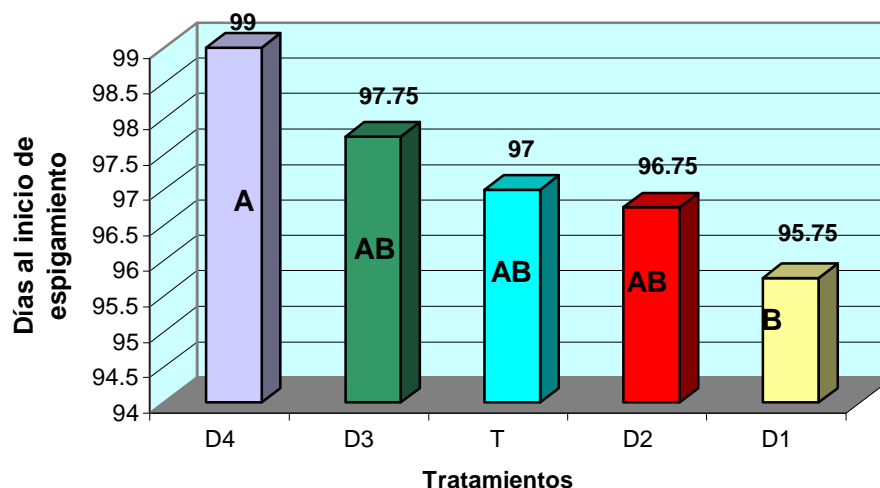


**Figura 8. Días a la emergencia del cultivo asociado de cebada y arveja**

En general se puede indicar que las densidades de siembra no influyeron en la emergencia de las plántulas, aunque tienden a ser ligeramente más precoces conforme se incrementan la densidad, este comportamiento se puede atribuir a la falta de humedad en el suelo que se presentó después de la siembra.

### 5.1.2 Días a inicio de espigamiento

Esta variable de respuesta fue evaluada a los noventa (DDS); el comportamiento de los diferentes tratamientos de la cebada asociado con la arveja, para los días de espigamiento se tiene en promedio 97,25 días, notándose que no hay grandes diferencias entre las diferentes densidades de siembra, como se puede ver en la Figura 9.



**Figura 9. Días al inicio de espigamiento**

En general se concluye que a mayor densidad de siembra, menor es el día de espigamiento, frente a las densidades menores, como se puede apreciar en la anterior figura.

Efectuado el análisis de varianza para días a inicio de espigamiento (Cuadro 8), se evidencia diferencias no significativas entre tratamientos, por lo que se infiere que las condiciones del suelo por su uniformidad no mostraron efecto alguno en los diferentes tratamientos sobre los días del inicio de espigamiento.

**Cuadro 8: Análisis de varianza días a inicio de espigamiento**

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	Fc	Ft
Bloque	3	96,5500	32,1833	15,03	0,0002 *
Tratamiento	4	23,5000	5,8750	2,74	0,0785 ns
Error	12	25,7000	2,1417		
Total	19	145,7500			

CV = 1,51%

\* = significativo

ns = no significativo

---

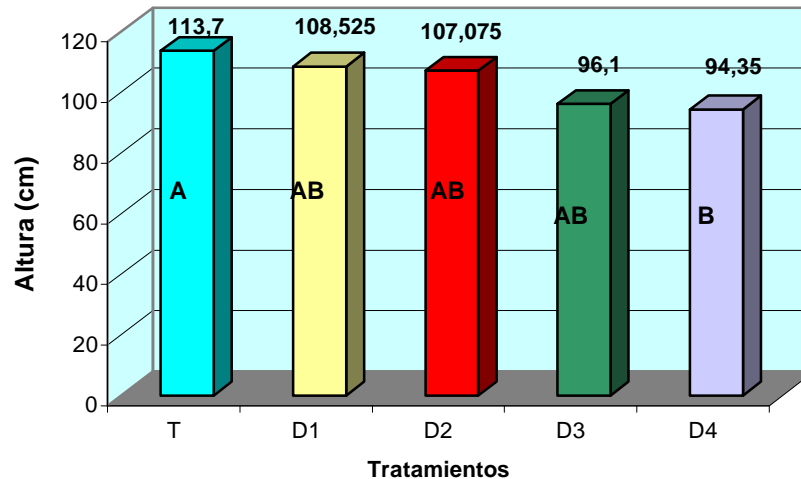
### 5.1.3 Altura de la planta

La medición de esta variable de respuesta se la realizó en el momento de la cosecha a los 106 días después de la siembra, tanto para la cebada como para la arveja, las plantas de cebada tenían una altura de 103,95 cm. como promedio y 69,21 cm. la arveja



**Figura 10. Altura de desarrollo del cultivo en asocio**

Efectuado la prueba de Duncan al 5% de probabilidad para los tratamientos nos indica que la altura de planta del cultivo de cebada presenta diferencias significativas, la densidad T (Testigo) registró la altura de planta a cosecha más alta con 113,7 cm, seguida de la D1 con un promedio de 108,5 cm, D2 con 107,1 cm, D3 con 96,1 cm y D4 tan solo con 94,3 cm; por lo que se infiere que a mayor densidad de siembra de una sola especie mayor será la altura de la planta (Figura 11).



**Figura 11. Prueba de Duncan para la altura de plantas a la cosecha de la cebada**

Estas alturas obtenidas se encuentran dentro del rango citado por Robles (1981), quién indica que la cebada generalmente crece de 60 a 150 cm. Que pueden ser atribuibles a la disposición de elementos nutritivos para el desarrollo del cultivo. También la mayor altura puede deberse a la mejor aplicación de las labores culturales, mayor aprovechamiento de la luz por parte de la planta y competencia por los nutrientes del suelo (Taboada, 1995).

Los resultados obtenidos en lo que respecta a la cebada, en el presente trabajo fueron superiores o iguales a los registrados por Sauma (1997), mencionado por Quispe (1999), quién condujo un trabajo en la empresa de semillas forrajeras “SEFO-SAM” en el valle de Cochabamba con especies y variedades de cebada, avena y triticale, en diferentes años; habiendo obtenido en promedio de altura de planta en las variedades de cebada, IBTA 80 de 94,00 cm. y Lucha con 88,00 cm.

Con relación, a la influencia que tiene la densidad de siembra sobre la altura de las plantas, por los resultados obtenidos para esta variable con las cuatro densidades (D1, D2, D3 y D4), se establece que la altura fue afectada por la

aplicación de diferentes densidades de siembra, al observarse diferencias entre los promedios. Si se tiene en cuenta que al aplicarse diferentes densidades de siembra las plantas compiten en diferente grado por factores ambientales como la luz y el agua.

En el Cuadro 9 se presenta el análisis de varianza de la altura de planta a la cosecha del cultivo de la cebada.

**Cuadro 9. Análisis de varianza de altura de planta a la cosecha de la cebada.**

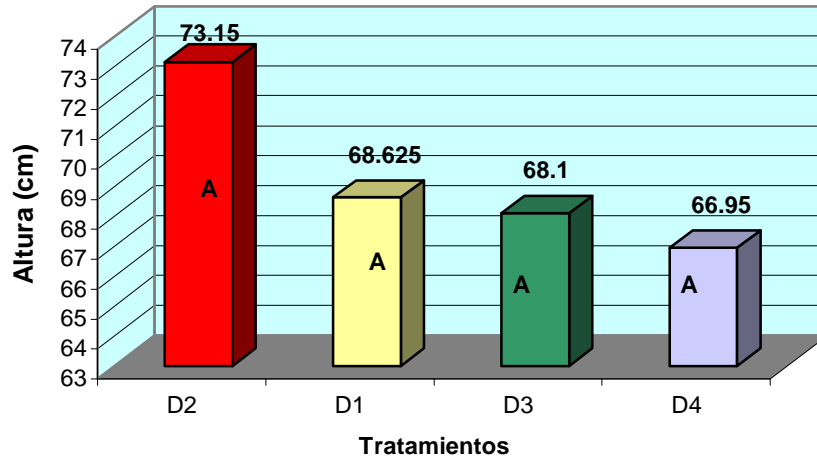
F.V.	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	1049,4100	349,8033	4,65	0,0222 *
Tratamiento	4	1118,1650	279,5412	3,72	0,0343 *
Error	12	902,1550	75,1796		
Total	19	3069,7300			

CV = 8,34%

\* = significativo

En los cuadrados medios del análisis de varianza para la evaluación de la altura de las plantas de las diferentes densidades de siembra se registraron diferencias significativas al 5% de probabilidad. El coeficiente de variación del análisis para la altura de planta es de 8,34% este valor está dentro del rango de aceptación y confiabilidad.

Los resultados obtenidos en lo que respecta al cultivo de la arveja, la medición se hizo desde el cuello de la raíz hasta el último nudo, los mismos se presentan en la Figura 12.



**Figura 12. Duncan para altura de planta a la cosecha de la arveja**

Asimismo se observa las variaciones no significativas por efecto de los tratamientos en las densidades, así como por efecto de bloque; es decir, no existe diferencias en la altura de las plantas, las mismas que pueden corroborarse con la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, donde la D2 presenta el mayor promedio de altura con 73,15 cm y la D4 tiene el promedio más bajo con 66,95 cm.

El análisis de varianza correspondiente a esta variable se presenta en el cuadro 10.

**Cuadro 10. Análisis de varianza correspondiente a la altura de las planta del cultivo de la arveja**

FV	GL.	SC.	CM.	Fc	Ft
Bloque	3	89,5519	29,8506	0,50	0,693 ns
Tratamiento	3	88,8219	29,6073	0,49	0,696 ns
Error	9	540,9156	60,1017		
Total	15	719,2894			

CV. = 11,20%

ns = no significativo

---

En el análisis de varianza de esta variable, se observa la no significancia entre bloques, lo cual indica que no existe probadas diferencias. Igualmente la no significancia por tratamientos, lo cuál quiere decir que la densidad no influyo estadísticamente en la variable de la altura de la planta. Se obtuvo un coeficiente de variación de 11,20%.

#### 5.1.4 Días a la floración del cultivo de arveja

La observación de esta variable se realizó a los 90 (DDS), cuando el 50% de las plantas de cada unidad experimental se encontraban en plena floración, los mismos se presentan en la Figura 13.

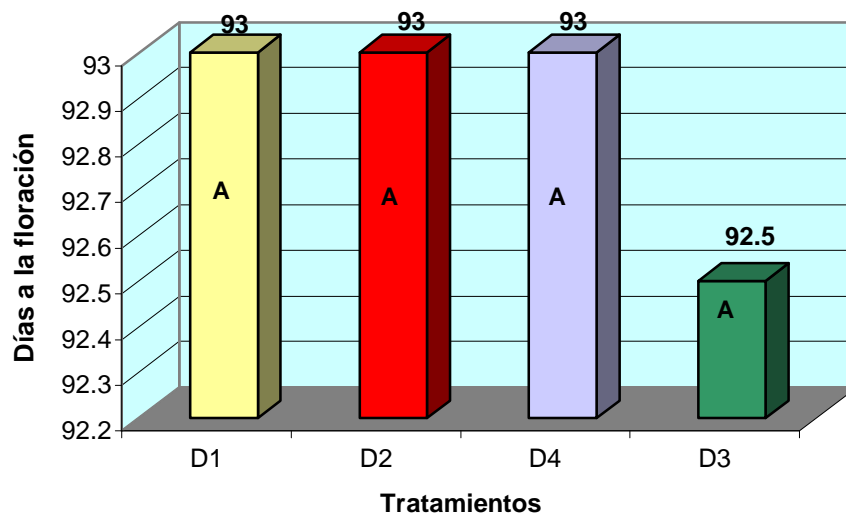


Figura 13. Duncan para días a la floración del cultivo de la arveja

De manera general los días transcurridos hasta la floración de las plantas de arveja, fueron similares para todos los tratamientos de las densidades, las mismas comprenden de 93 a 92,5 días después de la siembra. Dentro de esta variable a mayor densidad la floración es ligeramente temprana.

---

El análisis de varianza correspondiente a la floración del cultivo de la arveja se presenta en el Cuadro 11.

**Cuadro 11. Análisis de varianza días a la floración del cultivo de la arveja**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	12,2500	4,0833	4,20	0,0408 *
Tratamiento	3	0,7500	0,2500	0,26	0,8544 ns
Error	9	8,7500	0,9722		
Total	15	21,7500			

CV = 1,06%

\* = significativo

ns = no significativo

Según el análisis de varianza (Cuadro 11), para los días a la floración se reporto que no existen diferencias significativas a un 5% de probabilidad para el efecto de las densidades de siembra.

