

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LECHE BOVINA PARA LA ÉPOCA SECA Y  
HÚMEDA, EN EL ALTIPLANO NORTE DE LA PROVINCIA OMASUYOS DEL  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

**JUSTINO QUISPE COPA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2014**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LECHE BOVINA PARA LA ÉPOCA SECA Y  
HÚMEDA, EN EL ALTIPLANO NORTE DE LA PROVINCIA OMASUYOS DEL  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

*Tesis de grado presentado como requisito para optar al*

**TÍTULO** de Ingeniero Agrónomo.

**JUSTINO QUISPE COPA**

**ASESOR (es):**

Lic. M. Sc. Edgar García Cárdenas .....

Ing. Boris Bellot Alcázar .....

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

M.V.Z. M. Sc. Marcelo Gantier Pacheco .....

Ing. José Eduardo Oviedo Farfán .....

Ing. M. Sc. Gloria Cristal Taboada Belmonte .....

**Aprobada**

**Presidente Tribunal examinador** .....

## DEDICATORIA

Con gratitud a mis queridos padres: Máximo y Juana, quienes con inmenso amor hicieron un gran esfuerzo para que pueda culminar mis estudios, por su constante apoyo y aliento moral, inculcándome respeto, honestidad, optimismo, superación y perseverancia.

A mi querida tía Victoria Quispe, quien fue como mi segunda madre, una gran maestra en el desarrollo de mi vida, inculcándome respeto, responsabilidad y elevada autoestima para ser mejor.

A mi querida futura esposa Silvia Foronda Llanque y mis hijos Mishel Jimena, Y Edson Abel, por su apoyo material y moral para la culminación del presente trabajo.

***Justino***

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios todo poderoso por haberme iluminado el camino; a la Universidad Mayor de San Andrés, a la Carrera de Ingeniería Agronómica y a los docentes, mis agradecimientos profundos por contribuir en mi formación profesional.

A la planta industrializadora PIL ANDINA S.A. La Paz; por el apoyo en los análisis de leche en laboratorio de control de calidad de la planta para la conclusión del presente trabajo.

A Lic. M.Sc. Edgar García Cárdenas, asesor del presente trabajo, por su valiosa colaboración, sugerencias y orientación brindada en la realización del presente trabajo en especial en parte de análisis en laboratorio.

Al Ing. Boris Bellot Alcázar, tutor y/o asesor del presente trabajo y jefe regional de departamento agropecuaria PIL ANDINA S.A. La Paz, por su valiosa colaboración, sugerencias y orientación brindada en la realización del presente trabajo en especial en parte de toma de muestras en diferentes centros de acopio.

A LEDAL S.A. La Paz y a los productores lecheros afiliados a la asociación de productores lecheros de Omasuyos (APLEPO), por su valiosa colaboración en el presente trabajo, a mis amigos, compañeros de trabajo y amigos de estudio.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en la Universidad Mayor de San Andrés, con el objetivo de evaluar la calidad físico - química y microbiológica de la leche cruda bovina en 6 módulos lecheros del municipio de Achacachi durante la época seca (Octubre a Noviembre 2012) y húmeda (Febrero a Marzo 2013). Fueron evaluadas un total de 5 y 6 repeticiones y 102 muestras en época seca y húmeda respectivamente, empleando para los análisis de laboratorio las normas establecida por IBNORCA y Laboratorio de control de calidad de PIL ANDINA S.A. La Paz, los resultados obtenidos en comparaciones de medias de la calidad físico - química y microbiológica de la leche cruda por épocas en el municipio de Achacachi se observa que la acidez es superior en época húmeda en comparación a época seca (17,0 y 16,0<sup>o</sup>D); la misma que ocurre sucesivamente con otros parámetros de calidad de leche como se puede observar la densidad (1,030y 1,029 g/ml); grasa (3,3 y 3,4%); proteína total (3,2 y 3,0%); lactosa (4,8 y 4,8%); sólidos totales (12,0 y 11,8%) en época seca y húmeda respectivamente. En el análisis microbiológico se encontraron: RCS ( $3,6 \times 10^4$  y  $5,0 \times 10^4$  cel/ml); RBM ( $1,1 \times 10^5$  y  $1,3 \times 10^5$  ufc/ml); RBC ( $1,2 \times 10^4$  y  $1,6 \times 10^4$  ufc/ml) en época seca y húmeda respectivamente; Los valores físico - química están dentro de los parámetros de IBNORCA y los microbiológicos están por debajo de los parámetros de IBNORCA excepto el RBC que está por encima de los parámetros de la norma internacional de calidad indicador de la leche cruda, la misma se evidencia la contaminación durante y en el proceso de ordeño.

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Evolución de la producción de leche en Bolivia (en litros).....	4
Cuadro 2. Volumen de producción de leche por departamento (litros/año).....	4
Cuadro 3. Producción de leche por provincia por año, en el departamento de La Paz.....	5
Cuadro 4. Producción promedio kg/día/módulos en la zona Achacachi, 2012.....	6
Cuadro 5. Características físico – químico exigidas por Ilnorca.....	10
Cuadro 6. Requisitos físico - químicos de la leche cruda.....	20
Cuadro 7. Clasificación microbiológica de la leche.....	21
Cuadro 8. Destino de la leche en la zona de Achacachi en el año 2012.....	37
Cuadro 9. Producción de leche en Achacachi (litros/día/año).....	38
Cuadro 10. Definición del área de estudio en el municipio de Achacachi.....	38
Cuadro 11. Cronograma de toma de muestras de la leche en los centros de acopio durante el estudio.....	40
Cuadro 12. Calidad físico-química de la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	51
Cuadro 13. Calidad físico-química de la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	51
Cuadro 14. Análisis de varianza para la acidez de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	52
Cuadro 15. ANVA de efectos simples de la acidez de la leche cruda bovina entre módulos por épocas en el municipio de Achacachi.....	55
Cuadro 16. Análisis de varianza para la densidad de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	57
Cuadro 17. ANVA de efectos simples de la interacción de módulos por épocas de la densidad de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	59
Cuadro 18. Análisis de varianza para el contenido de grasa en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	61

Cuadro 19. ANVA de efectos simples de la interacción de módulos por épocas del contenido de la grasa en la leche en el municipio de Achacachi.....	62
Cuadro 20. Análisis de varianza para la proteína de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	65
Cuadro 21. ANVA de efectos simples del contenido de proteína en la leche cruda bovina entre módulos por épocas en el municipio de Achacachi.....	67
Cuadro 22. Análisis de varianza para la lactosa de la leche en el municipio de Achacachi.....	69
Cuadro 23. ANVA de efectos simples del contenido de lactosa de la leche cruda bovina entre módulos por épocas en el municipio de Achacachi.....	71
Cuadro 24. Análisis de varianza para sólidos totales de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	73
Cuadro 25. ANVA de efectos simples de sólidos totales de la leche cruda bovina entre módulos por épocas en el municipio de Achacachi.....	76
Cuadro 26. Calidad microbiológica de la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	78
Cuadro 27. Calidad microbiológica de la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	78

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Los alvéolos y conductos que forman el sistema secretor de leche.....	7
Figura 2. Estimulación y liberación de la leche.....	9
Figura 3. Localización del lugar del trabajo de investigación.....	36
Figura 4. Comparación de medias Duncan para la acidez de la leche cruda bovina por módulos, en el municipio de Achacachi.....	53
Figura 5. Comparación de medias Duncan para la acidez de la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	54
Figura 6. Interacción de módulos por épocas del grado de acidez de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	56
Figura 7. Comparación de medias Duncan para la densidad de la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	58
Figura 8. Comparación de medias para la densidad de leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	58
Figura 9. Interacción de módulos por épocas de la densidad en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	60
Figura 10. Comparación de medias Duncan para el contenido de la grasa en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	62
Figura 11. Interacción de módulos por épocas contenido de grasa en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	63
Figura 12. Comparación de medias Duncan para la proteína en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	66
Figura 13. Comparación de medias Duncan para la proteína en la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	66
Figura 14. Interacción de módulos por épocas de la proteína en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	68
Figura 15. Comparación de medias Duncan para lactosa en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	70
Figura 16. Interacción de módulos por épocas de la lactosa en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	72



Figura 17. Comparación de medias Duncan para sólidos totales de la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	74
Figura 18. Comparación de medias Duncan para sólidos totales de la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	75
Figura 19. Interacción de módulos por épocas de sólidos totales en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi.....	77
Figura 20.RCS (cel/ml) en la leche cruda bovina en los módulos del municipio de Achacachi.....	79
Figura 21. Relación porcentual según categorías para el RCS en la leche en los módulos del municipio de Achacachi.....	80
Figura 22.RCS en la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	81
Figura 23. Relación porcentual según categorías para el RCS en la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	82
Figura 24. RBM (ufc/ml) en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	83
Figura 25. Relación porcentual según categorías para el RBM (ufc/ml) en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	84
Figura 26. RBM (ufc/ml) en la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	85
Figura 27. Relación porcentual según categorías del RBM en la leche por épocas en el municipio de Achacachi.....	86
Figura 28. RBC (ufc/ml) en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	87
Figura 29. Relación porcentual en categorías para el RBC en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	88
Figura 30. RBC (ufc/ml) en la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	89
Figura.31. Relación porcentual según categorías del RBC en la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi.....	90

# CONTENIDO

INDICE DEL CONTENIDO.....	I
INDICE DE CUADROS.....	II
INDICE DE FIGURAS .....	III
RESUMEN.....	IV
1.- INTRODUCCIÓN .....	7
2.-OBJETIVOS.....	8
2.1.- Objetivo General .....	18
2.2.- Objetivos especificos.....	18
3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	8
3.1.- Produccion de leche en el ambito mundial .....	6
3.2.- Produccion de leche en Bolivia.....	18
3.3.- Produccion de leche en el Departamento de La Paz .....	18
3.3.1.-Federación departamental de productores de leche de La Paz (FEDELPAZ) .....	11
3.3.2.- Producción de leche en Omasuyos.....	12
3.3.3.- Anatomía de la ubre y fisiología de la secreción de la leche .....	12
3.3.4.- Liberación de la leche .....	14
3.4.- Calidad de leche .....	183
3.4.1.- Definiciones y conceptos sobre la calidad de leche .....	15
3.4.2.- Leche fresca y cruda.....	16
3.4.3.- Características físico – química .....	16
3.4.4.- Porcentaje de ácido láctico .....	17
3.4.5.- Porcentaje de grasa .....	17