De la misma manera efectuado el análisis de varianza para los días a la floración, se evidencia que no existen diferencias estadísticas significativas entre los diferentes densidades de siembra, lo cual indica que estos factores se comportan de forma independiente para los días a la floración, obteniéndose un coeficiente de variación de 1,06%. La floración esta más ligada a procesos fisiológicos, van í ntimamente ligadas a factores que caracterizan como el clima, suelo, latitud, o bien limitan las posibilidades de floración.



### 5.1.5 Número de plantas por m<sup>2</sup>

El número de plantas por m<sup>2</sup> para el cultivo de la cebada en los diferentes tratamientos varían entre 54 y 37 plantas/m<sup>2</sup>, lo mismo que se puede observar en la Figura 14.

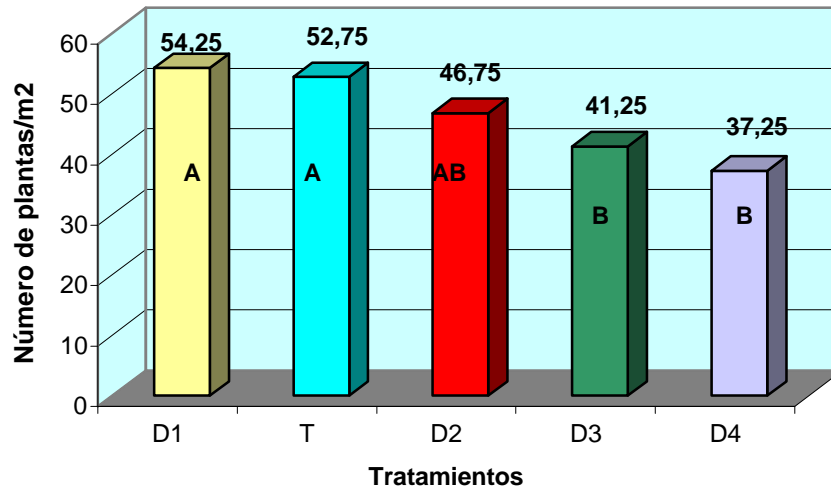


Figura 14. Duncan para el número de planta por m<sup>2</sup> del cultivo de la cebada

Respecto a esta variable los resultados fueron no significativos, lo que indica que los promedios de esta variable no presenta diferencias estadísticas, el promedio más alto fue reportado por la densidad alta que fue de 54,25 plantas/m<sup>2</sup>; contrario a este promedio se tiene el promedio más bajo con 37,25 plantas/m<sup>2</sup>. Esto se puede atribuir a las diferentes densidades de siembra utilizadas, a mayor densidad, mayor es el número de plantas que germinan y por tanto la población es más alta, lo contrario ocurrirá si la densidad de siembra es baja.

El análisis de varianza correspondiente a esta variable de número de plantas por m<sup>2</sup> se presenta en el Cuadro 12.

**Cuadro 12. Análisis de varianza de número de plantas/m<sup>2</sup> de la cebada**

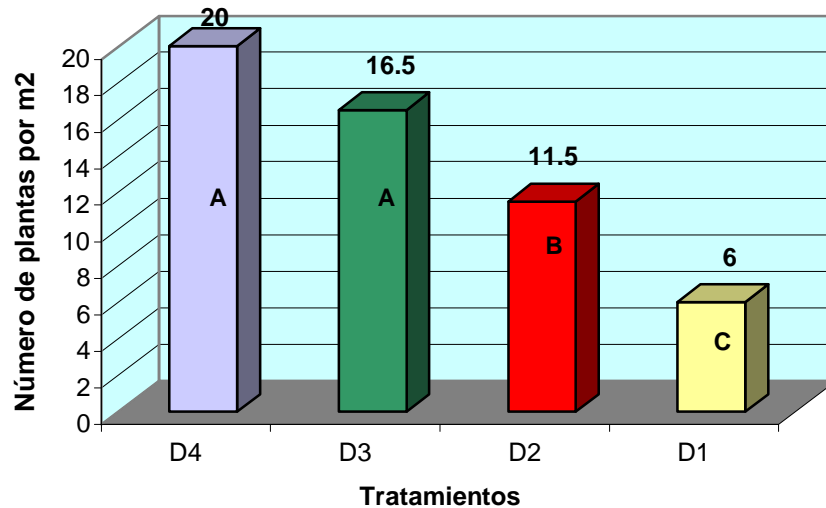
FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	120,5500	40,1833	1,08	0,3952 ns
Tratamiento	4	849,2000	212,300	5,70	0,0083 ns
Error	12	447,2000	0		
Total	19	1416,9500	37,2667		

CV = 13,14%

ns = no significativo

El análisis de varianza de esta variable muestra que no hay diferencias significativas en el número de plantas/m<sup>2</sup> para los cinco tratamientos, ello podrá deberse a la interacción positiva entre las dos especies en asocio en lo que respecta a las combinaciones acertadas de semillas; también pudo observarse el merodeo de pájaros en las parcelas del experimento, que pudo ser otros de los factores que contribuyeron en la no significancia.

El promedio del número de plantas/m<sup>2</sup> del cultivo de arveja por densidad fueron de 20; 16,5; 11,5 y 6 plantas/m<sup>2</sup> para las densidades D4, D3, D2 y D1 respectivamente. Para la población de arveja por metro cuadrado se tiene un promedio total de 12,44 plantas/m<sup>2</sup>, (Cuadro A-3), los cuales tuvieron algunos problemas en la emergencia por la falta de humedad por la escasez de precipitación registrada después de la siembra (Figura 15).



**Figura 15. Prueba de Duncan para número de plantas/ m<sup>2</sup> del cultivo de la arveja**

La comparación de medias para los cuatro tratamientos de densidades, al 5% de significancia, se establecen que las densidades D3 y D4 estadísticamente son similares con 16,5 y 20 plantas/m<sup>2</sup>, mientras el tratamiento D1 es la que registró el menor número de plantas. Esto se puede atribuir a las diferentes densidades de siembra utilizadas, ya que a mayor densidad, mayor es el número de plantas que germinan y por tanto la población es más alta, lo contrario ocurre si la densidad de siembra es baja, esto permitiría explicar lo que ocurrió en este caso.

El número de plantas/m<sup>2</sup> para el cultivo de la arveja en asocio, según el análisis de varianza se presenta en el Cuadro 13

**Cuadro 13. Análisis de varianza de número de plantas/m<sup>2</sup> de la arveja**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	30,5000	10,1667	1,44	0,2944 ns
Tratamiento	3	446,0000	148,6667	21,07	0,0002 *
Error	9	63,5000	7,0555		
Total	15	540,0000			

CV = 19,68%

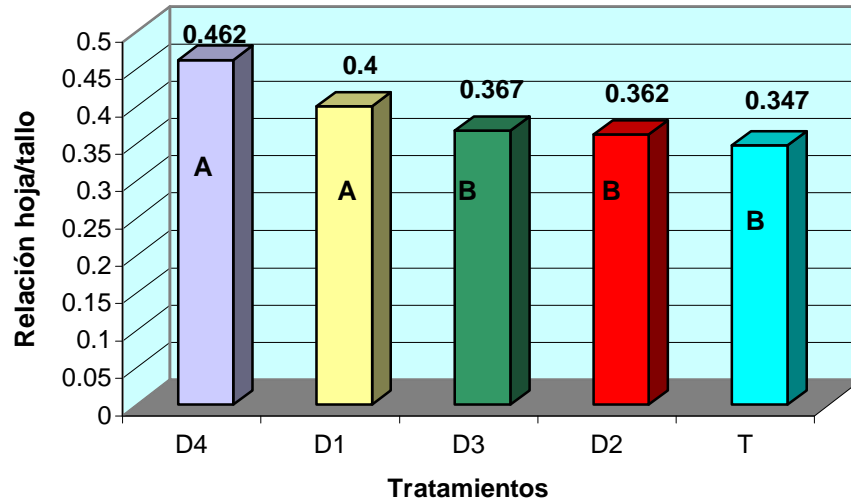
ns = no significativo

\* = significativo

El número de plantas/m<sup>2</sup> para el cultivo de la arveja en asocio, según el análisis de varianza que se presenta en el Cuadro 13, se evidencia la existencia de diferencias significativas al 5% de probabilidad por efecto de los tratamientos; sin embargo no existen diferencias estadísticas entre bloques, el coeficiente de variación alcanzado fue de 19,67%, el mismo que esta dentro el rango de confiabilidad.

### 5.1.6 Relación hoja/tallo

La relación hoja/tallo para el cultivo de la cebada en las cinco densidades, se tuvo una media de 0,40 y una variación de 0,46 a 0,35; en la siguiente Figura 16, se presenta la variación de la relación hoja/tallo del cultivo de la cebada.



**Figura 16. Prueba de Duncan para relación hoja/tallo de cebada**

En consecuencia con los datos registrados se puede observar que los mejores promedios de la variable en cuestión han alcanzado valores de 0,46 y 0,40 correspondiente a las densidades de D4 y D1, en tanto que los promedios más bajos tienen valores de 0,36 y 0,35 correspondientes a las densidades D2 y T (Testigo). Los presentes resultados se acercan a los obtenidos por Flores (2004), en un trabajo realizado con la aplicación al suelo de hidroabsorbentes Stockosorb en el cultivo de la cebada, obteniendo una relación de hoja/tallo con los mejores promedios de 0,49 y 0,48, en tanto que los promedios bajos corresponden a los valores de 0,39 y 0,40; con densidades de siembra de 100 y 120 Kg./ha para ambos promedios.

En ese sentido, al observarse el peso promedio tanto de las hojas como de los tallos, se deduce que las densidades afectaron; debido a un mayor densidad de siembra el peso promedio de las hojas disminuye y el peso promedio de los tallos muestra un incremento.

---

El análisis de varianza se presenta en el cuadro que sigue a continuación (Cuadro 14).

**Cuadro 14. Análisis de varianza para la relación de hoja/tallo de la cebada**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	0,0229	0,0076	2,73	0,0903 ns
Tratamiento	3	0,0336	0,0084	3,00	0,0623 ns
Error	9	0,0336	0,0028		
Total	15	0,0901			

CV = 13,63%

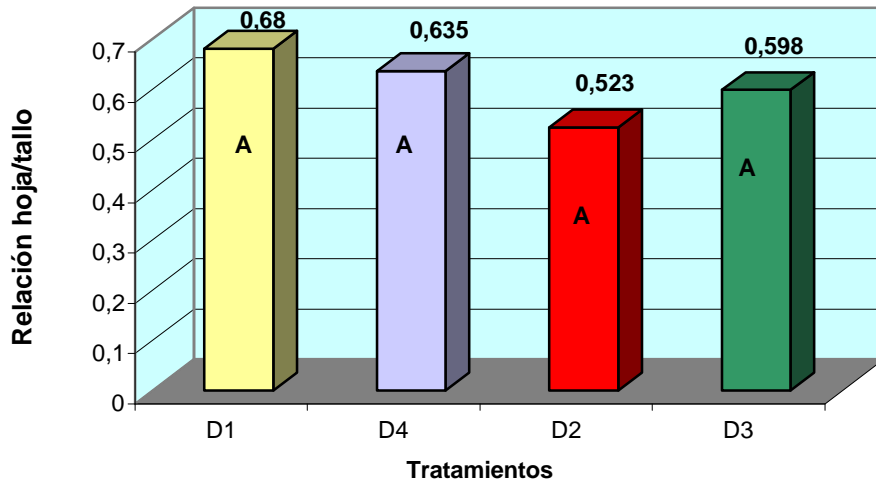
ns = no significativo

\* = significativo

De acuerdo al análisis de varianza, nos muestra la no significancia de la variable de la relación hoja/tallo entre los tratamientos y el coeficiente de variación fue de 13,63%; a pesar de las diferencias no significativas.

Esta diferencia podría ser atribuible, al comportamiento de las plantas en cada unidad de superficie de terreno que ocupa la planta para su desarrollo, a menor densidad de siembra el espacio será mayor y a mayor densidad de siembra será menor el espacio de las plantas por superficie de terreno y a mayor densidad de siembra menor será la captación de la fotosíntesis.

La relación de hoja/tallo para el cultivo de la arveja y el respectivo análisis de varianza se presenta en la Figura 17 y en el Cuadro 15.



**Figura 17. Prueba de Duncan para la relación hoja/tallo de arveja**

El cultivo de la arveja asociado con cebada, en la relación hoja/tallo no presentó grandes diferencias entre las diferentes densidades, esto se podría deber a que la leguminosa por ser una especie que necesita tutoraje, presentó tallos altos y delgados, con las hojas medianas, lo que bajo la relación de hoja/ tallo.

**Cuadro 15. Análisis de Varianza para relación hoja/tallo de arveja**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	0,0364	0,0121	0,84	0,0903 ns
Tratamiento	3	0,0143	0,0048	0,33	0,8034 ns
Error	9	0,1300	0,0144		
Total	15	0,1808			

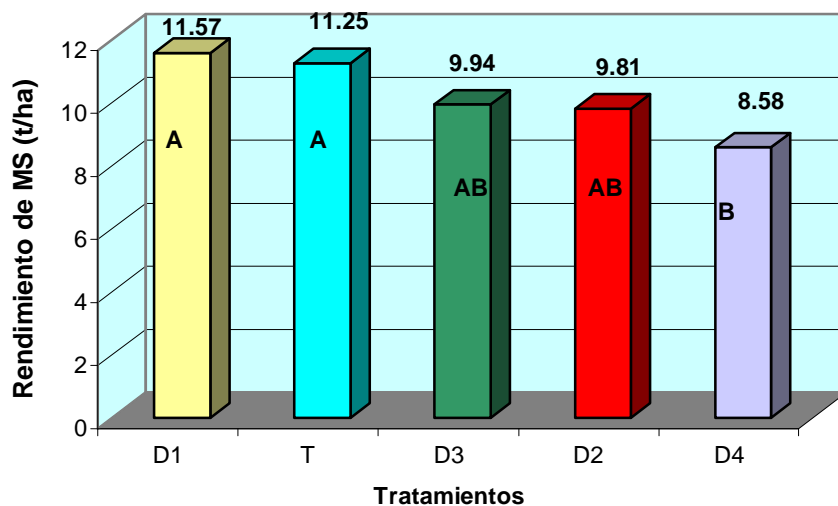
CV = 18,96%

ns = no significativo

Efectuado el análisis de varianza para la relación hoja/tallo de arveja (Cuadro 15), se observó que no existen efectos significativos a un 5% de probabilidad para esta variable, reportando un coeficiente de variación de 18,96%, el mismo que está dentro el rango de confiabilidad.

### 5.1.7 Rendimiento de Materia Seca Total

Para el análisis de esta variable de respuesta, se procedieron a calcular la materia seca, considerando a las especies de cebada y arveja por separado; una vez obtenido estos datos se procedió al análisis estadístico de los mismos, mediante el cuál se obtuvo el resumen de resultados que se presenta en la Figura 18.



**Figura 18. Efecto de la densidad de siembra para el Rendimiento de Materia Seca total (t/ha)**

El análisis diferencial mediante la prueba de Duncan al nivel de 5% de probabilidad estadística para el rendimiento de materia seca total, se presenta la formación de dos grupos estadísticamente diferentes en su distribución de medias, donde: grupo A con dos densidades D1 y T; con rendimientos que van de 11,57 a 11,25 t/ha y el grupo B con la D4 con el rendimiento más bajo con 8,58 t/ha. Por los resultados que se tienen la D1, logró mayor rendimiento de materia seca junto a la D3, con valores de 11,57 y 9,94 t/ha en asociación de cebada y arveja.



Al respecto Orive y Temprano (1983), detectaron que la fijación biológica del nitrógeno por las leguminosas ofrece un gran potencial agronómico porque es un medio económico de mantener ó aumentar el contenido de nitrógeno del suelo y de incrementar la producción de materia seca, de la misma manera para IBTA-GTZ (1989), en estudios realizados con cereales y leguminosas, donde han llegado a confirmar que a mayor aumento de nitrógeno existe mayor rendimiento de materia seca.

El análisis de varianza correspondiente a esta variable de rendimiento de materia seca total se presenta en el Cuadro 16.

**Cuadro 16. Análisis de varianza para rendimiento de Materia Seca total de cebada y arveja (t/ha)**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
BLOQUE	3	14,7441	4,9147	3,26	0,0597
TRATAMIENTO	4	23,3027	5,8257	3,86	0,0306 *
ERROR	12	18,1183	1,5099		
TOTAL	19	56,1651			

C.V. = 12,01%

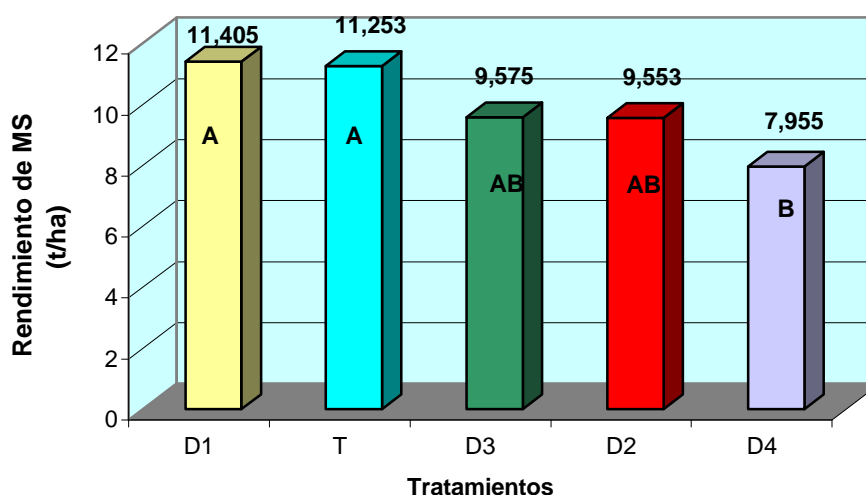
Ns = no significativo

\* = significativo

El factor densidad en este análisis presenta una diferencia significativa para la variable del rendimiento de materia seca total, lo cual hace alusión a la existencia de diferencias reales entre los promedios de los tratamientos en estudio y el valor del coeficiente de variación fue de 12,01%, que es bastante confiable para las variables estudiados.

### 5.1.8 Rendimiento de Materia Seca de la Cebada

Los rendimientos de materia seca de las diferentes densidades de siembra del cultivo de la cebada asociada con una leguminosa, se muestran los rendimientos por densidad de siembra entre las que sobresalió con mayores rendimientos de materia seca las densidades de D1, T y D3, con rendimientos de 11,41; 11,25 y 9,58 t/ha respectivamente, los mismos se presentan en la Figura 19.



**Figura 19. Duncan para el rendimiento de Materia Seca de la cebada**

Los resultados obtenidos de materia seca, en el presente estudio fueron superiores a los obtenidos por Villegas (2004), en un trabajo realizado en la producción forrajera y de grano de cinco variedades de cebada aplicando fertilizantes, registró en las variedades de kolla, Yacu y Local rendimientos con promedios que van 10,04; 9,78 y 9,34 t/ha respectivamente.

Realizado la prueba de Duncan al 5% de probabilidad (Cuadro 17), según las densidades planteadas para el presente trabajo de investigación, por los datos registrados se tiene los mejores promedios obtenidos para la variable de rendimiento de materia seca, son 11,41 y 11,25 t/ha, correspondiente a la D1 y

T (Testigo); en tanto que los promedios de rendimiento más bajos son 7,96 y 9,55 t/ha correspondiente a la D4 y D2.

Al respecto Flores y Bryant (1989), indican que en cultivos asociados, se incrementa el rendimiento debido a que existe una mejor cobertura y las interacciones entre partes aéreas y subterráneas dan mejores condiciones para el cultivo; por otra parte las leguminosas proporcionan nitrógeno a las gramíneas logrando un mayor rendimiento de estas cuando son cultivadas solas. Además se mejora la calidad no solo por el aporte proteico de la leguminosa sino por que las mismas gramíneas suelen contener más proteína estando en asociación que cuando están solas.

Por los resultados obtenidos para la variable rendimiento de materia seca, se observa que el factor de densidad de siembra (100, 80, 60 y 40 kg/ha), han influido para que los promedios registrados entre densidades sean considerados como estadísticamente diferentes unos de otros. Asimismo, los resultados muestran que entre tratamientos de diferentes densidades de siembra, las diferencias fueron significativas en el promedio de rendimiento de materia seca.

**Cuadro 17. Análisis de varianza para el rendimiento de la MS de la cebada**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	14,1149	4,7050	3,33	0,0563 ns
Tratamiento	4	32,3687	8,0922	5,73	0,0081 **
Error	12	16,9389	1,4116		
Total	19	63,4225			

C.V. = 11,94%

ns = no significativo

\* = significativo

\*\* = altamente significativo

---

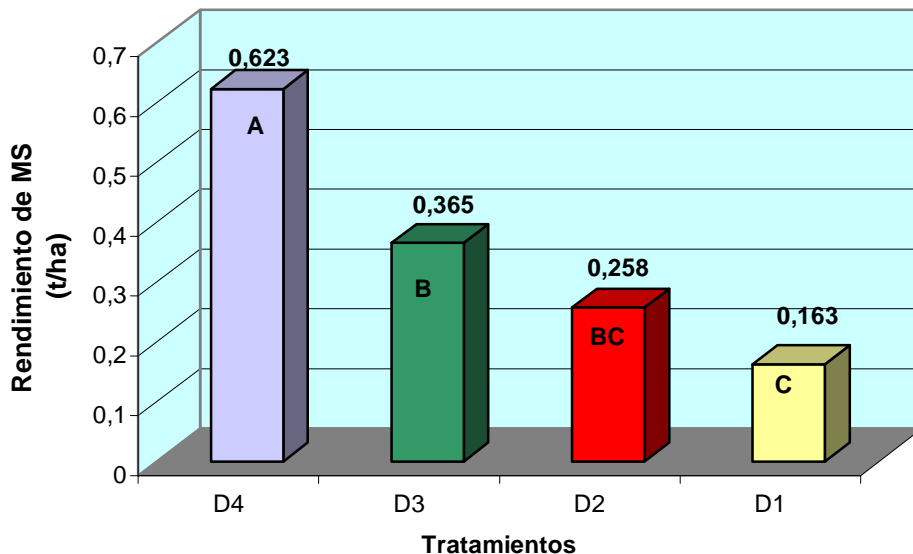
El análisis estadístico (ANVA), de acuerdo al Cuadro 17, se puede observar que esta variable muestra la no significancia entre bloques y una alta significancia entre tratamientos para las diferentes densidades de siembra. El coeficiente de variación para esta variable fue de 11,94%, lo que nos indica que los datos son confiables.

Los rendimientos que presentó este cereal, en materia seca, posiblemente sean atribuibles al potencial genético que presenta esta especie forrajera, como también al factor medio ambiental favorable, durante la realización del presente trabajo de investigación. Asimismo los resultados del presente estudio se acercan a los obtenidos por Flores (2004), quién registró promedios de rendimiento en materia seca de 12,16 y 12,06 t/ha, en un trabajo realizado sobre la evaluación de la dosis de hidroabsorbentes Stocksorb sobre el suelo, para el cultivo de la cebada.

GREAT-FAMV (1990), citado por Gonzáles (1995) indica que los rendimientos son diferentes de una parcela a otra, de una región a otra. Estas variaciones se deben a las diferencias al medio y a las técnicas aplicadas. El rendimiento es el resultado de las interacciones que se establecen entre el suelo, el clima y las plantas en todo el ciclo del cultivo.

#### **5.1.9 Rendimiento en Materia Seca de la arveja**

El análisis diferencial mediante la prueba de Duncan para las densidades de siembra respecto al rendimiento de materia seca de la arveja; y hecha la comparación de medias se observa la formación de tres grupos estadísticamente diferentes en su distribución, donde: grupo A (D4), alcanzó un rendimiento de 0,622 t//ha, grupo B con dos combinaciones (D3 y D2), con rendimientos de 0,365 y 0,257 t//ha y el grupo C con dos combinaciones (D2 y D1), con rendimientos de 0,257 y 0,163 t//ha de materia seca respectivamente (Figura 20).



**Figura 20. Rendimiento de Materia Seca de la Arveja (t/ha)**

La prueba de Duncan confirma las diferencias de las densidades de siembra del cultivo de la arveja asociado con la cebada, con respecto al rendimiento de materia seca: donde la D4, que presentó un rendimiento de 0,62 t/ha, siendo estadísticamente superior a las demás densidades de siembra.

Asimismo en el análisis de varianza para la materia seca de la arveja se encontró diferencias altamente significativas al comparar las medias de los tratamientos, y no así al comparar las medias entre bloques resultando no significativo, finalmente el coeficiente de variación registrado fue de 21,46% valor dentro el rango de confiabilidad establecida el mismo se presenta en el Cuadro 18.