3.5.- Características organolépticas .....	18
3.5.1.- Aspecto.....	18
3.5.2.- Color .....	18
3.5.3.- Olor.....	18
3.5.4.- Sabor .....	19
3.6.- Calidad físico - química.....	18
3.6.1.- Acidez titulada.....	19
3.6.2.- Densidad.....	20
3.6.3.- pH.....	20
3.6.4.- Grasa.....	21
3.6.5.- Proteína .....	22
3.6.6.- Lactosa .....	22
3.6.7.- Sólidos totales.....	23
3.6.8.- Características higiénico –sanitario.....	23
3.6.8.1.- Recuento total de bacterias mesófilas.....	23
3.6.8.2.- Bacterias coliformes.....	24
3.6.8.3.- Recuento de células somáticas.....	25
3.7.- Normas de calidad de leche según el Instituto Boliviano de normalización y calidad (IBNORCA).....	18
3.7.1.- Requisitos de producción de leche de calidad .....	25
3.7.4.- Característica higiénico-sanitaria .....	26
3.7.5.- Clasificación microbiológica de la leche .....	27
3.8.- Factores que alteran la calidad de la leche.....	18
3.8.1.- Alimentación .....	29
3.8.2.- Vegetación.....	29

3.8.3.- Raza .....	30
3.8.4.- Época del año .....	30
3.8.5.- Etapa de lactancia .....	30
3.8.6.- Enfermedades.....	31
3.8.7.- Refrigeración de la leche .....	31
3.8.8.- Ordeño.....	31
3.8.9.- Contaminación externa .....	32
3.8.10.- Gestación.....	32
3.8.11.- Recolección y/o acopio de la leche .....	33
3.8.12.- Medidas de manejo para prevenir la contaminación .....	33
3.9.- Técnicas para determinar la calidad físico-química y microbiológica .....	33
3.9.1.- Toma de muestra.....	33
3.9.2.- Determinación de la densidad relativa .....	34
3.9.3.- Determinación de la acidez titulable.....	34
3.9.4.- Determinación del contenido graso .....	35
3.9.5.- Determinación de proteína.....	36
3.9.6.- Determinación de lactosa.....	37
3.9.7.- Determinación de sólidos totales .....	38
3.9.8.- Recuento de células somáticas.....	39
3.9.9.- Recuento total de bacterias mesófilas viables.....	39
3.9.10.- Recuento de bacterias coliformes .....	40
4.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
4.1.- Materiales.....	18
4.1.1.- Materiales de campo.....	41

4.1.2.- Materiales de laboratorio.....	41
4.1.2.1.- Análisis de la acidez.....	42
4.1.2.2.- Análisis de solidos totales .....	42
4.1.2.3.- Análisis de la densidad .....	42
4.1.2.4.- Análisis de grasa.....	42
4.1.2.5.- Análisis de proteína.....	42
4.1.2.6.- Análisis de lactosa .....	43
4.1.2.7.- Análisis de bacterias mesófilas y coliformes .....	43
4.1.2.8.- Recuento de las células somáticas .....	43
4.2.- Metodología.....	18
4.2.1.- Localización .....	44
4.2.2.- Ecología y climatología de Achacachi .....	44
4.2.3.- Aptitud productiva del municipio de Achacachi .....	46
4.2.4.- Elección del área de estudio .....	47
4.2.5.- Coordinación para la realización del trabajo de investigación en Achacachi .....	48
4.2.6.- Descripción del proceso de la investigación.....	48
4.2.7.- Toma de muestra y análisis de calidad de leche en campo .....	49
4.2.7.1.- Determinación de la densidad.....	50
4.3.- Analisis de la calidad de leche en laboratorio .....	18
4.3.1.- Análisis de la calidad físico - químico.....	51
4.3.1.1.- Determinación de la acidez.....	51
4.3.1.2.- Determinación de la grasa .....	52
4.3.1.3.- Determinación de la proteína .....	52
4.3.1.4.- Determinación de la lactosa .....	53

4.3.1.5.- Determinación de sólidos totales.....	54
4.3.2.- Análisis de la calidad microbiológica .....	55
4.3.2.1.- Células Somáticas .....	55
4.3.2.2.- Determinación de bacterias mesófilas.....	55
a. Limpieza, esterilización del material de vidrio .....	56
b. Preparación del agar de cultivo, siembra e incubación de las placas.....	56
c. Recuento de las colonias.....	56
4.3.2.3.- Prueba presuntiva de las bacterias coliformes .....	57
a. Preparación del agar de cultivo, siembra e incubación de las placas .....	57
b. Recuento de las colonias .....	58
4.3.3.- Factores en estudio .....	58
a. Época del año: 2 .....	58
b. Módulos: 6 .....	58
4.3.4.- Variables de respuesta .....	58
a. Calidad físico-química de la leche cruda .....	58
b. Calidad microbiológica de la leche cruda .....	59
4.3.5.- Análisis estadístico .....	59
5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
5.1.- Evaluación de la calidad físico-química de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	60
5.1.1.- Acidez de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	61
5.1.2.- Densidad de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	61

5.1.3.- Contenido de grasa en la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	70
5.1.4.- Proteína de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	74
5.1.5.- Lactosa de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	79
5.1.6.- Sólidos Totales de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	82
5.2.- Evaluación de la calidad microbiológica de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	86
5.2.1.- Recuento de células somáticas (RCS) en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi.....	88
5.2.2.- Recuento de bacterias mesófilas (RBM) en la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	91
5.2.3.- Recuento de bacterias coliformes (RBC) en la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi.....	96
6.- CONCLUSIONES .....	100
7.- RECOMENDACIONES .....	102
8.- LITERATURA CITADA.....	103

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción lechera en Bolivia y el impacto de la ganadería lechera en pequeños productores, ha adquirido mayor importancia, no solamente en el ingreso económico que aporta a las familias productoras, sino también por el alto valor nutritivo de la leche en la alimentación humana.

En los últimos años se ha fomentado la ganadería lechera en el altiplano por medio de muchos proyectos que han logrado avances significativos, como el programa de desarrollo lechero del altiplano (PDLA), años atrás y el proyecto de alianza rural (PROYECTO PAR) que viene trabajando actualmente casi en toda las zonas del altiplano Boliviano; abarcando la región denominada cuenca lechera, que está constituido por cinco provincias como ser: Omasuyos, Los Andes, Aroma, Ingavi y Murillo del departamento de La Paz y parte del departamento de Oruro como la provincia Cercado y Abaroa.

Los productores lecheros están organizados por módulos y/o centros de acopio, asociaciones zonales, provinciales y federaciones departamentales que agrupan alrededor de 8000 productores, también existen 80% ó más de productores que forman parte de LEDAL S.A. (Leche del Altiplano), y son accionista de la planta industrializadora de lácteos PIL ANDINA Sociedad Anónima.

Como todo sistema, resulta sumamente complejo mantener la calidad original de la leche, en su producción interactúan innumerables factores todos de una manera u otra alteran las características originales del producto.

Pero el desafío para quienes trabajan en la cuenca del sector lechero no es solo producir mayor cantidad de leche, sino de buena calidad, para ello deben contemplarse aspectos fundamentales como clima, infraestructura, manejo, sanidad, alimentación e higiene desde el momento de ordeño hasta la entrega de la leche al consumidor y/o a la empresa recolectora.

En la industria láctea, la obtención de productos derivados de leche de alta calidad está determinada por un estricto control de calidad. Proveniente de zonas de producción y las condiciones de transporte, donde son más exigentes en conservación y manipulación.



Es importante tener presente que la calidad de leche cruda es una de las prioridades que se deben tomar en cuenta en la elaboración de subproducto, de grande, mediana, y pequeña empresa, siendo el punto de partida para obtener productos de alta calidad e inocuidad.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Evaluar los parámetros de la calidad de la leche cruda para la época seca y húmeda en el sistema de producción lechera en el altiplano norte de la provincia Omasuyos del Departamento de La Paz.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la calidad físico-químico, acidez láctica, densidad, tenor graso, proteína, lactosa y sólidos totales de la leche cruda bovina en seis centros de acopio durante la época seca y húmeda.
- Evaluar la calidad microbiológica de las bacterias mesófilas y coliformes fecales, recuento de células somáticas de la leche cruda bovina, durante la época seca y húmeda.

## **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Producción de leche en el ámbito mundial**

La producción de leche en el ámbito mundial alcanzó a 597 y 600 millones de toneladas en las gestiones 2002 y 2003 respectivamente. La mayor producción mundial de leche, proviene de países desarrollados (EEUU y Unión Europea) con el 37,43% del total para el 2003; la India y la Federación Rusa logran el 19,98% de producción. En Sud América, Brasil obtiene el 3,9% de la producción mundial para el 2003, Argentina el 1,3% y Bolivia el 0,05%. (MACA y PDLA, 2005).

### 3.2. Producción de leche en Bolivia

Magariños (2001) define “Leche de calidad, como, producto fresco del ordeno completo de la vacas sanas, bien alimentadas y en reposo, exento de calostro y que cumpla con las características físicas, microbiológicas e higiénicas establecidas” por las normas de cada país.

MAGDER (2001), indica que la producción de leche a nivel nacional se estima en 231 millones de litros anuales de los cuales 105 millones de litros anuales son procesados y comercializados por plantas industrializadoras y 126 millones de litros anuales son consumidos como leche cruda o queso. La producción de leche es deficitaria y la oferta nacional cubre sólo el 40% de la demanda, los restantes 60% son donaciones e importaciones (Plan Nacional Agropecuario, 2000).