**Cuadro 18. Análisis de varianza para el rendimiento de la Materia Seca de la arveja**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
BLOQUE	3	0,0378	0,0126	2,21	0,1563 ns
TRATAMIENTO	3	0,4727	0,1575	27,64	0,0001 * *
ERROR	9	0,0513	0,0057		
TOTAL	15	0,5618			

C.V. = 21,457%

ns = no significativo

\* = significativo

\* \* = altamente significativo

Por lo expuesto, se infiere que el grado de adaptabilidad y las condiciones del medio en la zona de estudio, hicieron que la leguminosa introducida muestre una aceptación favorable, donde la variable del rendimiento de materia seca para la arveja, permitió la conformación de tres grupos estadísticamente diferentes entre sí, cada uno compuesto por una densidad, en este caso sobresale con el promedio más alto la densidad alta D4, con 0,62 t/ha de rendimiento de materia seca, en cambio el promedio más bajo registrado fue reportado por la densidad baja D1, con 0,16 t/ha de rendimiento de materia seca.

Bidwell (1974), citado por Patty (2003), considera que la competencia por la luz es uno de los factores más importantes ya que es el insumo básico para el proceso de la fotosíntesis en las plantas en una comunidad vegetal con varios estratos, como ocurre en los cultivos asociados, la altura de una planta cualquiera, en relación con sus vecinos determina la cantidad en luz que estas reciben; los mismos pueden influir en los rendimientos del segundo cultivo.

---

---

## 5.2 Análisis bromatológico del ensilaje de cebada-arveja

Para la determinación de la composición nutricional del forraje ensilado se realizó el respectivo análisis bromatológico en el laboratorio del Programa de Alimentos y Productos Naturales de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UMSS de Cochabamba; para cada combinación se enviaron 200 gramos de muestra, los porcentajes de combinación se muestra en el Cuadro 5.

En el Cuadro 19, se presenta los resultados obtenidos del ensilado producto de la combinación de cebada-arveja, para los diferentes tratamientos (Informe de laboratorio A-7).

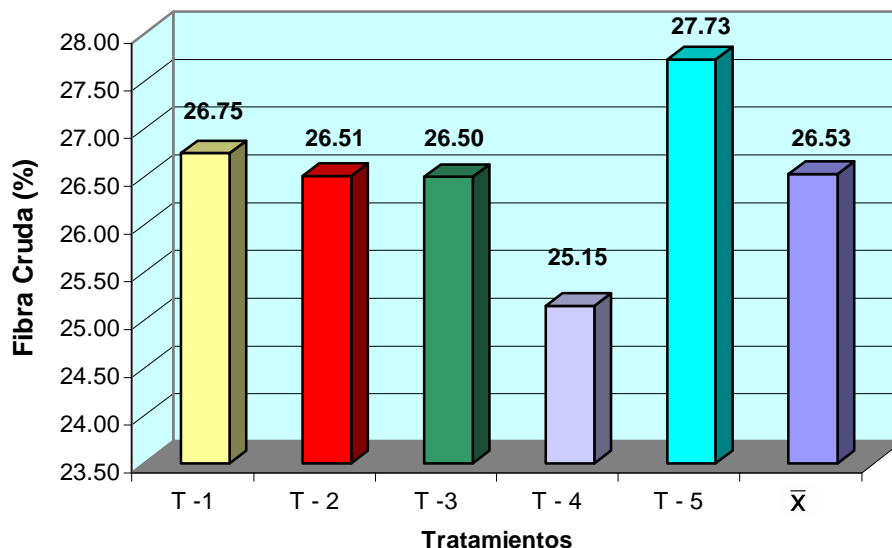
**Cuadro19. Resultados del análisis bromatológico del ensilaje de cebada y arveja**

VARIABLE	VALORES					
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	$\bar{x}$
Fibra cruda (%)	26,75	26,51	26,50	25,15	27,73	26,53
Extracto etéreo (%)	0,98	1,19	0,94	1,59	1,16	1,17
Proteína cruda (%)	13,05	15,15	15,50	18,28	11,64	14,72
Cenizas (%)	8,95	9,95	10,02	10,19	8,71	9,56
Extracto no nitrogenado (%)	50,27	47,20	47,04	47,79	50,76	48,61
Energía bruta (Mcal/Kg)	0,70	0,73	0,75	0,77	0,74	0,74
Fósforo (gr/Kg)	0,54	0,56	0,59	0,67	0,47	0,57
Calcio (gr/Kg)	0,53	0,76	0,81	1,00	0,52	0,72
pH	4,34	4,28	4,34	4,34	4,37	4,33

### 5.2.1 Fibra Cruda

Se observa que el ensilado de cebada pura, Tratamiento 5(cebada 100%) y el Tratamiento 1 (cebada 90% + arveja 10%), registraron valores de 27,73 y 26,75% de Fibra Cruda respectivamente, superando en el contenido de Fibra Cruda a los demás tratamientos que tuvieron mayor porcentaje de arveja, como es el caso de los Tratamientos 4 y 3 con 25,15 y 26,50% de Fibra Cruda.

Lo que demuestra que cuanto mayor sea el porcentaje de arveja en la combinación con la cebada, para el ensilaje menor será el contenido de Fibra Cruda, lo cual podría permitir que el alimento conservado se vuelva de mejor calidad puesto que al disminuir el porcentaje de Fibra Cruda aumenta la digestibilidad del forraje; en la Figura 21 se presentan los resultados.



**Figura 21. Contenido de Fibra Cruda en el ensilaje de cebada – arveja para las cinco combinaciones**

Los tenores de Fibra Cruda fueron disminuyendo gradualmente a mayores porcentajes de arveja en la combinación gramínea-leguminosa. En la Figura 21, se observa claramente y permite apreciar que los valores más altos fueron de



27,73% y 26,75% para los Tratamientos 5 y 1 respectivamente y el de menor porcentaje de Fibra fue de 25,15% para el Tratamiento 4; finalmente el promedio total fue de 26,56%. De lo que se puede inferir que la arveja ensilada durante el proceso de fermentación disminuye el contenido de Fibra Cruda.

Con respecto a los valores de Fibra Cruda, encontrados en el presente trabajo fueron inferiores a los resultados obtenidos por Achu (1996), quién realizó ensilajes combinando cebada y alfalfa, con o sin aditivos cuyos valores van de 33,14 a 29,14%. Estas diferencias probablemente se deben al estado vegetativo de las plantas en que fueron cosechados.

### 5.2.2 Extracto Etéreo

En el ensilaje de cebada más arveja muestra que el Tratamiento 4, obtuvo mayor porcentaje de Extracto Etéreo siendo de 1,59% que es estadísticamente superior a los demás tratamientos. Además se puede apreciar que los Tratamientos 1 y 3, tienen los menores valores de esta variable con 0,98% y 0,94% respectivamente, como se puede observar en la Figura 22.

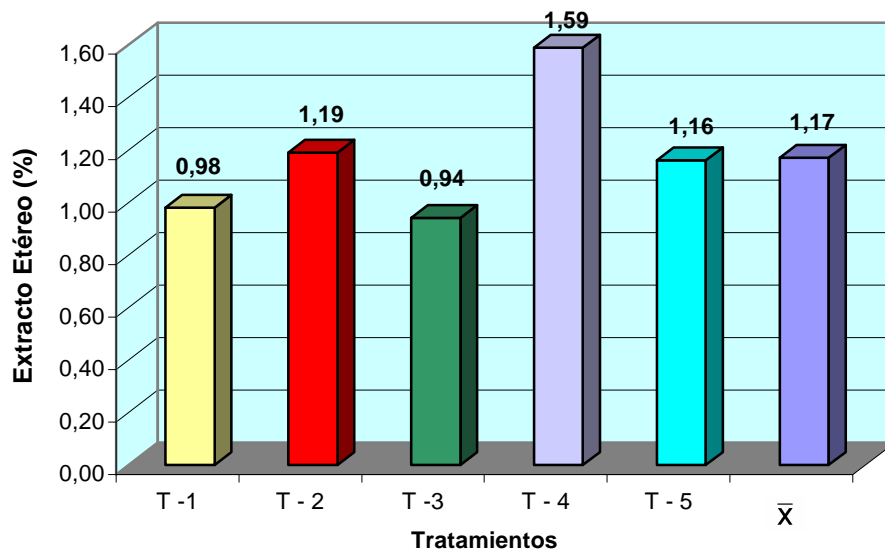


Figura 22. Porcentaje de Extracto Etéreo en la mezcla de cebada – arveja

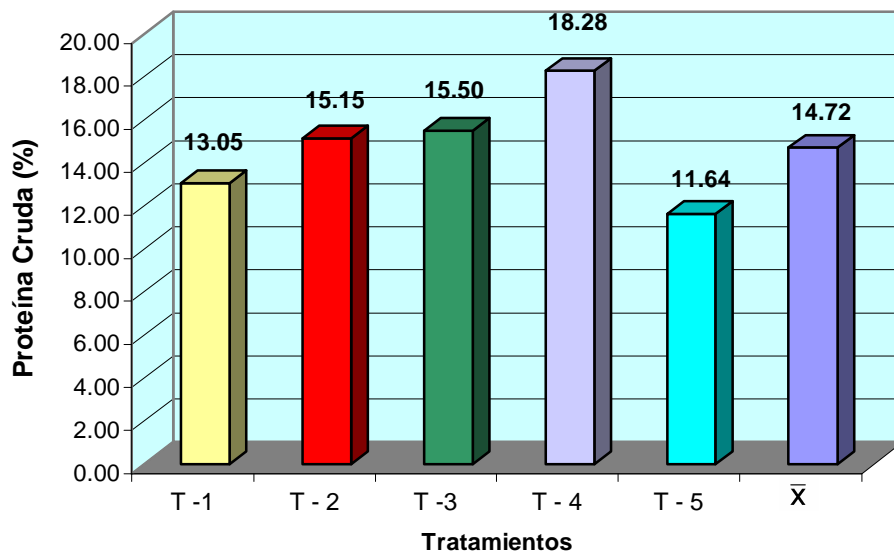
---

Al respecto Alcázar (1997), afirma que el Extracto Etéreo agrupa a todas las sustancias solubles en éter, además incluye las grasas, ceras y alcaloides, colorantes como clorofila y carotina. Por tanto, al hablar de mayores tenores de Extracto Etéreo, nos referimos también a mayores contenidos de caroteno o provitamina A.

En tal sentido, tomando en cuenta esta premisa, se puede afirmar que los mayores contenidos de Extracto Etéreo de algunos tratamientos se deben a menores pérdidas de pigmentos, entre otros componentes de la fracción; y por tanto contribuye mejor en una conservación del valor nutritivo del forraje.

### 5.2.3 Proteína Cruda

El contenido de Proteína Cruda en el ensilaje de la mezcla de cebada y arveja, muestra que con el Tratamiento 4, se logró elevar el contenido de Proteína hasta un 18,28% que es significativamente superior a los demás tratamientos, seguida de los Tratamientos 3 y 2 con 15,50% y 15,15% respectivamente. Por último se tiene al Tratamiento 5 con sólo el 11,64% (Figura 23).



**Figura 23. Efecto de la mezcla de cebada y arveja del ensilaje en la concentración de proteína cruda.**

---

Estos valores conlleva a deducir que la incorporación del cultivo de arveja en el proceso de ensilaje de la cebada influye positivamente en el aumento del porcentaje del tenor proteico del forraje, de donde se tiene un promedio de 14,72% con relación al ensilaje puro de cebada con tan solo 11,64%.

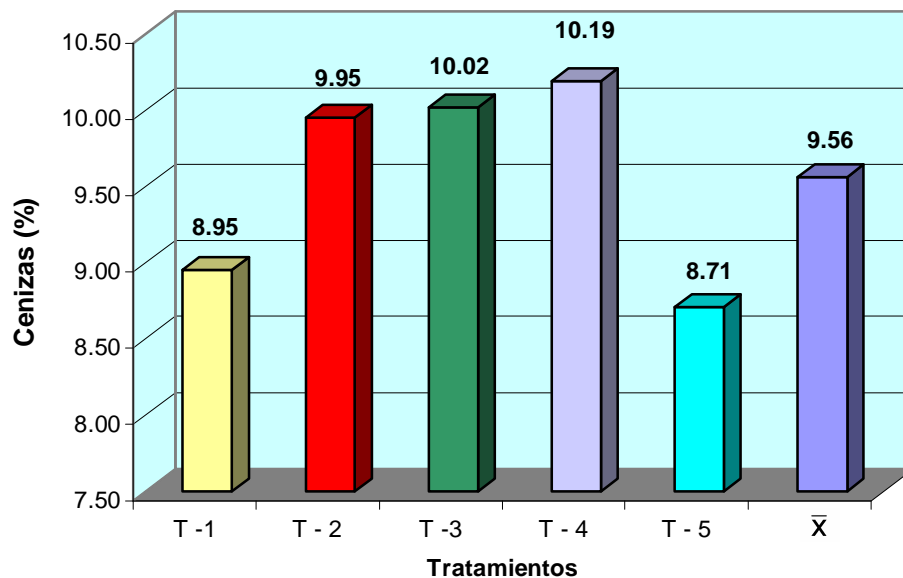
Los valores obtenidos en el estudio, expresados en porcentajes, son relativamente superiores a los obtenidos por Achu (1996), donde el autor señala valores que oscilan entre 12,05 hasta 14,90% en una mezcla de cebada y alfalfa. Por su parte Gonzáles (2000) indica un valor de 12,78% de proteína bruta para el ensilado manual de cebada.