PDLA, (2003) indica que la leche de calidad es aquella leche integra no adulterada que presenta una composición adecuada de grasa, proteína, lactosa, sales minerales, vitaminas, etc., producto del ordeño higiénico, de vaca sana y bien alimentada (sin contaminantes), adecuada para consumo humano y elaboración de derivados en las industrias lácteas.

Durante el año 2003, la producción nacional alcanzó a más de 295 millones de litros de leche (MACA, 2005). En el cuadro 1, se muestra la evolución de la producción de leche en Bolivia.

**Cuadro 1 Evolución de la producción de leche en Bolivia (en litros)**

<b>AÑOS</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Producción Nacional	204863813	224367707	295996858	31428260	39285325	47142390

Fuente: FAO, Citado por MACA y PIL ANDINA S.A. La Paz 2013

Sobre el volumen de la producción por departamentos; Santa Cruz es el mayor productor con él 183,3 millones de litros por año que representa el 62% de la producción nacional, le sigue Cochabamba con 66,8 millones 23%; La Paz con más de 17 millones 6% y finalmente Oruro, Tarija, Chuquisaca y Beni que en conjunto producen aproximadamente el 9% de la producción (MACA y PDLA, 2005).

**Cuadro 2 Volumen de producción de leche por departamento  
(litros/año)**

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>2.005</b>	<b>% PRODUCCIÓN NACIONAL</b>
Santa cruz	183 336 580,00	61,90
Cochabamba	66 815216,18	22,60
La Paz	17 679870,00	6,00
Oruro	9 484 889,30	3,20
Chuquisaca	7 003444,80	2,40
Tarija	6 209 157,35	2,10
Beni	5 467 700,00	1,90
<b>TOTAL</b>	<b>295996857,63</b>	<b>100,00</b>

Fuente: MACA, 2005.

MACA (2005), reporta que el aporte del sector lechero a la economía nacional, al Producto Interno Bruto (PIB) en el 2003 es de 871 millones de bolivianos (\$us 109 millones). Por tanto el aporte del subsector dentro del PIB nacional, es 1,5 %, que muestra la importancia del sector dentro de la economía nacional, siendo el sector industrial que aporta con el 68% y la producción artesanal con un 32%.

### 3.3. Producción de leche en el Departamento de La Paz

La producción de leche en el departamento de La Paz, se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro3 Producción de leche por provincia por año, en el departamento de La Paz**

<b>PRODUCCIÓN</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>
Los Andes	12118,00	80913.23	97095.88	121369.85	242739.7
Omasuyos	7 982,00	62398.73	74878.48	93598.1	187196.2
Ingavi	7 557,00	78169.9	93803.88	117254.85	234509.7
Aroma	7 500,00	39346.93	47216.32	59020.4	118040.8
Murillo	4603,00	5687.1	6824.52	8530.65	17061.3

Fuente: Memorias FEDELPAZ, 2014

La provincia Omasuyos obtiene la mayor producción de leche para el año 2013, alcanzando 14165,000 litros/día; Los andes, Ingavi, Aroma y Murillo logran 7982,00; 7557,00; 7500,00 y 4603,00 litros/día respectivamente.

#### 3.3.1. Federación departamental de productores de leche de La Paz (FEDELPAZ)

FEDELPAZ es una organización matriz de carácter gremial y asociativa, que aglutina a todos los pequeños, medianos productores de leche cruda y derivados lácteos en el departamento de La Paz; fue creada el 27 de octubre de 1997 en sustitución de APLEPAZ (Asociación de Productores de Leche del Departamento de La Paz), está formado por 5 provincias y un centenar de módulos lecheros y centros de acopio de las comunidades (FEDELPAZ, 2003).

En la cuenca lechera del departamento de La Paz, existen más de 9000 familias productoras de leche, que producen 120.000 litros/día aproximadamente, de los cuales se comercializan 104.000 litros/día a las empresas PIL Andina S.A., Delizia e Ilpaz, del resto se elabora queso criollo, que son comercializados en las ferias comunales, mercados de las ciudades de La Paz, El Alto y Cochabamba (FEDELPAZ, 2003).

### 3.3.2. Producción de leche en Omasuyos

Omasuyos en los últimos años, obtuvo una mayor producción de leche cruda alcanzando a 14165 kg/día en el 2012. Los productores están organizados en centros de acopio, con la finalidad de acopiar la leche cruda y comercializar a empresas que transforman en derivados lácteos como PIL ANDINA, que genera ingresos para la subsistencia de los productores (APLEPO,2012).

**Cuadro 4 Producción promedio kg/día/módulos en la zona Achacachi, 2012**

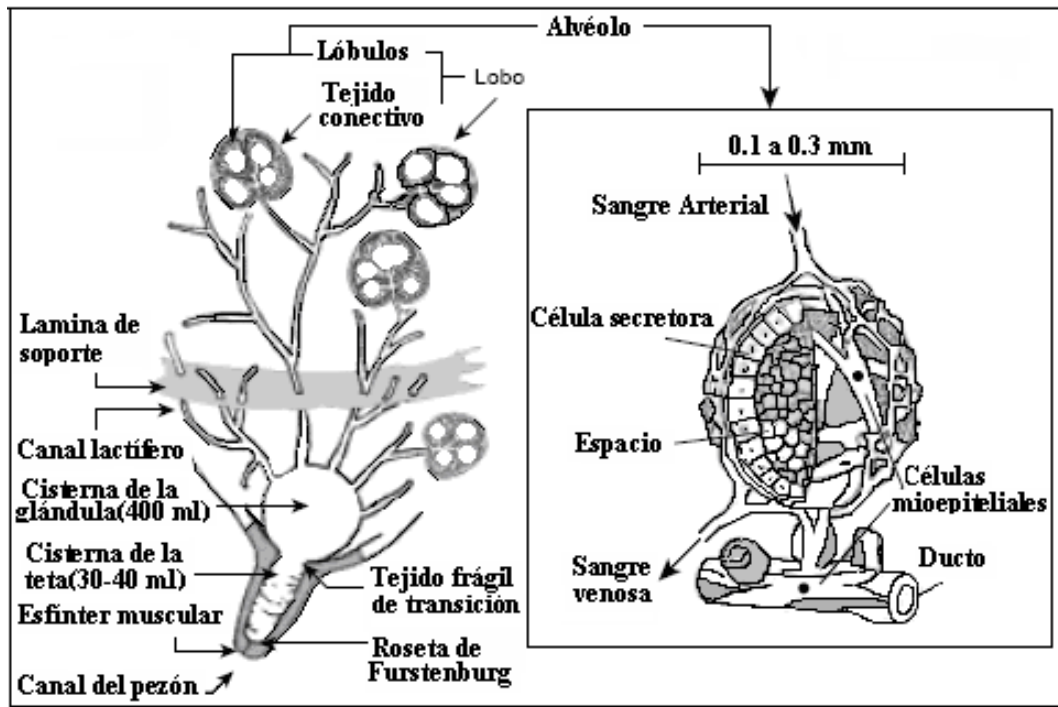
N°	MÓDULO	CANTIDAD	PROMEDIO/DÍA
		PRODUCTORES	
1	Taramaya - 1	61	1855.7
2	Chijipina Grande	49	1764.8
3	Arasaya	14	597
4	Tipampa	32	1035.8
5	Chahuirá Pampa	38	982.6
6	Quena Quetara	16	400.4
<b>Total</b>		<b>210</b>	<b>6636.3</b>

Fuente: Departamento Agropecuaria Pil Andina S.A.

### 3.3.3. Anatomía de la ubre y fisiología de la secreción de la leche

Ruegg (2001) y Wattiaux (2004), describen que la ubre está compuesta de cuatro glándulas mamarias iguales que operan independientemente y drena la leche por medio de su propio canal o sistema de conductos, tiene pezones verticales de tamaño medio y bien separado. Cada cuarto consiste de tejido secretor (alvéolos), un sistema de conductos para transportar la leche y dos áreas de almacenamiento denominados “cisterna de la glándula y del pezón” (Figura 1). Un componente

importante del pezón es el esfínter, es un tejido grueso muscular que forma una barrera para las bacterias invasoras.



Fuente: Wattiaux, 2004.

**Figura 1 Los alvéolos y conductos que forman el sistema secretor de leche**

Giustetti (2001) y Wattiaux (2004), describen que la leche se sintetiza en los alvéolos, constituido por una capa de células secretoras (células epiteliales) que conforma una estructura esférica con una depresión central (lumen). Este se encuentra rodeado por capilares y células contráctiles especializadas (células mioepiteliales). Sus funciones son: Remover nutriente de la sangre, transformar en la leche y descargar la leche dentro del lumen.