Milford y Minson (1963), citado por Tola (2002), sostiene que niveles muy bajos de proteína en forrajes y pastos muy maduros, están asociados con una reducción del consumo. El nivel óptimo está alrededor de 7,0% de proteína (base seca), que corresponde a la necesidad mínima de proteína para el mantenimiento del peso corporal del animal. Los valores obtenidos en el presente trabajo fueron superiores en todos los tratamientos al valor citado por los anteriores autores.

Cañas (1995), señala que la proteína en todo caso, es tal vez el factor más importante del alimento. El contenido proteico de un alimento es una medida indirecta de sus nutrientes digestibles, ya que los componentes proteicos son altamente digestibles comparados por ejemplo con los carbohidratos.

## 5.2.4 Cenizas

Asimismo se puede observar que el Tratamiento 4 registró el valor más alto en Cenizas con 10,19%, seguido por los Tratamientos 3 y 2 cuyos valores son 10,02 y 9,95% respectivamente. De los cuales se puede deducir que la incorporación de la arveja en el ensilaje de cebada influye en la acumulación de material mineral, sugiriendo que a mayor porcentaje de arveja mayor contenido mineral del forraje conservado, los mismos se presenta en la Figura 24.

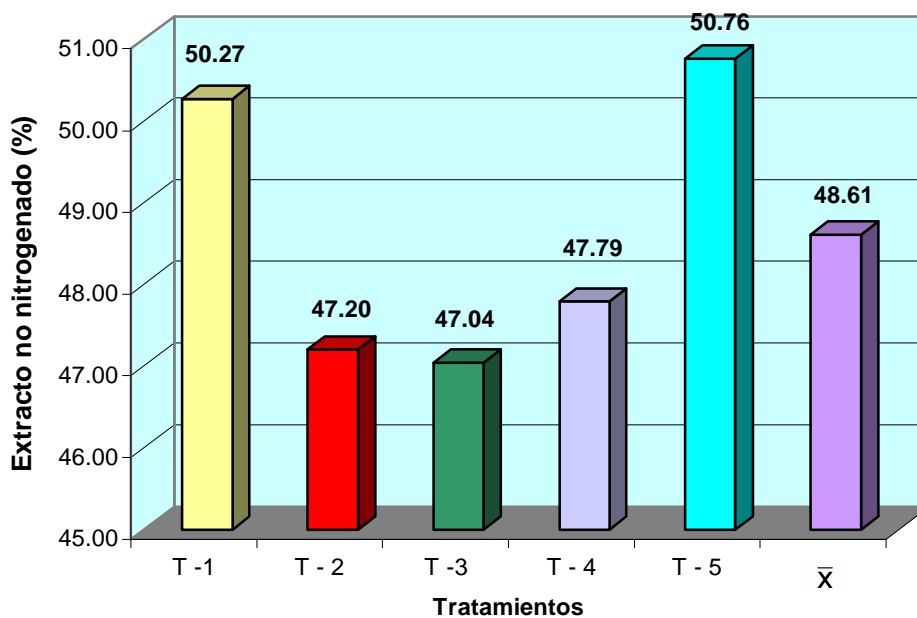


**Figura 24. Contenido de Cenizas en el ensilaje de cebada y arveja**

Los tenores de Ceniza obtenidos en el presente trabajo fueron superiores a los obtenidos por Polar (1998), quién utilizó en el proceso del ensilaje aditivos como Silopack, Melaza y Urea, donde los resultados registrados fueron de 9,69; 9,08 y 9,13% respectivamente. Por otro lado Achu (1996), obtuvo porcentajes con promedios que van de 7,70 a 8, 87% en ensilajes de diferentes concentraciones en mezclas de cebada y alfalfa. En consecuencia estos valores podrí an indicar mejores trazas de minerales en el alimento, lo cual es favorable en una explotación lechera.

### 5.2.5 Extracto No Nitrogenado

Se puede observar que los Tratamientos 3, 2 y 4 son los que presentaron menor porcentaje de Extracto No Nitrogenado con 47,04; 47,20 y 47,79% respectivamente (Figura 25), lo cual podría justificar la adición de mayores volúmenes de arveja en la mezcla de una gramínea-leguminosa, lo que hace suponer que el forraje conservado en esas condiciones sea más rico en su contenido de proteína.



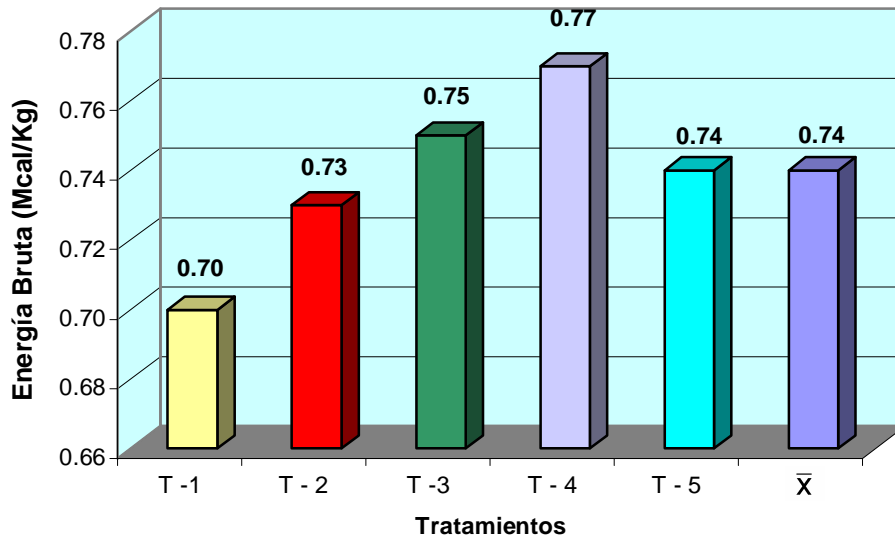
**Figura 25. Porcentaje de Extracto no Nitrogenado en mezclas de cebada y arveja.**

Los valores más elevados de Extracto no Nitrogenado corresponden a los Tratamientos 5 y 1 con de 50,76 y 50,27% respectivamente y desde el punto de vista forrajero con los valores obtenidos se puede afirmar que con la adición de la arveja en el ensilado se puede reducir el contenido de la lignina, aumentando la digestibilidad del ensilado.

---

### 5.2.6 Energía Bruta

El contenido de Energía Bruta en el ensilaje, muestra al Tratamiento 4, ligeramente superior a los demás tratamientos con un valor de 0,77 Mcal/kg, de Energía Bruta, y contrariamente se tiene al Tratamiento 1, con el valor más bajo 0,70 Mcal/kg de Energía Bruta, los mismos se presentan en la Figura 26.

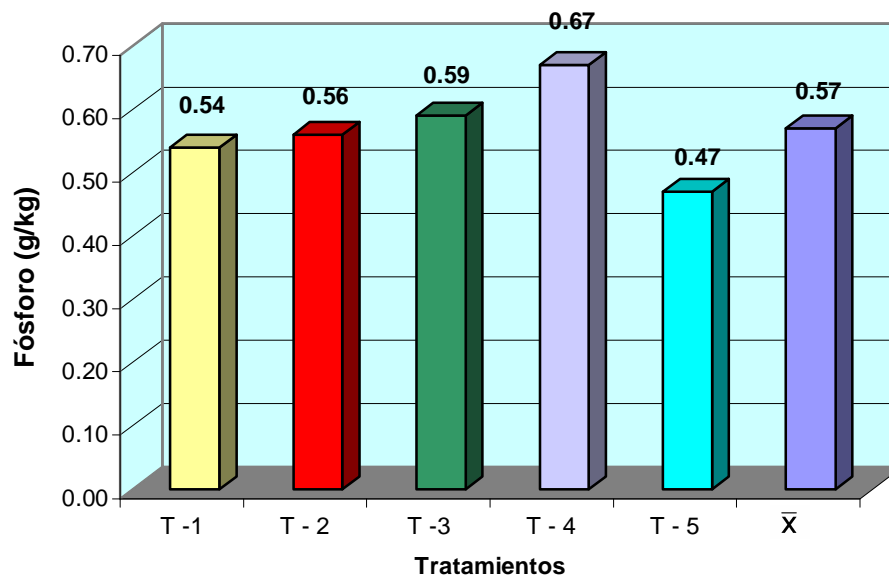


**Figura 25. Contenido de Energía Bruta en el ensilaje de cebada y arveja**

Al respecto Polar (1998), encontró valores con promedios que van de 1,99; 1,98 y 1,97 Mcal./Kg de Energía Bruta; utilizando aditivos como la melaza, silopack y urea respectivamente en el ensilaje de cebada. Estos valores fueron superiores significativamente a los obtenidos en el presente trabajo de investigación.

### 5.2.7 Contenido de Fósforo

El Tratamiento 4 que viene a ser una combinación de 60% de cebada más 40% de arveja, corresponde el mayor contenido del macronutriente fósforo que estadísticamente es superior a los demás tratamientos con el 0,67 g./Kg., contra el Tratamiento 5, que tan sólo obtuvo 0,47 g./Kg. de fósforo, como se muestra en la Figura 27.

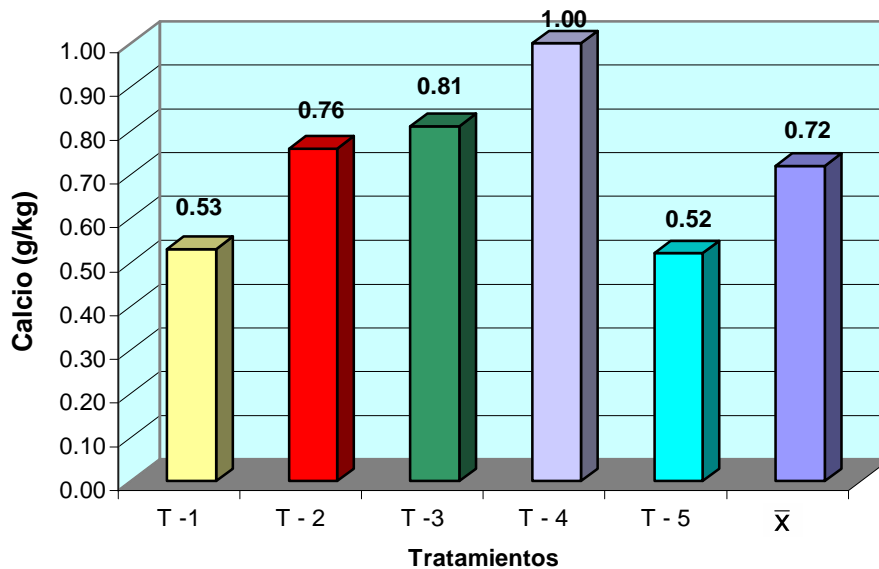


**Figura 27. Contenido del elemento fósforo en el ensilaje de cebada y arveja**

Al respecto Gardía (1996), citado por Santos (2002), destaca el importante papel que cumple el Fósforo como componente de huesos y dientes, por ser componente de ácidos nucleicos, por ayudar en la síntesis de aminoácidos y proteínas, por ser primordial en la transferencia de la energía (ATP). El NRC (1978), citado por Santos (2002), indica que el requerimiento mínimo de Fósforo para vacas lecheras, varía entre 26,2 y 32,5 mg./Kg. de peso vivo.

### 5.2.8 Contenido de Calcio

El contenido del elemento Calcio en el ensilaje de cebada y arveja, de acuerdo a la Figura 28, se tiene que el Tratamiento 4, es el que tiene mayor cantidad del elemento Calcio, con 1,0 g./Kg. de calcio, frente a los demás tratamientos, de manera especial de los Tratamientos 5 y 1 con valores inferiores al Tratamiento 4, con solo 0,52 y 0,53 g./Kg. de contenido de Calcio respectivamente.