La leche se sintetiza en el tejido secretor y se recoge en una serie de canales, que van siendo de mayor tamaño a medida que avanza hacia el pezón. Los metabolitos ingresan a las células secretoras desde el torrente sanguíneo a través de la membrana basal, que son utilizados para la producción de la leche en el retículo endoplasmático, mientras que la energía es suministrada por las

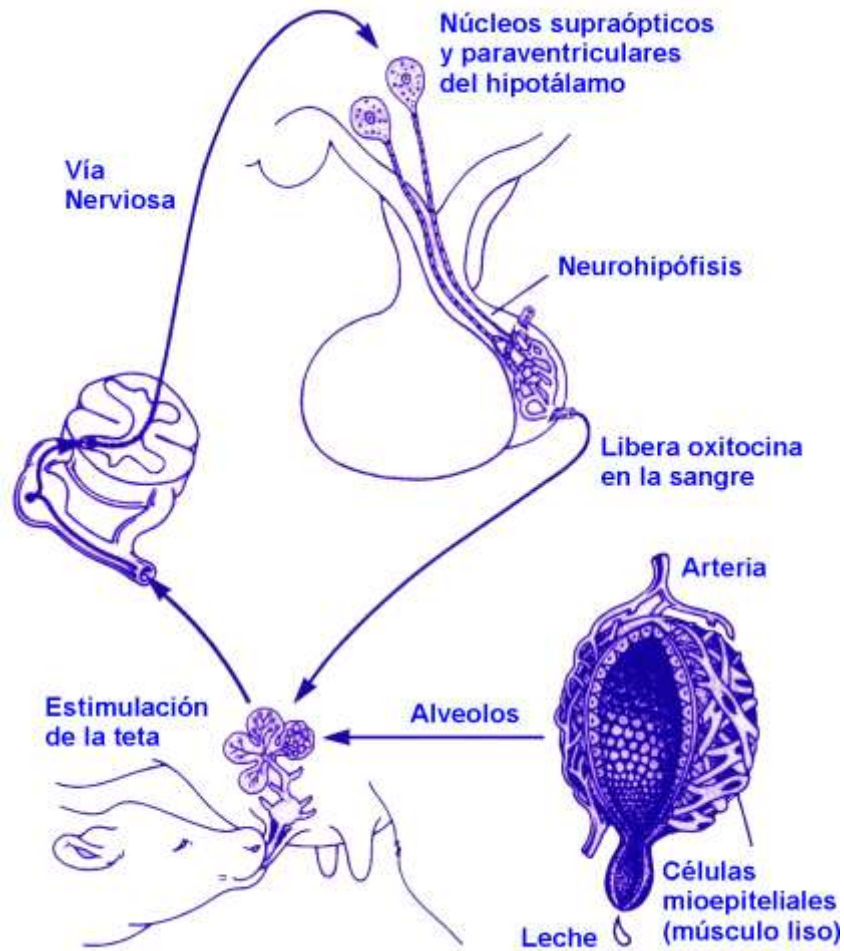
mitocondrias. La fase lipídica también se sintetiza en el retículo endoplasmático y se agrupa en el citoplasma en forma de gotitas. En el lumen alveolar se completa la síntesis de la lactosa y las proteínas. Las micelas de caseína se forman en las vesículas de Golgi como en el lumen (Giustetti, 2001).

La síntesis de la lactosa, es controlada por una enzima de dos unidades llamadas sintetasa. En la leche normal existe 4,5 a 5% de lactosa, la misma que regula la cantidad de leche a producir. La caseína es sintetizada a partir de los aminoácidos de la sangre bajo el control de la genética. La síntesis de la grasa en la leche se forma 17 a 45% a partir del acetato y 8 a 25% del butirato que son producidos en el rumen, sin embargo la mitad de la cantidad de los ácidos grasos en la grasa son sintetizados en la ubre, la otra mitad proviene de los ácidos grasos de cadena larga que se encuentran en la dieta (Wattiaux, 2004)

#### **3.3.4. Liberación de la leche**

La leche es almacenada en las siguientes proporciones: 60% en los alvéolos, 20% en los ductos y 20% en las cisternas. El reflejo de la liberación de la leche comienza con el estímulo de los nervios, cuyos impulsos son interpretados por el cerebro (hipotálamo), que tiene la siguiente combinación: El contacto físico de la succión del ternero o del operador en los pezones y el sonido de los utensilios de ordeño, estimulan la liberación de la leche (Wattiaux, 2004).

En la hembra durante la lactancia, los estímulos visuales y táctiles asociados con el amamantamiento o la ordeña, inducen la liberación de oxitocina a la circulación sanguínea, la misma que causa la contracción de células mioepiteliales que rodean los alvéolos de la glándula mamaria (figura 2), provocando la descarga de la leche (Hafez, *et al.*, 2000).



Fuente: Hafez, 2000

**Figura 2 Estimulación y liberación de la leche**

### 3.4. Calidad de leche

#### 3.4.1. Definiciones y conceptos sobre la calidad de leche

Magariños (2001) define “Leche de calidad, como, producto fresco del ordeno completo de la vacas sanas, bien alimentadas y en reposo, exento de calostro y que cumpla con las características físicas, microbiológicas e higiénicas establecidas” por las normas de cada país.



PDLA, (2003) indica que la leche de calidad es aquella leche integra no adulterada que presenta una composición adecuada de grasa, proteína, lactosa, sales minerales, vitaminas, etc., producto del ordeño higiénico, de vaca sana y bien alimentada (sin contaminantes), adecuada para consumo humano y elaboración de derivados en las industrias lácteas.

### 3.4.2. Leche fresca y cruda

PDLA, (2003) define que la leche es un líquido fresco del ordeño higiénico y completo, extraído de vacas sanas bien alimentadas sin calostro y que cumple con la características físico-químico y bacteriológico establecido por IBNORCA.

IBNORCA, (2004) indica que la leche es un líquido que segregan de glándulas mamarias, poco después del calostro, cuando nace la cría, de composición compleja, de color blanco y opaco, de sabor ligeramente dulce y de pH casi neutro que mantiene en suspensión proteínica, en emulsión grasa y en dilución lactosa y mineral.

### 3.4.3. Características físico – química

Las características físico – química de la leche son importantes para determinar la composición de la leche y de su calidad nutricional. IBNORCA, (2004) indica la clasificación físico - químico de la leche cruda en dos categorías, como se presenta en el cuadro 5

**Cuadro N° 5 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICO EXIGIDAS POR IBNORCA**

LECHE CRUDA Y FRESCA	RANGO	MÉTODO DE ENSAYO
Acides titulable (ac. Láctico)	0.14 % a .18 %	NB 299
Densidad gr./cc a 20 °C	1.028 a 1.033	NB 230
Materia grasa mínimo	2.6 % mínimo	NB 228
Sólidos totales	10.8 %	NB 231 : 1

Fuente: IBNORCA EQNB 33013, (2004) Norma en estudio

Achá (2004) clasifica la leche fresca y cruda en escalas de categorización determinada por Control de calidad Pil Andina La Paz.

#### **3.4.4. Porcentaje de ácido láctico**

PDLA. (2003), indica que la cantidad de ácido Láctico contenido en un volumen de leche, es producido como una acción bacteriana, que degrada la lactosa de la leche (Azúcar de leche) en Ácido Láctico.

Achá (2004) señala que la escala de clasificación del porcentaje de Ácido Láctico realizada por control de calidad de Pil Andina La Paz es lo siguiente:

- 0.14 a 0.165 Buena
- 0.17 a 0.18 Regular
- 0.185 a 0.195 Mala
- 0.20 a 0.22 Muy mala

IBNORCA EQNB 3301 (2003). Determina que una leche aceptable esta dentro de un rango de 0.14 a 0.18% de Acido Láctico.

#### **3.4.5. Porcentaje de grasa**

IBNORCA, EQNB 33013 (2004) indica que el porcentaje de grasa aceptada por la norma boliviana es de 2.6% como mínimo.

Por Achá (2004) la escala de clasificación del porcentaje de grasa realizado por control de calidad de Pil Andina La Paz es la siguiente:

- De 4.75 a 5 Excelente
- De 4.0 a 4.70 Muy buena
- De 3.05 a 3.95 Buena
- De 2.0 a 3.0 Regular

PDLA (2003), afirma que la leche de calidad es un líquido íntegro, no adulterado que presenta la composición adecuada (grasa, proteína, lactosa, sales minerales, vitaminas y otros), es producto del ordeño higiénico (bajo contenido de gérmenes) de vacas sanas, bien alimentadas y es adecuada para el consumo humano.

Alvarado, (2003), Indica que el promedio de la leche contiene un 86% de agua, 5% de lactosa, 4,1% de grasa, 3,6% de proteína, 0,7% de minerales y un pH de 6,6 a 6,7 existiendo variaciones por la raza de la vaca, etapa de lactación y tipo de alimento, siendo la grasa la más variables entre los componentes.

### **3.5. Características organolépticas**

#### **3.5.1. Aspecto**

Nasanovsky, M.A. (2010), La leche fresca es de color blanco aporcelanada, presenta una cierta coloración crema cuando es muy rica en grasa. La leche descremada o muy pobre en contenido graso presenta un blanco con ligero tinte azulado.

La leche normal, sin alteraciones ni contaminada debe tener un aspecto líquido y homogéneo (PDLA, 2003).

#### **3.5.2. Color**

El color está dado por las micelas de caseína y los glóbulos grasos que están presentes en la leche. El color normal de la leche es blanco, el cual se atribuye a la presencia de las partículas del complejo caseína - fosfato - cálcico en suspensión coloidal y por los glóbulos de grasa en emulsión (Michel y Wattiaux, 2000).

PDLA (2003), menciona que el color de la leche es blanco opaco o blanco cremoso, otros colores se deben a hemorragias, mastitis y otros.

#### **3.5.3. Olor**

Nasanovsky, M.A. (2010), Cuando la leche es fresca casi no tiene un olor característico, pero adquiere con mucha facilidad el aroma de los recipientes en los que se la guarda; una pequeña acidificación le da un olor especial al igual que ciertos contaminantes.

LUZ, (2003). Indica, el olor característico de la leche se debe a la presencia de los compuestos orgánicos volátiles de bajo peso molecular, entre ellos: ácidos, aldehídos, cetonas y trazas de sulfato de metilo. La leche puede adquirir con cierta facilidad olores extraños, de otras sustancias de olor penetrante mediante el contacto, también puede ser la presencia de microorganismos y/o durante su manipulación.

El olor de la leche es característico, olores extraños ocurren a consecuencia de la proliferación de bacterias, suciedad de los equipos de ordeño, etc. (PDLA, 2003).

#### **3.5.4. Sabor**

Nasanovsky, M.A. (2010), La leche fresca tiene un sabor ligeramente dulce, dado por su contenido de lactosa. Por contacto, puede adquirir fácilmente el sabor de hierbas.