**Figura 28. Contenido del elemento Calcio en el ensilaje de cebada y arveja**

Estudios realizados para determinar los requerimientos de Calcio llegaron a la conclusión de que la necesidad mínima para vacas en producción es de 16% del total de materia seca (López 1989). El NRC (1978), citado por Santos (2002), recomienda suministrar a vacas lecheras de 34,0 a 40,0 mg./Kg. de peso vivo.

Con relación al contenido de Calcio y Fósforo, se puede ver que el contenido de Calcio en los diferentes tratamientos, fueron relativamente superiores con relación al Fósforo. Valores reportados por Jarrige (1990) de 0,4% de Calcio y

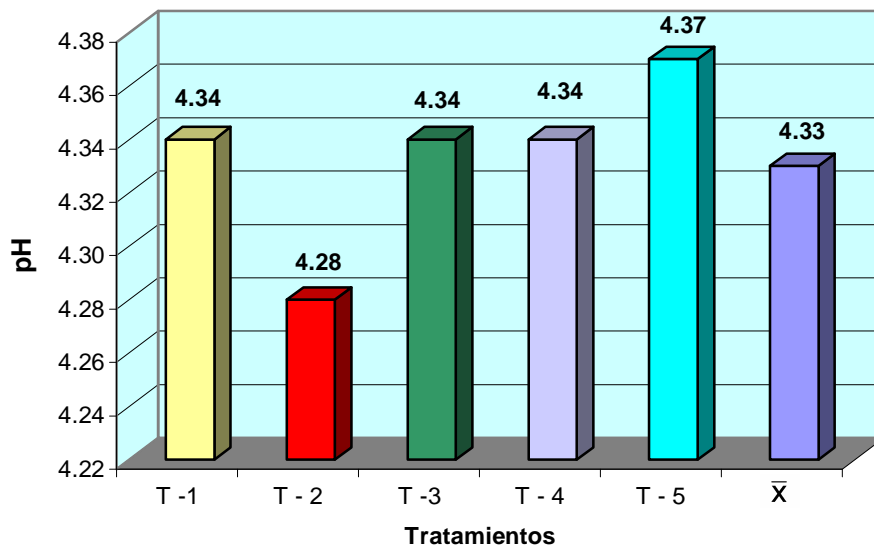


---

0,28% de Fósforo para un contenido de materia seca del 20,1% en estado de floración y con un contenido de 0,35% de Calcio y 0,1% de Fósforo en paja de cebada. Estos resultados son menores a los encontrados en el presente estudio.

### 5.2.9 pH del ensilaje de la mezcla de cebada y arveja

En el sistema de conservación de forrajes, principalmente del ensilado el pH juega un rol importante para las reacciones orgánicas; en tal sentido los valores de pH de todos los tratamientos tienen diferencias pequeñas, mismas que oscilan entre 4,28 y 4,37 respectivamente, los mismos se presentan en la Figura 29.



**Figura 29. Efecto de la mezcla de cebada-arveja en el pH.**

Con respecto a los valores de pH, Flores y Bryant (1989), indican que en los ensilados de buena calidad el pH tiene un valor importante y el rango puede variar de 4–4.5; donde el contenido de nitrógeno amoniacal es bajo y la concentración del ácido butírico es pequeño o nulo, mientras el contenido de ácido láctico varía de 3,0 a 13,0% de la materia seca. Los silajes de mala

---

calidad generalmente tienen un pH de 5 o más, un contenido de nitrógeno amoniacal de 3,0 al 9,0% y un alto contenido de ácido butírico de 0,5 a 7,0%, produciéndose gran número de esporas y el contenido de ácido láctico puede llegar a tan solo del 0,1 al 2,0%.

Por lo tanto, teniendo en cuenta lo mencionado por los autores citados anteriormente se puede inferir que el pH del proceso de ensilaje de cebada-arveja esta en el rango de silajes de buena calidad, ya que el promedio de pH del ensayo es de 4,33 y ello implica la mayor concentración de ácido láctico en las diferentes combinaciones del ensilado.

### **5.3 Análisis económico**

Para la evaluación del análisis económico, se considero el análisis Beneficio costo del rendimiento de materia seca para cada una de las asociaciones forrajeras, se ha seguido el procedimiento considerando el incremento de costos variables de oportunidad y los costos monetarios variables de producción por hectárea de los cultivos asociados de cebada y arveja (Cuadro A-6).

Los beneficios a obtenerse se determinaron con el método de la relación Beneficio/Costo:

- B/C > 1 Es considerado económicamente aceptable
- B/C = 1 Es considerado económicamente dudoso
- B/C < 1 Es considerado económicamente no aceptado

---

Los valores de B/C para cada uno de los tratamientos se presenta en el siguiente Cuadro 20.

**Cuadro 20. Determinación de B/C de los tratamientos.**

Tratamiento	Beneficio Bruto (Bs/ha)	Costos de Producción Bs/ha)	Beneficio Neto (Bs/ha)	B/C
T	6102	1941,5	4160,5	3,14
D1	6246	2051,5	4194,5	3,04
D2	5298	2095,5	3202,5	2,53
D3	5376	2139,5	3236,5	2,51
D4	4632	2183,5	2448,5	2,12

De acuerdo al Cuadro 20, establecemos que todos los tratamientos en estudio presentaron un B/C mayor a 1, lo que representa un retorno económico aceptable para cada tratamiento. Es necesario destacar que el tratamiento T (Testigo) obtuvo el mayor B/C con 3,14; pero no así en el beneficio neto dando un resultado de 4160,5 Bs./ha, seguido del tratamiento D1 con un B/C de 3,04 y con un beneficio neto de 4194,5 Bs./ha superando al tratamiento T, por último se tiene al tratamiento D4 con el que se consiguió el menor B/C logrando solo el 2,12.

Según el análisis económico es destacable que los costos de producción del Tratamiento 4 y su respectivo ensilaje reporta los mayores costos variables frente al resto de los tratamientos. En consecuencia, si se toma en cuenta la calidad nutritiva del ensilaje de este tratamiento, se puede establecer que también es el que reporta buenos resultados frente a los otros tratamientos.

---

## 6. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, se establecen las siguientes conclusiones:

De manera general, en la cebada, se observó la emergencia en promedio a los 16,35 días y en la arveja a 18,63 días. Para la espigación 97,25 días y la floración de la arveja a los 92,88 días.

En la población de plantas de cebada registró en promedio 44,7 plantas/m<sup>2</sup>; la D1, presentó el más alto número de plantas con 54,25 plantas, el más bajo correspondió a la D4 con 37,25 plantas/m<sup>2</sup>. Para el asocio (arveja) la D4 presentó el más alto número de plantas con 20 plantas/m<sup>2</sup> y la D1 el más bajo tan solo con 6 plantas/m<sup>2</sup>; deduciéndose que a mayor densidad de siembra mayor número de plantas.

En la altura de planta se evidencia un rápido desarrollo en las plantas de cebada con un promedio de 103,95 cm, sobresaliendo el Densidad T (pura cebada), con 113,7 cm. Mientras en la arveja se presentó en promedio 69,21 cm, donde la D2 llegó a 73,15 cm. Las condiciones del medio, la adaptabilidad, mejores labores culturales, mayor aprovechamiento de la luz y competencia por nutrientes influyeron probablemente en la altura de las plantas.

En el cultivo asociado (cebada y arveja), tienen afinidad, dada su alta productividad en materia seca donde el rendimiento de materia seca total, se observó diferencias significativas entre densidades, lo cual indica que en cultivo asociado existe buena participación entre los componentes, donde sobresale la D1 con un rendimiento de 11,57 t/MS/ha, en relación a la D4, con 8,58 t/MS/ha de menor rendimiento.

---

La producción de la materia seca de la cebada presentó diferencias significativas entre densidades donde la D1, alcanzó un rendimiento de 11,41 t/MS/ha, comparado con el menor rendimiento D4 con 7,96 t/MS/ha. Mientras la arveja también registró diferencias significativas entre las densidades de siembra, con 0,62 t/MS/ha que corresponde a la D4, en cambio la D1 reportó un rendimiento en promedio de 0,16 t/MS/ha.

La incorporación de mayor cantidad de arveja en el proceso de ensilaje disminuye el porcentaje de Fibra Cruda y podrá aumentar la digestibilidad, como es en el caso del T4; el valor del Extracto Etéreo más alto también se consiguió con el T4, siendo la mejor combinación para que en el proceso de fermentación el Extracto Etéreo se incremente.

El aporte de Proteína Cruda de la arveja con el T4, fue significativo mejorando la calidad nutritiva del ensilaje con 18,28%; en comparación al ensilaje puro de cebada, que alcanzó solo 11,64%. En cuanto al Extracto no nitrogenado en el T3 se registró el menor porcentaje de Extracto no Nitrogenado con 47,04%.

Los mayores contenidos de Fósforo y Calcio se obtuvieron en el T4 con 0,67g/Kg. y 1,0 g./Kg. respectivamente, es el tratamiento que obtuvo mayor cantidad de Cenizas, así también de Energía bruta con 0,77 Mcal./kg.

En el análisis de costos, se observó que el mayor beneficio neto corresponde a los tratamientos T (pura cebada) y D1 (cebada 90% + arveja 10%), con 4160,5 y 4194,5 Bs./ha respectivamente, ambos presentando un B/C mayor a 1.

Con el presente trabajo de investigación se constató que la mezcla de una especie gramínea y leguminosa es una práctica factible para mejorar la calidad del forraje a través de su conservación como ensilaje.

---

## 7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la investigación y el análisis realizado en el presente estudio se establece las siguientes recomendaciones:

- J Por la importancia que reviste los cultivos forrajeros en la alimentación del ganado doméstico es recomendable la siembra de cultivos asociados, por suministrar un alimento de mejor calidad desde el punto de vista nutritivo, además de mantener la fertilidad del suelo, introduciendo bacterias benéficas e incrementando organismos fijadores de nitrógeno (*Rhizobium*).
- J Por los datos obtenidos en el análisis bromatológico se hace énfasis en mencionar que el ensilaje de cebada más arveja suministra mayores porcentajes de proteína, extracto etéreo y elementos minerales que son necesarios para cubrir ciertos requerimientos en los animales.
- J Cuantificar y cualificar la presencia de microorganismos que intervienen en el proceso de fermentación, como el contenido de ácido láctico y su influencia en la calidad final del ensilaje.
- J Es importante realizar estudios específicos acerca de este tipo de asociaciones, es decir la arveja con otras especies, acompañado de un análisis bromatológico y pruebas de nutrición animal, que podría permitir constatar las cualidades nutritivas de los forrajes estudiados.

---

## 58. BIBLIOGRAFÍA

- Achu, O. 1996. Calidad del ensilaje de diferentes mezclas de cebada, avena y alfalfa. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de agronomía. La Paz, Bolivia. pp 13-30.
- Alcázar, J. 1997. Bases para la alimentación animal y la formulación manual de raciones. La Paz, Bolivia. pp 12-18.
- Aitken, S. J. 1987. Manual agrícola "Cebada". Wayar Soux. La Paz, Bolivia. pp 43-44.
- Ausgtberger, F. 1982. Cultivos asociados-Técnica agrícola en desaparición, revista de tecnología de la Red Nacional COCOP. La Paz, Bolivia. 5 p.
- Acosta, L.W. 1990. Diferentes épocas de siembra con variedades de arveja en la zona del Chaco húmedo. Tesis Ing. Agr. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Tarija, Bolivia. 118 p.
- Araos, C. 1973. Asociación avena sativa, variedad Bannock con vicia villosa a diferentes densidades de siembra. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias agrícolas pecuarias, forestales y veterinaria, "Martín Cárdenas", Cochabamba, Bolivia 79 p.
- Babcock Institute, 1994. (Instituto Babcock Para la Investigación y Desarrollo Internacional para la Industria Lechera), Nutrición y Alimentación, Guía Técnica Lechera, Copyright. The Board of University of Wisconsin System, Madison Wisconsin, USA. 124 p.
- Baudillo, J. 1980. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. Editorial Aedos. 2ª Ed. Barcelona, España. pp 129-145.

---

Bernal, E. 1986. Manual de pastos y forrajes. Editorial Departamento de Comunicación, FADEGAN, Medellín, Colombia. pp190-197.

Bernal, J. 1988. Pastos y Forrajes tropicales, producción y manejo, Instituto Colombiano agropecuario. 27 p.

Cachuta, R. 1998. Optimización de la fertilización química para producción de semilla de cuatro variedades de cebada en el altiplano norte. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de san Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz. pp 10-25.

Cacigao, R. 1979. Manual de agricultura andina, IICA. La Paz, Bolivia. 132 p.

Calle, E. 1993. Cultivos andinos. Editorial CESP. Oruro, Bolivia. pp 71-80.

Callisaya, I. 1994. Caracterización de las tierras de la Estación Experimental de Choquenaira, según su capacidad de uso y aptitud para riego. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. pp 51,73.

Cañas, R. 1995. Alimentación y nutrición animal. Colección en agricultura. Universidad Católica de Chile. pp 195-229.

Carreño y Ditchburn, 1998. Abonos verdes para el Oriente boliviano. Principios y bases para su elección CIAT (Centro de Investigación Agrícola Tropical), Informe anual, Santa Cruz, Bolivia. 167 p.

Cebada (2002). Agro información, cultivo y manejo. Disponible en:[www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.asp#inicio](http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.asp#inicio).

Consultado en 4 de septiembre. Disponible en <http://www.infoagro.com/> html.



- 
- Corporación Nacional de Desarrollo de La Paz 1992. Programa de mejoramiento en la producción de semilla de avena y cebada, La Paz, Bolivia. pp 47-52.
- Cuba, J. 1998. Producción forrajera de cebada asociada con leguminosas en valles y alturas de Cochabamba, Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. 60 p.
- Evans, F. 1983. Fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 301 p.
- FAO, 1988. Manual de conservación de forraje para pequeñas propiedades. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Programa de cooperación técnica. Santiago-Chile. pp 21-40.
- FAO, 1992. Anuario-Producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 265 p.
- Fernández, W. 1998. Ensilaje de forrajes CIAT. Centro de Investigación Agrícola Tropical. pp 1-21.
- Flores, A. y Bryant, F. 1989. Manual de pastos y forrajes. Instituto nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Lima, Perú.
- Flores, J. 2004. Evaluación de la dosis de aplicación al suelo de hidroabsorbentes Stockosorb en el cultivo de la cebada, sembrada a diferentes densidades de siembra. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. pp 26-29.

- 
- González, G. 1995. Determinación del estado óptimo forrajero de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) mediante el rendimiento de materia seca y digestibilidad in situ en cinco estados de desarrollo, en dos fechas de siembra. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 9 p.
- González, M. 2000. Ensilado manual y diferentes tamaños de picado en mezcla de cebada y avena en la Comunidad de Kopalaya. Tesis Ing. Agr. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp 10, 50.
- Herve, D. y Rios, H. 1992. X Reunión Nacional de ABOPA. Evaluación de pasturas cultivadas en fincas lecheras del Altiplano Central. La Paz, Bolivia. pp 118-124.
- Holdridge, L. 1982. Ecología basada en zona de vida. IICA, San José, Costa Rica. 216 p.
- IBTA – GTZ. 1989. Influencia de la fertilización en forrajes de cebada, avena Informe anual de Patacamaya. La Paz, Bolivia. 256 p.
- IBTA. 1989. Hojas divulgativas de cereales menores. San Benito, Cochabamba.
- ITCF, Instituto Técnico de Cereales y Forrajes, 1972. Fisiología de la alfalfa Boletín informativo Nº 4. Paris, Francia. 36 p.
- Jarrige, J. 1990. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Madrid, España, Editorial Mundi prensa. pp 340-396.

- 
- Limachi, O. 2003. Comportamiento agronómico de cuatro variedades de arroz en monocultivo y asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de Caranavi. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. 11 p.
- Loetz, Erick. 1993. Tecnología apropiada para la producción de ensilaje en el altiplano boliviano. UMSA. Facultad de Agronomía. pp 5-10.
- López, L. 1991. Cultivos herbáceos – cereales. 2ª Ed. Madrid, España. pp 245-277.
- Malpartida, E. 1987. Producción de pastos cultivados. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 20 p.
- Marcano y Paredes, 2002. El cultivo de yuca asociado con maíz y frijol, como alternativa de producción para pequeños productores (en línea).
- Martinez, M. 2001. Efecto de la época y densidad de siembra en el cultivo asociado maíz-soya en la localidad de San Buenaventura. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. 10 p.
- Meneses, et al. 1996. Las leguminosas en la agricultura boliviana. Cochabamba, Bolivia. pp 97-101.
- Miller, W. 1989. Nutrición y Alimentación del ganado vacuno lechero. Editorial Acriba S.A., Zaragoza, España. pp 25-66.
- Morrison, Frank B. 1977. Compendio de Alimentación del Ganado. México. 69,213 p.

- 
- NRC (National Research Council), 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6 de National Academic Press. Washington, D.C. 157 p.
- Ojeda, F. 1991 Conservación de forrajes. Cuba. La Habana. Pueblo y Educación. pp 1-15; 38-70.
- Orive, R. y Temprano, F. 1983. Simbiosis rhizobium. En J.E. Cuvero y M.T. Moreno (Ed.) Leguminosa de grano. Edit., España. pp 69-77.
- PDAI, s/f Programa de Desarrollo Agrícola Integrado. Ensilado de forrajes Nº 23. Cochabamba, Bolivia. 7 p.
- Perrin, R. et al. 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, Manual de metodología de Evaluación Agronómica. Centro Internacional de mejoramiento del Maíz y Trigo. CIMMYT. México D.F.
- Patty, J. 2003. Evaluación agronómica de cuatro variedades locales e introducidas de frijol en asociación con maíz en la comunidad de Santa Catalina, Provincia Franz Tamayo, Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. pp 10-15.
- Peretz, M. 1990. El ensilaje. Centro de corporación Internacional para el desarrollo agrícola (CINACO). Ministerio de agricultura. Estado de Israel. Traducido por el Ing. Aujas Coren. 8 p.
- Polar, V. 1998. Influencia del uso de aditivos en el valor nutritivo del ensilaje asociado de avena (*Avena sativa* L.), Vicia (*Vicia sativa*) y Triticale (*Triticum* spp), en tres épocas de corte. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz, Bolivia. pp 35-60.

- 
- QHANA, 1996. Conservación de forrajes. Centro de Educación Popular. La Paz. Bolivia. pp 1-3; 27.
- Quispe, N. 1999. Estudio comparativo de variedades de avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y triticale (*Triticumaestivum* x *Secale cereale*) en la localidad de Choquenaira. Tesis Ing. Agr. Universidad mayor de San Andrés Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 32 p.
- Rent, S. 2000. El Cultivo de la Arveja. Ed. Aedos. 2ª Ed. Barcelona, España. 200 p.
- Reyes, P. C. 1990. El maíz y su cultivo. Editorial AGT S.A., Primera edición. México D.F. 460 p.
- Robles, S.R. 1981. Producción de Forrajes y granos. Primera Edición, Editorial. Limusa, México DF. pp 229-243.
- Santos, M. 2002. Consumo y digestibilidad in situ de alimentos suministrados a vacas en producción en tres ecosistemas del Altiplano de La Paz. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp 19-21.
- Sanz, E. 1990. Los nuevos sistemas de alimentación en vacuno lechero. Barcelona, España. Eedos Editorial, S.A. 178 p.
- Secretaria de Educación Agropecuaria de México, 1983. Frijol y Chí charo. Área de producción vegetal. Trillas. México D.F. 232 p.
- SEFO 1990. Hojas divulgativas de cultivos. Centro de investigación de forrajes La Violeta. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 23 p.

---

Steel,R. y Torrie, J. 1992. Bioestadística, Principios y procedimientos. México D.F. pp 188- 193.

Taboada, L.O.1995. Efecto de diferentes tipos de soporte sobre rendimientos de dos variedades de arveja en la localidad de Culpina. Universidad Mayor Real y Pontificia de san Francisco Xavier de Chuquisaca. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales, Sucre, Bolivia. 89 p.

Terranova, Editores, LTDA. 1995. Producción agrícola. Panamericana, Formas e impresos S.A. Santa Fe, Colombia. pp 105, 124-125.

Tola, V. (2002). Valor nutritivo de cinco especies forrajeras nativas empleadas en la alimentación de bovinos en el altiplano norte. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp 15-16.

Veizaga, J.C. 1984. Cereales menores en siembras puras y asociadas con vicias. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Martín Cárdenas", Cochabamba, Bolivia. pp 11-23.

Villegas, V. 2004. Evaluación de la producción forrajera y de grano de cinco variedades de cebada, aplicando fertilizante químico en tres localidades del altiplano norte. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de agronomía. La Paz, Bolivia. pp 45-51.

---

# A n e x o s

**Cuadro A-1.** Precipitación (mm) y Temperatura (°C) mensuales registrados durante el ciclo del ensayo de la Asociación de cebada y arveja.

MES	TEMPERATURA °C			PRECIPITACION (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)	HELADA (días)
	Media	Máxima Media	Mínima Media			
Julio	4.8	16.1	-6,5	27.8	47	31
Agosto	7.2	17.2	-2,7	19.0	45	27
Septiembre	8.8	18.0	-0,3	21.2	43	17
Octubre	9.6	18.0	1,2	42.4	44	11
Noviembre	9.9	17.9	1,9	47.2	30	3
Diciembre	10.5	18.2	2,8	69.5	42	3
Enero	11.2	17.4	5	139.2	47	0
Febrero	10.8	17.2	4,3	93.1	50	0
Marzo	10.4	17.7	3,1	70.5	47	0
Abril	8.6	17.7	-0,4	18.9	43	19
Mayo	7.7	18.3	-2,9	6.8	39	26
Junio	4.1	17.1	-8,9	0.0	36	30
TOTAL	103.6	210.8	-3,4	555.6	513	167
PROMEDIO	8.63	17.57	-0,28	46.3	42.75	13.92

Fuente SENAMHI, (2002-2003)



**Cuadro A-2.** Número de días para variables fenológicas de cebada y arveja

BLOQUE	TRATAMIENTOS	C E B A D A		A R V E J A	
		Días de Emergencia	Días de Espigación	Días de Emergencia	Días a la Fl
1	D1	16	96	20	93
	D2	15	99	19	92
	D3	18	101	21	93
	D4	15	100	17	91
	T	17	99		
	PROMEDIO	16,2	99	19,25	92,25
2	D1	15	93	19	94
	D2	16	95	17	93
	D3	15	95	18	92
	D4	15	96	17	93
	T	16	94		
	PROMEDIO	15,4	94,6	17,75	93
3	D1	17	100	21	92
	D2	18	101	19	93
	D3	17	98	17	92
	D4	18	101	19	91
	T	17	99		
	PROMEDIO	17,4	99,8	19,00	92
4	D1	15	94	20	95
	D2	16	93	19	94
	D3	17	97	17	93
	D4	17	99	18	95
	T	17	95		
	PROMEDIO	16,4	95,6	18,50	94,25
PROMEDIO TOTAL		16,35	97,25	18,63	92,8

**Cuadro A-3.** Valores promedios de las evaluaciones agronómicas de la asociación de cebada y arveja

BLOQUE	TRATAMIENTOS	C E B A D A			A R V E J A		
		Población plantas/m <sup>2</sup>	Relación hoja/tallo	Altura a la cosecha (cm)	Población plantas/m <sup>2</sup>	Relación hoja/tallo	Altura a la cosecha (cm)
1	D1	49	0,40	114,7	6	0,57	72,1
	D2	46	0,39	106,4	13	0,63	74,2
	D3	44	0,45	87,8	18	0,72	54,8
	D4	45	0,42	97,8	19	0,65	73,1
	T	51	0,34	107,5			
	PROMEDIO	47	0,40	102,84	14	0,64	68,55
2	D1	62	0,37	111,4	6	0,62	66,3
	D2	46	0,28	111,7	12	0,71	77,6
	D3	43	0,33	101,6	19	0,30	71,2
	D4	29	0,42	100,4	15	0,59	75,5
	T	61	0,37	110,3			
	PROMEDIO	48,2	0,35	107,08	13	0,56	72,65
3	D1	43	0,40	98,6	7	0,79	69,6
	D2	55	0,38	96,1	8	0,59	66,4
	D3	31	0,29	96,4	9	0,68	74,8
	D4	33	0,40	78,8	27	0,67	53,4
	T	42	0,33	95,2			
	PROMEDIO	40,8	0,36	93,02	12,75	0,68	66,05
4	D1	61	0,43	109,4	5	0,74	66,5
	D2	30	0,40	114,1	10	0,56	74,4
	D3	39	0,40	98,6	11	0,69	71,6
	D4	32	0,61	100,4	14	0,63	65,8
	T	52	0,35	141,8			
	PROMEDIO	42,8	0,44	112,86	10	0,66	69,58
PROMEDIO TOTAL		44,7	0,39	103,95	12,44	0,64	69,21

**Cuadro A-4.** Rendimiento de Materia Seca Total de cebada y arveja (t/ha).

Cultivo	Tratamientos	RE PETICIONES				Total	Promedio
		I	II	III	IV		
Cebada	D1	11,26	11,78	9,72	12,86	45,62	11,405
	D2	10,82	7,95	8,18	11,26	38,21	9,553
	D3	8,43	11,68	8,54	9,65	38,30	9,575
	D4	8,37	8,34	7,45	7,66	31,82	7,955
	T	10,54	13,11	9,12	14,61	47,38	11,845
	Sub Total	49,42	24,89	43,01	56,04	173,36	43,34
Arveja	D1	0,16	0,21	0,09	0,19	0,65	0,1625
	D2	0,27	0,22	0,24	0,30	1,03	0,2575
	D3	0,23	0,52	0,37	0,34	1,46	0,3650
	D4	0,53	0,77	0,63	0,56	2,49	0,6225
	Sub Total	1,19	1,72	1,33	1,39	5,63	1,19
TOTAL		50,61	26,61	44,34	57,43	178,99	44,748
Promedio		25,31	13,31	22,17	28,72	89,50	22,374

**Cuadro A-5.** Pruebas de Duncan de las variables de respuesta.

Prueba de Duncan para la variable: inicio de espigamiento.