El sabor natural de la leche es fácil de definir, porque no es ácido, es ligeramente dulce gracias a su contenido de lactosa, por tanto el sabor de la leche es agradable y puede describirse simplemente como característico, si la leche es agria es producto de la proliferación bacteriana o presencia de hongos que oxidan la grasa de la leche (LUZ, 2001 y PDLA, 2003).

### **3.6. Calidad físico-química**

#### **3.6.1. Acidez titulada**

Nasanovsky, M.A. (2010), Indica una leche fresca posee una acidez de 0.15 a 0.16%. Esta acidez se debe en un 40% a la anfoterica, otro 40% al aporte de la acidez de las sustancias minerales, CO<sub>2</sub> disuelto y acidez orgánicos; el 20% restante se debe a las reacciones secundarias de los fosfatos presentes.

La leche fresca tiene una acidez titulable equivalente a 0,12 – 0,18% ácido láctico debido a su contenido de anhídrido carbónico, proteínas y algunos iones como fosfato, citrato, etc. Normalmente la leche no contiene ácido láctico; sin embargo, por acción bacteriana la lactosa sufre un proceso de fermentación constituyéndose en ácido láctico y otros componentes que aumenta la acidez titulable (LUZ, 2001).

PDLA, *et al.* (2002), describe en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo, se encontró el grado de la acidez en la leche entre el rango de 15,7 a 17,0 °D.

En la evaluación comparativa de la calidad de leche en diez módulos y dos pisos ecológicos de la provincia Murillo se registro el contenido del ácido láctico en la leche 0,18% en promedio, con un rango de 0,15 a 0,21% (Nina, 2005).

### **3.6.2. Densidad**

Nasanovsky, M.A. (2010), Indica que la densidad de la leche puede fluctuar entre 1.028 a 1.034 g/cm<sup>3</sup> a una temperatura de 15°C; su variación con la temperatura es 0.0002 g/cm<sup>3</sup> por cada grado de temperatura.

La densidad, es el peso de un determinado volumen de leche. La leche en promedio pesa 1,033 g/ml; la densidad es aceptada por las industrias entre los rangos que indica IBNORCA, fuera de estos rangos, significa que la leche es adulterada con agua principalmente, cuando la leche es menor del rango de 1,028 g/ml (PDLA, 2003).

Rojas (2001), en la evaluación de la calidad de la leche realizada en tres módulos y dos centros de acopio de la provincia Aroma del departamento de La Paz, reporta la densidad de la leche en los meses de septiembre a enero entre 1,029 a 1,030 g/ml.

### **3.6.3. pH**

La leche es de característica cercana a la neutra. Su pH puede variar entre 6.5 y 6.65, los valores distintos de pH se producen por deficiente estado sanitario de la glándula mamaria, por la cantidad de CO<sub>2</sub> disuelto; por el desarrollo de micro organismos, que desdoblán o convierten la lactosa en ácido láctico; o por la acción de micro organismos alcalinizantes.(Nasanovsky, M.A. 2010).

La leche normal tiene un pH promedio de 6,6; el aumento del pH por encima de este valor es un indicador de la alcalinidad a causa de mastitis u otros factores y valores inferiores indican presencia de calostro o descomposición bacteriana (PDLA, 2000 y LUZ, 2001).

### 3.6.4. Grasa

Nasanovsky, M.A. (2010), Indica debido a diversos factores que intervienen en la composición de la leche (algunos de los cuales se han mencionado anteriormente) el contenido de grasa en la leche vacuna varía notablemente; los valores porcentuales más comunes se encuentran entre 3.2 y 4.2%. La materia grasa está constituida por tres tipos de lípidos:

- a. Las sustancias grasas propiamente dichas es decir los triglicérido y que forman el 96% del total de la materia grasa.
- b. Los fosfolípidos, que representan entre el 0.8 y el 1%.
- c. Sustancias no saponificables que constituyen otro 1%.

El resto lo constituyen diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres, etc. La grasa se encuentra en forma de emulsión, que están en una suspensión de pequeños glóbulos líquidos, las mismas son rodeadas por una capa de fosfolípidos que evitan el aglutinamiento entre sí. La grasa de la leche contiene principalmente ácidos grasos de cadena corta (cadenas de menos de 8 átomos de carbono) producido en unidades de ácido acético derivada de la fermentación ruminal. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados (deficientes en hidrógeno), siendo los predominantes el oleico (cadena de 18 carbonos) y polisaturados linoleico y linolénico (Wattiaux, 2000).

PDLA, *et al.* (2002), reporta en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo, el contenido de grasa en la leche fue 3,1% en promedio, con un rango de 1,8 a 6,0% en 15 módulos evaluados.

En la evaluación comparativa de la calidad de leche en diez módulos y dos pisos ecológicos de la provincia murillo el contenido de la grasa en la leche fue 3,9% en promedio, con un rango de 2,9 a 4,8% (Nina, 2005).

### 3.6.5. Proteína

La principal proteína de la leche es la caseína, que se encuentra dispersa como partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan y permanecen en suspensión, a estas partículas se les denomina micelas que están en una dispersión coloidal (Wattiaux, 2000).

El contenido de proteína de la leche en promedio es de 3,4%. En esta fracción se incluyen la caseína, las cuales por si solas representan un 80% del contenido proteico total (2,7%), el resto está integrado por las proteínas séricas, que incluyen la  $\beta$ -lactoglobulina (0,3%), la  $\alpha$ -lactoalbúmina (0,15%), una albúmina similar a la seralbúmina de la sangre, inmunoglobulinas y una fracción de proteínas menores, entre las cuales se incluyen la lactotransferina, la lactolina y la proteína de la membrana del glóbulo graso (LUZ, 2003).

PDLA, *et al.* (2002), reporta en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo, sobre el contenido de la proteína en la leche de 3,2% en promedio y un rango de 2,8 a 5,5% en los 15 módulos evaluados.

### 3.6.6. Lactosa

Nasanovsky, M.A. (2010), indica que todos los componentes de la leche es el que se encuentra en mayor porcentaje, del 4.7 al 5.2%, siendo además el mas constante. La lactosa es un carbohidrato disacárido (el “azúcar” de la leche) y se halla libre en suspensión.

Químicamente, la lactosa es un disacárido de glucosa y galactosa, cuya estructura es como sigue:

La lactosa, es el principal azúcar soluble de la leche, que se encuentra totalmente disuelto en el agua de la leche, a pesar que es un azúcar no se percibe por el sabor dulce (Wattiaux, 2000).

Garijoet *al.* (2001), indica que la lactosa, de todos los componentes de la leche es el que se encuentra en mayor porcentaje, del 4,7 al 5,2%, siendo además el más constante. Por otro lado es un carbohidrato disacárido (glucosa y galactosa) que se halla libre en suspensión.

### **3.6.7. Sólidos totales.**

PDLA, *et al.* (2002), reporta en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo, sobre el contenido de sólidos totales en la leche de 11,1% en promedio y con un rango de 9,3 a 16,2% en los 15 módulos evaluados.

El porcentaje de sólidos totales en la leche en la provincia Aroma del altiplano boliviano, está entre los rangos de 10,49 a 13,3% en época húmeda y estiaje (Rojas, 2001).

En la evaluación comparativa de la calidad de leche en diez módulos y dos pisos ecológicos de la provincia Murillo se registro el contenido de sólidos totales en la leche es 10,5% en promedio, con un rango de 9,0 a 12,0% (Nina, 2005).

### **3.6.8. Características higiénico –sanitario**

#### **3.6.8.1. Recuento total de bacterias mesófilas**

El recuento total de bacterias, se utiliza con el objeto de obtener el desarrollo de las bacterias viables presentes en la leche cruda en unidades formadoras de colonias en condiciones adecuadas, los resultados permiten establecer la calidad sanitaria de la leche. Recuentos elevados en la leche son indicativos de fuerte contaminación durante las operaciones del ordeño, manipulación y/o almacenamiento a una temperatura insuficiente (LUZ, 2001).

El recuento estándar en placa corresponde a la cantidad total de bacterias viables en un ml de leche, la cual es un reflejo de la sanidad involucrada en la ordeña y de la higienización del sistema. Para mantener este índice en niveles bajos, influyen la producción de grandes volúmenes de leche y la capacidad de refrigerar la leche rápidamente (Bennett, 2000).

Armenteros y Ponce (2004), indica que es imposible evitar que la leche cruda tenga entre 100 a 1000 bacterias viables/ml, ya que siempre en el canal del pezón existirá un número determinado de estas, por tanto, bajo condiciones de máxima higiene se puede obtener leche de 10000 ufc/ml y cuando se tiene refrigeración de 4 a 6°C, el contenido aceptable puede llegar a 100000 ufc/ml.



PDLA, *et al.* (2002), obtiene en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo, en el análisis de recuento de bacterias mesófilas en la leche de 33000 ufc/ml en promedio y con un rango de 300 a 170000 ufc/ml en los 15 módulos evaluados.

En la evaluación comparativa de la calidad de leche en diez módulos y dos pisos ecológicos de la provincia Murillo el recuento de bacterias mesófilas en la leche fue 1183393 ufc/ml en promedio, con un rango de 648417 a 1845667 ufc/ml (Nina, 2005).

### **3.6.8.2. Bacterias coliformes**

La leche cruda se contamina corrientemente con bacterias coliformes, derivadas directa o indirectamente del estiércol, polvo, suelo, alimentos del ganado, insectos (moscas) o del contacto con residuos lácteos que quedan en los utensilios del ordeño, tachos mal lavados desarrollan las bacterias con facilidad. Es por eso que es tan difícil producir leche cruda libre de coliformes; sin embargo, altos recuentos de bacterias coliformes son indicativas de condiciones insanas de producción y transporte que producen cambios en la leche (LUZ, 2003).

El recuento de coliformes es una medida que refleja la exposición de la leche a material fecal. Esta contaminación puede ser directa, como en el caso de ordeño sucio o indirecto donde las bacterias coliformes comienzan a multiplicarse en el sistema de ordeño. Ocasionalmente, una vaca con mastitis causada por coliformes, puede transmitir gran número de bacterias a la leche. El recuento de coliformes es especialmente importante dado que ciertas bacterias de este grupo son capaces de causar serias enfermedades en humanos (Bennett 2000).

LUZ (2003), menciona que las bacterias coliformes son grupo de enterobacterias de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*, utilizadas como indicadores de higiene y contaminación fecal.

En la evaluación comparativa de la calidad de leche en diez módulos y dos pisos ecológicos de la provincia Murillo, el recuento de bacterias coliformes en la leche fue 15101 número más probable (NMP) en promedio, y un rango de 8582 a 21734 NMP (Nina, 2005).

### **3.6.8.3. Recuento de células somáticas**

El recuento de las células somáticas es una medición de la severidad de las mastitis presentes en el rebaño. En general, el recuento de células somáticas refleja solamente la prevalencia de mastitis sub clínicas (Bennett, 2000).

El recuento de células somáticas en la leche cruda es más alto cuando hay mayor prevalencia de mastitis en vacas en producción. El incremento no solo indica presencia de infección y pérdidas de producción láctea, también refleja deterioros en la calidad de la composición de la leche (Sirvén y Izak, 2004).

PDLA, *et al.* (2002), en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo, reportaron 130498 cel/ml en promedio y un rango de 500,000 a 18633 cel/ml en el análisis del recuento de células somáticas en la leche en 15 módulos lecheros.

En la evaluación comparativa de la calidad de leche en diez módulos y dos pisos ecológicos de la provincia Murillo se registro 314855 cel/ml en promedio y un rango de 171765 a 511701 cel/ml, en el recuento de células somáticas en la leche (Nina, 2005).

## **3.7. Normas de calidad de leche según el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA)**

### **3.7.1. Requisitos de producción de leche de calidad**

IBNORCA (1998), establece los siguientes requisitos para la producción de leche:

- El hato lechero debe estar bajo atención regular de profesionales.
- Las vacas productoras deben estar vacunadas contra la tuberculosis, fiebre aftosa y brucelosis.
- Los establos y salas de ordeña, deben estar ventilados y bien iluminados.
- La leche debe ser enfriada inmediatamente después del ordeño y conservada a temperaturas menores a 6°C.

### 3.7.2.- Características organolépticas

IBNORCA (1998), indica que la característica organoléptica de la leche debe tener los siguientes requisitos:

- Aspecto: Líquido homogéneo, sin alteraciones ni contaminación.
- Color: Blanco opaco o blanco cremoso
- Olor: Característico
- Sabor: Poco dulce, agradable

### 3.7.3.- Requisitos físico-químicos

IBNORCA, (1998), establece en las normas bolivianas de calidad los siguientes requisitos físico-químicos de la leche cruda (cuadro 6)

**Cuadro 6. Requisitos físico-químicos de la leche cruda**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>RANGO</b>
Acidez titulable (%)	0,14 a 0,18
Densidad a 20°C (g/ml)	1,028 a 1,034
pH a 6°C	6,6 a 6,8
Grasa (%)	2,6
Proteína (%)	3,0
Lactosa (%)	4,5
Sólidos totales (%)	10,8

Fuente:IBNORCA, 1998

### 3.7.4. Característica higiénico-sanitaria

IBNORCA (1998), establece que la leche cruda debe tener la siguiente característica higiénico-sanitaria:

- Ausencia de líquidos y secreciones anormales (pus, sangre, calostro).
- Ausencia de antibióticos, agro tóxicos, y otros productos veterinarios.
- Debe ser libre de neutralizantes, conservantes, etc.
- Debe estar conservado a temperaturas menores a 6°C.
- Ser transportada en recipientes completamente limpios y adecuados.

### 3.7.5. Clasificación microbiológica de la leche

IBNORCA (1998), sostiene que la leche cruda y fresca se clasifica en tres categorías de acuerdo a las características microbiológicas (cuadro 7).

**Cuadro 7 Clasificación microbiológica de la leche**

CARACTERÍSTICA MICROBIOLÓGICAS	CATEGORÍAS		
	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Recuento total bacterias mesófilas ufc/ml	300 000 I	1 000 000	>1 000 000
Recuento de células somáticas ufc/ml	<500 000	<1 000 000	>1 000 000
Bacterias esporuladas ufc/ml	Ausencia	-----	-----
Bacterias patógenas ufc/ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Fuente: IBNORCA.

### 3.8. Factores que alteran la calidad de la leche

La calidad de la leche depende de factores internos y externos; siendo el primero, las características propias del animal y como factores externos, la intervención del productor en la limpieza de sala de ordeño, utensilios, higiene del ordeñador, en el proceso del manipuleo de la leche por el ordeñador. Consecuencia del mal manejo de los factores externos se tiene vacas con mastitis, que se traduce en la baja cantidad de grasa y lactosa en la leche, pero sube la cantidad de sodio y las proteínas de suero (PDLA *et al.*, 2003).

Such y Peris (1996), define que la producción y la composición de la leche puede ser influidos por varios factores, como alimentación, ordeño, efectos ambientales (estacionalidad y clima), estado sanitario, genotipo (inter e intrarracial), gestación y la etapa de lactancia, factores que ejercen su acción a lo largo de toda la curva de lactación.

Magariños (2000), describe que los riesgos al que está sometida la leche son la contaminación y multiplicación de los microorganismos, que alteran los componentes físico - químicas, absorbiendo olores extraños, generación de malos sabores. Las principales fuentes de contaminación de leche se dan en el predio de los animales (glándula mamaria, piel, heces), establo (moscas, aire, agua, forraje, suelo, etc.) y utensilios (baldes, tarros, filtros, etc.).

PDLA, *et al.* (2003), indica que la presencia de micro organismos, es un factor principal que altera la calidad de leche, la misma que es contaminada por:

- Ordeñar vacas en cualquier lugar (bostas, barro, polvo, charco, etc).
- Ordeñadores con ropa y manos sucias y enfermos (tos, fiebre, gripe, etc.).
- Ordeñar las vacas con enfermedades infectocontagiosas (mastitis, metritis y otros).
- Ordeñar con utensilios sucios (tachos, baldes, filtros y utilizando agua sucia)
- Vacas enfermas que están siendo tratadas con antibióticos para la cura de alguna enfermedad; es decir la presencia de los antibióticos que altera y daña la calidad de la leche.
- Guardar la leche al lado de los fuertes olores, como gasolina, diesel, aceite y otros que absorbe estos olores.
- Suministrar a las vacas en ordeño, alimentos enmohecidos como por ejemplo: ensilaje podrido que afecta al sabor de la leche.

### **3.8.1. Alimentación**

La alimentación es una fuente de variación en la composición química de la leche. Por ejemplo, un nivel energético deficiente en la alimentación incrementa el porcentaje de grasa, mientras que disminuye la producción de leche y los porcentajes de la proteína y lactosa. La sobre alimentación aumenta la producción de leche, las proteínas y el extracto seco, mientras que la grasa y la lactosa pueden variar de forma no regular (Such y Peris, 1996).

La deficiencia nutritiva es aún más notable durante la época seca, cuando los forrajes están secos y fibrosos, carentes de nutrientes, para sustituir este problema se debe utilizar suplementos vitamínicos y minerales (PDLA, 2003).

Garijo, *et al.* (2001), afirma que la alimentación interviene dependiendo la cantidad y calidad composicional del alimento, es así cuando se reduce la alimentación, disminuye la producción, aumentando el porcentaje de sólidos sin disminución de grasa. En cambio, si es insuficiente la presencia de vegetales verdes en la alimentación, se tendrá un descenso en la leche, debido a que la fermentación en el rúmen no es efectiva pues disminuye la formación de ácido acético y otros ácidos que son los principales formadores de ácidos grasos.

### **3.8.2. Vegetación**

Campero y Medina, (2004) indica que las praderas nativas es el principal fuente de energía dietéticas, este aporte es suplemento de *Medicago sativa* o falcata, *Hordeum vulgare* y *Avena sativa*. Los pastos tienden a florecer los meses de febrero a marzo y calidad de forraje en términos de disponibilidad de nutrientes cae considerablemente hasta el siguiente ciclo de crecimiento que inicia con la próxima temporada de lluvia.

Somsg, (1998) señala que se identificaron 254 especies, distribuidas en 28 familias botánicas lo que demuestra una importante biodiversidad florística de las tierras altas. Las familias que incluyen en mayor número de especie son las

Gramíneas (36%) y Compositae(24%), mucho menos representadas están en las especies de las familias leguminosas (5%), cyperaceae (4%), Juncáceae,( 3%), y Chenopodeaceae(3%).

### **3.8.3. Raza**

La raza en el ganado lechero determina el porcentaje de la grasa; en caso de la raza Holstein produce mayores volúmenes de leche por día con menor contenido de grasa (3,5%), mientras que en el tipo criolla y raza Pardo Suizo producen menores volúmenes de leche por día con altos porcentajes de grasa (4,0 a 4,5%) en la leche (PDLA, 2000).

Campero y Medina, (2004) indica a unida raza completamente adaptada en la Regino del altiplano es la criolla. Para la producción de l eche son usadas animales en combinación de genes Criollo-Holstein o pardo suizo. Estos genotipos tienen producciones medias por lactancia de 1500 litros y las últimas representan el 80% de la población.

### **3.8.4. Época del año**

La producción de leche está en función a la producción de forrajes, existiendo abundante forraje nutritivo durante la época de lluvias la producción de leche aumenta y el contenido de grasa tiende a disminuir, mientras en la época seca, los forrajes están secos, fibrosos y son bajos en nutrientes, por ende la producción de leche disminuye y aumenta la grasa (PDLA, 2003).