Tratamiento	Media (días)	Orden según Rango
D4	99,000	A
D3	97,750	A B
T	97,000	A B
D2	96,750	A B
D1	95,750	B

Prueba de Duncan para la altura de planta

Tratamiento	Media (cm)	Orden según Rango
T	113,700	A
D1	108,525	A B
D2	107,075	A B
D3	96,100	A B
D4	94,350	B

Prueba de Duncan para la altura a la cosecha de arveja

Tratamiento	Media (cm)	Duncan 5%
D2	73,150	A
D1	68,625	A
D3	68,100	A
D4	66,950	A

Letras desiguales denotan diferencias significativas

Duncan Para la floración del cultivo de la arveja

Tratamiento	Media (días)	Duncan 5%
D1	93,000	A
D2	93,000	A
D4	93,000	A
D3	92,500	A

Prueba de Duncan para el número de plantas/m<sup>2</sup> de cebada

Tratamiento	Media	Orden según Rango
D1	54,250	A
T	52,750	A
D2	46,750	A B
D3	41,250	B
D4	37,250	B

Prueba de Duncan para el número de plantas/m<sup>2</sup> de arveja

Tratamiento	Media	Orden según Rango
D4	20,00	A
D3	16,50	A
D2	11,50	B
D1	6,00	C

A, B, C Letras iguales significan similitud al 5% de probabilidad.

Duncan, Para la relación hoja/tallo de la cebada

Tratamiento	Media	Orden según Rango
D4	0,462	A
D1	0,400	A
D3	0,367	B
D2	0,362	B
T	0,347	B

Duncan, Para la relación hoja/tallo de la arveja

Tratamiento	Media	Orden según Rango
D1	0,680	A
D4	0,635	A
D2	0,523	A
D3	0,598	A

Promedios de rendimiento de Materia Seca total de Cebada y Arveja (t/ha)

Tratamiento	Media	Orden según Rango
D1	11,57	A
T	11,25	A
D3	9,94	A B
D2	9,81	A B
D4	8,58	B

A, B, C Letras iguales significan similitud al 5% de probabilidad

Promedios de rendimiento de Materia Seca de la cebada

Tratamiento	Media	Orden según Rango
D1	11,4050	A
T	11,2525	A
D3	9,5750	A B
D2	9,5525	A B
D4	7,9550	B

Promedios de rendimiento de Materia Seca de la Arveja (t/ha).

Tratamiento	Media	Orden según Rango
D4	0,6225	A
D3	0,3650	B
D2	0,2575	B C
D1	0,1625	C

A, B, C Letras iguales significan similitud al 5% de probabilidad

**Cuadro A-6.** Presupuesto de costos de producción de la asociación de cebada y arveja y su ensilaje

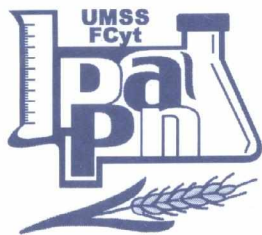
<b>CONCEPTO</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T</b>
Rendimiento ajustado al 10% (t/ha)	10,41	8,83	8,96	7,72	10,17
Precio del forraje ensilado (Bs/t)	600	600	600	600	600
<b>Beneficio bruto (Bs./ha)</b>	<b>6246</b>	<b>5298</b>	<b>5376</b>	<b>4632</b>	<b>6101</b>
Costo Monetario Variable:					
Semilla de cebada (Bs/ha)	300	240	180	120	300
Semilla de arveja (Bs/ha)	100	200	300	400	0
Transporte de semilla (Bs/ha)	25	25	25	25	25
<b>Costo Variable:</b>					
Arada (Bs/ha)	240	240	240	240	240
Rastrada (Bs/ha)	160	160	160	160	160
Nivelado (Bs/ha)	160	160	160	160	160
<b>Siembra:</b>					
Semilleros (Bs/ha)	80	80	80	80	80
Labores culturales:					
Deshiervo (Bs/ha)	100	100	100	100	100
<b>Cosecha:</b>					
Segado (Bs/ha)	120	120	120	120	120
<b>Ensilado:</b>					
Picado	140	140	140	140	140
Cargado del silo	100	100	100	100	100
Compactado	180	180	180	180	180
Agrofil	100	100	100	100	100
Tapado del silo	60	60	60	60	60
<b>Otros:</b>					
Imprevistos (10 %)	186,5	190,5	194,5	198,5	176,5
<b>Costos Variables Totales (Bs/ha)</b>	<b>2051,5</b>	<b>2095,5</b>	<b>2139,5</b>	<b>2183,5</b>	<b>1941,5</b>
Beneficio Neto (Bs/ha)	4194,5	3202,5	3236,5	2448,5	4160,5

Fuente: Elaboración propia, 2004

Cambio 1 \$us = 7,98 Bs.



**Informe A-7.** Resultado del análisis bromatológico de ensilaje de la mezcla de cebada y arveja.



**ANALISIS EN MUESTRAS DE ENSILAJE MEZCLA  
CEBADA-ARBEJA**

Solicitado por: Jesus Huanca - UMSA

**ANALISIS FISICO QUIMICO:** Cada uno de los parámetros fueron determinados realizando los análisis por duplicado como mínimo y la tabla de resultados ha sido elaborada con los valores ponderados.

Los métodos empleados para la determinación de los diferentes parámetros fueron:

**HUMEDAD:** Método gravimétrico secado en estufa a 100°C., hasta peso constante (Ref.: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS of the Association of Official Analytical Chemists, Mét. 14.002, 14ª. Edic. 1984, USA).

**FIBRA CRUDA:** Método gravimétrico, previa digestión ácido - base de la muestra y posterior calcinación 550°C. (Ref. Método adaptado del OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS of the Association of Official Analytical Chemists, Mét. 14.020 14ª. Edic. 1984, USA).

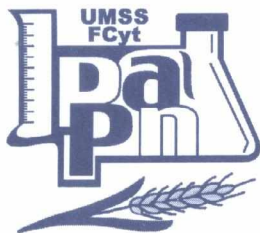
**EXTRACTO ETereo (ACEITE):** Método gravimétrico, extracción con hexano, previa hidrólisis ácida de la muestra (Ref.: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS of the Association of Official Analytical Chemists, Mét. 14.019, 14ª. Edic. 1984, USA).

**PROTEINA:** Método Kjeldahl, digestión ácida con sulfato de sodio y sulfato de cobre y destilación del nitrógeno en medio básico, utilizando el factor 6,25 para la conversión de proteínas (Ref.: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS of the Association of Official Analytical Chemists, Mét. 14.026, 14ª. Edic. 1984, USA).

**CENIZAS:** Método gravimétrico, calcinación 550°C. hasta peso constante (Ref.: OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS of the Association of Official Analytical Chemists, Mét. 14.006, 14ª. Edic. 1984, USA).

**HIDRATOS DE CARBONO (GLUCIDOS ó EXTRATO NO NITROGENADO ENN):** Calculado por diferencia restando de 100, la suma de los porcentajes de proteína, extracto etéreo, humedad, fibra y cenizas (Tabla de composición de alimentos chilenos (Dr.Hermann Schmidt - Hebbel Ed. Universitaria Pag. 11 (1989) Chile).

**ACIDEZ TOTAL:** Método volumétrico, titulación ácido-base, de la muestra, los resultados están expresados en porcentaje de ácido láctico por 100 g de muestra). (Ref. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS , Método 9.062, 14ª. Edic. 1984 USA).



ANALISIS EN MUESTRAS DE ENSILAJE MEZCLA  
CEBADA-ARBEJA

Solicitado por: Jesus Huanca - UMSA

**pH:** Método potenciométrico de medición directa con un pH-metro combinado, previa calibración del instrumento. (Ref. M.S.D.A. capítulo 1/14, Vol I, Edic, 15<sup>th</sup>, Berne-Suiza).

**VALOR ENERGETICO:** Determinación por cálculo empleando los siguientes factores calóricos, utilizados para cereales:

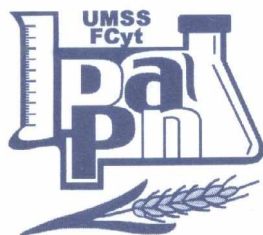
Proteína	F(Kcal/g) = 3,55
Extracto Etéreo	F(Kcal/g) = 8,37
Hidratos de Carbono	F(Kcal/g) = 3,95

Tabla de Composición de alimentos Bolivianos (Ministerio de Previsión Social y Salud Pública, 1984 Bolivia) y tabla de composición de alimentos Chilenos (Dr. Hermann Schmidt-Hebbel Ed. Universitaria, Pag 37, (1985) Chile)

**ENERGIA BRUTA :** Medición directa de las muestras en una bomba calorimétrica (PARR INSTRUMENT COMPANY INC.), empleando como patrón de calibración ácido benzoico (Ref. P.I.Q.B. Programa de Investigación de Química Básica, Departamento de Química de la Facultad de Ciencias y Tecnología UMSS).

**CALCIO:** Método fotometría de llama con filtro de calcio, previa calcinación y tratamiento ácido de la muestra. (Ref.: Método VOGEL'S "Textbook of Quantitative Inorganic Analysis" 40. Edic. Pág. 837 Método 22.b (1978) U.S.A.).

**FOSFORO:** Método colorimétrico, basado en el complejo coloreado del fósforo y el fosfomolibdato de amonio a una longitud de onda máxima de 700 nm., en un equipo SP-8 ultravioleta spectrophotometer PYE-UNICAM, previa calcinación, tratamiento ácido de mineralización de la muestra y separación de interferentes, (Ref.: Método GASTON CHARLOT, "Análisis Cuantitativo de Minerales", Pag. 837 (1966) Paris).



**ANALISIS EN MUESTRAS DE ENSILAJE MEZCLA**  
**CEBADA-ARBEJA**

Solicitado por: Jesus Huanca - UMSA

**TABLA DE RESULTADOS**


PARAMETRO	VALORES				
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Humedad (%)	79,55	77,29	77,55	78,01	77,50
Fibra Cruda (%)	5,47	6,01	5,95	5,53	6,24
Extracto Etéreo (Aceite) (%)	0,20	0,26	0,21	0,34	0,26
Proteína (%)	2,67	3,43	3,47	4,01	2,61
Cenizas (%)	1,83	2,26	2,25	2,24	1,96
Hidratos de Carbono ENN(%)	10,28	10,72	10,55	9,85	11,41
Valor Energético (Kcal/100g)	51,76	56,70	55,75	55,99	56,51
Energía Bruta (Kcal/100g)	85,43	89,04	91,77	93,87	90,77
pH	4,34	4,28	4,34	4,34	4,37
Acidez Total (% Acido láctico)	1,59	1,45	1,72	1,57	1,37
Fósforo (mg/100g)	53,83	55,82	59,04	67,01	46,76
Calcio (mg/100g)	52,50	76,00	80,77	100,12	51,52

ENN = Extrato no nitrogenado; Kcal = Kilocalorías; mg= miligramos

NOTA - Los análisis se realizaron sobre muestra entregada en laboratorio por el solicitante.

Cochabamba, 25 de Agosto del 2003

V°B°

  
**Lic. Ruder Medrano Antezana**  
 Responsable laboratorio Servicios  
 Programa de Alimentos y Productos Naturales

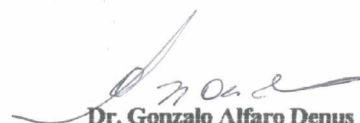
  
**Dr. Gonzalo Alfaro Denus**  
 Director  
 Programa de Alimentos y Productos Naturales

Figura A-8. Esquema del mini silo.