### **3.8.5. Etapa de lactancia**

Such y Peris (1996), describen que existe una relación inversa entre el rendimiento de leche y los porcentajes de proteína y grasa; es así, las concentraciones de proteína y grasa son máximos durante los primeros días de lactación, mínimas durante el segundo y tercer mes, y va aumentando después gradualmente hasta el final de la lactación.

Entre el segundo y el tercer mes de lactancia la vaca alcanza la máxima producción de leche y el contenido de grasa es menor, mientras que al final de la lactancia la producción de leche por día disminuye, esto tiende a incrementar el porcentaje de grasa (PDLA, 2000).

### **3.8.6. Enfermedades**

La enfermedad más importante que afectan el contenido de los componentes de la leche, es la mastitis, vacas en producción infectados con mastitis subclínica reducen los niveles de grasa, sólidos no grasos, lactosa y otros, incrementando en forma desventajosa los niveles de ácido láctico, cloruros y sodio (PDLA, 2000).

### **3.8.7. Refrigeración de la leche**

PDLA (2000), sostiene que la leche por sus características alimenticias es un excelente medio para la proliferación de las bacterias; es así cuando la temperatura de la leche se mantiene entre 6 a 39 °C, las bacterias a esta temperatura se reproducen en forma acelerada, transformando la lactosa de la leche en ácido láctico, que reduce el valor nutritivo.

La temperatura de la leche en el ordeño es de aproximadamente 37°C que es una temperatura óptima para el desarrollo de microorganismos. El mejor método para lograr mantener por más tiempo la leche fresca es enfriarla y hacerlo a temperaturas inferiores a 10°C en las dos primeras horas de su ordeño y mantenerla en lo posible a 4°C hasta el momento de su tratamiento industrial (Garijoet *al.*, 2001).

### **3.8.8. Ordeño**

Durante el ordeño la composición de la leche varía, siendo al comienzo más rica en proteínas, sales y lactosa pero más pobre en grasa. Por otro lado, el intervalo entre ordeños afecta la producción y su composición; es así, en ordeños de intervalos desiguales varía, por ejemplo en ordeños más corto son superiores los componentes, siendo inferiores en la producción (Such y Peris, 1996).



La leche aumenta en el contenido de grasa en el curso de la ordeña, por tanto la leche de una ordeña incompleta puede resultar semidescremada. Por otra parte, si los intervalos entre ordeños son cortos, hay menos producción de leche, pero de mayor contenido graso y por el contrario cuando los intervalos son largos entre ordeños es más abundante la producción de la leche con concentraciones inferiores de los componentes (Garijo *et al.*, 2001).

### **3.8.9. Contaminación externa**

Cuando el recuento de bacterias son muy altos en leche cruda, son indicativos de fuerte contaminación durante el ordeño, manipulación y de conservación de la leche a temperaturas de refrigeración para retardar al crecimiento microbiano (LUZ, 2003).

Garijo *et al.*, (2001), describe que el origen de la contaminación externa ocurre en el proceso del ordeño, expuesta al medio ambiente, una deficiencia de la limpieza del animal, limpieza de maquinas, equipos, utensilios y del personal y la calidad del agua. Es así como el aire, puede transportar bacterias del suelo, del estiércol, restos del alimento, pajas etc., con presencia de coliformes y otras bacterias.

La leche cruda se contamina corrientemente con las bacterias coliformes, derivadas directa o indirectamente del tracto intestinal de las vacas. Esta contaminación puede provenir del estiércol, polvo, suelo, alimentos del ganado, agua, insectos (especialmente las moscas) o del contacto con residuos lácteos que quedan en los utensilios de ordeño por mal lavado; donde las bacterias suelen desarrollarse con gran facilidad, por estas razones, es comúnmente difícil producir leche cruda libre de coliformes (LUZ, 2003).

### **3.8.10. Gestación**

Such y Peris (1996), afirman hacia el final de la gestación se produce una caída notable de la producción de leche, que tiene un efecto directo a la composición de la leche, aumentando el extracto seco a partir del cuarto mes de gestación.

### **3.8.11. Recolección y/o acopio de la leche**

Garijoet *al.*, (2001), reporta que la leche recién ordeñada de la vaca sana, solo tiene una contaminación que puede valorarse entre 300 y 1500 bacterias por mililitro, y a partir del ordeño es cuando aumenta el recuento microbiano; a pesar de aumentar la presencia de los microorganismos, estos no se desarrollan durante las primeras horas que siguen al ordeño, pues la leche fresca tiene un cierto “poder bacteriostático” que inhibe el desarrollo en ese lapso, dependiendo de la temperatura; así por ejemplo una leche muy limpia (1000 gérmenes por ml) a 20°C inhibe el desarrollo bacteriano de 10 a 15 horas y leches muy contaminadas, en las mismas condiciones (20°C) puede no durar más que 2 o 3 horas.

### **3.8.12. Medidas de manejo para prevenir la contaminación**

Para prevenir la contaminación de la leche se debe realizar prácticas de lavado de los pezones de la ubre previo al ordeño eliminando toda la suciedad, el agua empleada debe ser limpia, utilizar toallas desechables para el secado, el ordeñador debe tener un conocimiento de las operaciones de rutina de ordeño, velando su higiene personal, uso de vestimenta adecuada y no debe ser enfermo de tipo infecto-contagioso. Los utensilios deben ser limpios, sin suciedad visible y ser filtrado en los tarros inmediatamente después del ordeño (Magariños, 2000).

## **3.9. Técnicas para determinar la calidad físico-química y microbiológica**

### **3.9.1. Toma de muestra**

La toma de muestras se debe realizar tomando los siguientes procedimientos: homogenización, toma de muestra, identificación, conservación y transporte hasta el laboratorio a una temperatura adecuada (IBNORCA, 1998).

LUZ (2003), indica para obtener buenos resultados es requisito indispensable tomar muestras que sean verdaderamente representativas y conservarla de manera adecuada hasta su análisis. Para la toma de muestra la leche no debe estar congelada, se debe mezclar bien, posteriormente colectada con probadores adecuados como el cucharón y transferirla a un recipiente apropiado, limpio, seco,

estéril debidamente rotulado para la identificación y posteriormente mantenido a una temperatura de 0 a 5 °C (sin congelar).

### **3.9.2. Determinación de la densidad relativa**

IBNORCA (1999), define que es la relación entre las masas de volúmenes iguales de leche y de agua destilada, medidas ambas a la misma temperatura, y que se puede realizarse por los siguientes métodos:

#### **Método de ensayo**

Se basa en usar un lactodensímetro graduado adecuadamente a una escala apropiada, para este método se utiliza un lactodensímetro con temperatura de referencia a 20°C.

#### **Método del picnómetro**

El método consiste en pesar el picnómetro vacío a temperatura ambiente, luego se llena con agua destilada a 20 °C y por último se llena la muestra a la misma temperatura.

LUZ (2003), describe que en la determinación de la densidad de la leche cruda, se utiliza un areómetro diseñado para determinar el peso específico a una temperatura, el cual está dotado a una escala que puede ser en grados Quevenne (°Q) o g/ml. El método que se utiliza es la prueba lactométrica.

### **3.9.3. Determinación de la acidez titulable**

IBNORCA (1998), indica que la acidez titulable es la suma de la acidez natural más la acidez desarrollada, y el método para determinar es la siguiente:

## **Método de ensayo**

Define que el principio del método es titular la acidez con una solución normalizada de hidróxido de sodio, usando fenolftaleína como indicador, dentro de este método se tiene dos métodos el gravimétrico y el volumétrico.

LUZ (2003), explica que la acidez es una medida de la acidez determinada por el equilibrio entre los componentes ácidos de la leche (fosfatos, citratos, carbonatos, hidroxilos y proteínas) y componentes básicos (sodio, potasio, calcio, magnesio e hidrógeno). El método que más se utiliza es la titulación con hidróxido de sodio (NaOH) a 0,1N, utilizando la fenolftaleína en solución alcohólica como indicador.

PDLA (2000), describe que la prueba de acidez consiste en medir la cantidad de ácido láctico que se encuentra en la leche y se puede determinar por distintos métodos: La prueba de alcohol utilizando pistola de acidez (acidímetro), Acidez por titulación y Acidez por medición del pH.

### **3.9.4. Determinación del contenido graso**

IBNORCA (1998), describe para la determinación del contenido de grasa en los productos lácteos se pueden utilizar dos métodos:

#### **Método de Gerber**

Consiste en separar mediante acidificación, centrifugación de la materia grasa contenida en el producto analizado y determinar el contenido de grasa mediante lectura directa en un butirómetro certificado.

#### **Método de Rose-Gottlieb**

Tiene el principio de extraer con el éter di-etílico y éter de petróleo la grasa contenida en una solución etanólica amoniacal de leche; evaporar los solventes y pesar el residuo.

LUZ (2004), afirma que para la determinación de la grasa de la leche, existen varios métodos: métodos volumétricos, métodos gravimétricos, métodos instrumentales.

### **Método volumétrico**

Este método consiste en utilizar agentes químicos como ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) para lograr la ruptura de la emulsión, la separación de la grasa y medir consecutivamente a la grasa separada por la centrifugación en botellas especiales, el ácido primero precipita y luego disuelve las proteínas y demás constituyentes de la leche con excepción de la grasa. A este grupo pertenecen los métodos de Babcock y Gerber.

### **Método gravimétrico**

Aquellos que utilizan solventes orgánicos para extraer la grasa, que luego de la evaporación de estos, se determina mediante pesada del extracto graso seco.

### **Método instrumental**

Fundamentado en la determinación de una determinada propiedad de la leche proporcional en algún sentido a su contenido de la grasa.

#### **3.9.5. Determinación de proteína**

LUZ (2003), describe que para la determinación cuantitativa de proteínas pueden emplearse diversos métodos, los mismos que se pueden clasificar en los siguientes grupos:

## **Métodos químicos**

Fundamentados en las técnicas químicas convencionales, entre las cuales se incluyen la determinación del nitrógeno total y los métodos gravimétricos y volumétricos tradicionales.

### **Método fotométrico**

Están fundamentados en la medición del color de soluciones, o de la absorbancia en determinadas regiones del espectro de absorción, aquí se incluyen las técnicas colorimétricas, las de medición en el ultravioleta o en el infrarrojo, las de fijación de colorantes y algunas técnicas turbidimétricas.

### **Método refractométrico**

Están basadas en el incremento en el índice de refracción de aproximadamente 0,001 por cada gramo de proteína en 100 ml de leche, de este modo utilizando un refractómetro de inmersión.

### **Método de Micro Kjendahl**

En este método la materia orgánica es digerida por la acción del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, convirtiendo en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ ; además reduce el nitrógeno a amonio, el cual pasa a ser fijado por el ácido como sulfato de amonio, se debe a que parte  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es reducido simultáneamente a  $\text{SO}_2$ , que se comporta como un fuerte reductor.

#### **3.9.6. Determinación de lactosa**

LUZ (2003), indica que la determinación de la lactosa en la leche puede realizarse por numerosas métodos, que se indican a continuación:

## **Métodos químicos**

Por Munson y Walker está basado en la precipitación de sulfato cúprico ( $\text{CuSO}_4$ ) a partir de la solución cupro-alkalina, por la acción reductora de los glúcidos presentes en la muestra sobre la sal cúprica, en presencia de calor, por tiempo determinado y bajo otras condiciones especiales.

## **Métodos colorimétricos**

Fundamentados en la transformación del glúcido contenido en la leche en un compuesto coloreado soluble por reacción por ciertos reactivos especiales, y en la comparación visual o fotométrica del color que la muestra adquiere con el color de las soluciones patrones del glúcido, a concentración conocida tratadas en idénticas condiciones.

## **Método espectro-fotométricos en el infrarrojo**

Se basan en la medición de la absorbancia producida por los grupos-OH en la zona infrarrojo del espectro.

### **3.9.7. Determinación de sólidos totales**

IBNORCA (1998), sostiene que los sólidos totales en la leche cruda es el producto de la desecación de la leche y se realiza por el siguiente método:

#### **Método de ensayo**

Consiste en desecar por evaporación a una cantidad determinada de leche y pesar el residuo, que corresponde a los sólidos totales de la leche.

LUZ (2004), describe que para la determinación de los sólidos totales se puede realizar por diferentes métodos:

### **Método gravimétrico**

Se fundamenta en la evaporación del agua de una muestra de peso conocido y la pesada del residuo seco, la evaporación puede realizarse por diferentes técnicas como la evaporación en baño de vapor, en termoeléctrica y en la lámpara de rayos infrarrojos.

### **Métodos volumétricos;**

Permite la determinación del agua contenida en una muestra, por técnicas como la destilación y subsiguiente medición del agua destilada en un tubo colector graduado.

#### **3.9.8. Recuento de células somáticas**

### **Método citológico**

Se basa en extensión de 10  $\mu$ l (0,01 ml) de leche sobre porta objetos y dejar secar, fijar y realizar el teñido con colorante en un determinado tiempo (Federación Internacional de Lechería 45 A).

#### **3.9.9. Recuento total de bacterias mesófilas viables**

LUZ (2003), describe los métodos comúnmente utilizados para el recuento total de microorganismos en la leche y sus productos son el macroscópico en placas de agar y el microscópico directo.

### **Método recuento estándar en placas**

Es utilizado universalmente para determinar en forma aproximada la carga bacteriana, esencialmente consiste en determinar el número de colonias que se



desarrollan cuando se siembra una cantidad medida en placas de agar de composición estándar.

### **3.9.10. Recuento de bacterias coliformes**

LUZ (2003), indica que la práctica de recuento de bacterias coliformes puede efectuarse como las pruebas de fermentación, las cuales han sido clasificados en presuntivas, confirmativas y complejas.

#### **Pruebas presuntivas**

Estas tiene por objeto de establecer coliformes en la leche y derivados, pueden efectuarse en un medio líquido selectivo como el caldo lactosado-bilis-verde brillante o el caldo lactosado – peptona – ricinoleato - formiato en tubos de fermentación y también se utiliza un medio selectivo sólido en placas como el agar – actosa – desoxicolato - formiato para determinar el número más probables de coliformes.

#### **Pruebas confirmativos**

Se realiza cuando se quiere confirmar la evidencia obtenida en una prueba presuntiva, puede efectuarse utilizando un medio selectivo sólido para repicar o trasplantar los microorganismos (presuntamente coliformes), cuando la prueba previa se realiza en un medio líquido, utilizando el agar de Levine(agar – eosina - azul de metileno), en el cual las bacterias coliformes se confirman por las características de sus colonias.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Materiales**

#### **4.1.1. Materiales de campo**

Los materiales de campo utilizados en la investigación fueron:

- Frascos de vidrio estériles para la toma de muestra, cucharón de acero y conservadora
- Termómetro de -10 a +100 °C
- Lactodensímetro en grados Quevenne (°Q) a 20 °C
- Frascos de 100 ml
- Termo lactodensímetro
- Cámara fotográfica

#### **4.1.2. Materiales de laboratorio**

Los equipos, materiales y reactivos utilizados en análisis de laboratorio fueron:

##### **4.1.2.1. Análisis de la acidez**

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Fenolftaleína indicador (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>)
- Bureta de vidrio de 25 ml graduadas en décimas
- Acidímetro de 50 ml graduada en grados Dormic
- Soporte universal
- Vasos de precipitación de 50 ml
- Matraz erlenmeyer de 50 ml

##### **4.1.2.2. Análisis de sólidos totales**

- Mufla de 0 a 1000°C
- Cápsula porcelana de 20 ml
- Campana sílica o desecador
- Balanza analítica (mg) de 0,0001 de precisión

- Espátula
- Estufa de 100 °C

#### **4.1.2.3. Análisis de la densidad**

- Lactodensímetro en °Q a 20°C
- Termómetro de -10 a + 100 °C
- Papel absorbente

#### **4.1.2.4. Análisis de grasa**

- Butirómetros de 11 ml para leche, con la escala de 0 a 8%
- Pipetas aforadas de 11 y 10 ml
- Termómetro de -10 a +300 °C
- Centrifugadora gerber de 1000 rpm
- Pisetade 250 ml
- Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Alcohol amílico (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>O)
- Agua destilada (H<sub>2</sub>O)

#### **4.1.2.5. Análisis de proteína**

- Espectrofotómetro UV-1601(PC)S
- Centrifugadora de 1000 a 5500 rpm
- Cubetas de lectura
- Pipetas graduadas de 10 ml
- Micropipetas de 10, 100 y 1000 µL
- Tubos de ensayo de 10 ml
- Tubos de hemólisis de 5 ml
- Gradillas
- Rojo Punsor (C<sub>22</sub>H<sub>12</sub>N<sub>4</sub>O<sub>13</sub>S<sub>4</sub>N<sub>4</sub>)
- Hidróxido de sodio (NaOH)

#### **4.1.2.6. Análisis de lactosa**

- Bureta de vidrio de 50 ml y soporte universal
- Matraz erlenmeyer de 250 ml
- Probeta de 50 ml
- Pipeta graduada de 10 ml
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Tartrato doble sodio y potasio ( $C_4H_4KNaO_6 \cdot 4H_2O$ )
- Lactosa ( $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$ )
- Etanol absoluto ( $C_2H_5OH$ )
- Azul de metileno ( $C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot xH_2O$ )
- Sulfato de cobre pentahidratado ( $CuSO_4$ )
- Mechero Bunsen

#### **4.1.2.7. Análisis de bacterias mesófilas y coliformes**

- Medios de cultivo: Agar Recuento en Placas y Agar Mac konkey
- Autoclave
- Placas petri
- Micropipetas de 10  $\mu$ l
- Matraz erlenmeyer de 500 ml
- Hipoclorito de sodio

#### **4.1.2.8. Recuento de las células somáticas**

- Porta y cubreobjetos
- Microscopio con objetivo de inmersión.
- Azul de metileno eosina y Giemsa
- Xilol
- Etanol Absoluto ( $C_2H_5OH$ )
- Alcohol
- Agua destilada ( $H_2O$ )
- Aceite inmersión

## **4.2. Metodología**

### **4.2.1. Localización**

El presente trabajo de investigación se realizó en las comunidades campesinas: Taramaya-1, Chijipina Grande, Arasaya, Tipampa, Chahuirapampa, Quenaquetara, de la primera sección municipal de Achacachi, norte de la provincia Omasuyos del Departamento de La Paz, está localizado entre los paralelos 16°103'25" de Latitud Sur y 68°14'45" de Longitud Oeste, situada a una altitud de 3860msnm, a una distancia de 57 km al Oeste de la ciudad de La Paz, carretera internacional La Paz – Puerto Acosta

### **4.2.2. Ecología y climatología de Achacachi**

El municipio de Achacachi, está ubicada en el área occidental de Bolivia. La temperatura promedio anual de 12°C y una temperatura mínima de -8°C a -10°C en los meses junio, julio y la humedad relativa media anual es de 58.2%, y una precipitación anual de 450 a 550 mm, (PDLA, 2000). La vegetación se caracteriza por la predominancia de gramíneas de géneros *Stipa sp*, *Calamagrostis sp*, y presencia de las leguminosas como Trebol (*Trifolium sp*), Las comunidades se caracterizan por la producción de forrajes cultivadas como la alfalfa (*Medicago sativa*) o falcata, (*Hordeum vulgare*) y Avena (*Avena sativa*), que son destinadas a la alimentación del ganado lechero.

### **Agroecosistema**

Altieri (1997). Define al agroecosistema como la unidad ecológica principal que contiene componentes abióticos y bióticos que es interdependiente e interactiva y por medio de los cuales se procesan los nutrientes y el flujo de energía.

Los componentes de esta unidad son el ambiente físico que interactúa con la comunidad biótica. Las poblaciones de plantas y animales que tienen valor garigola y su desempeño están reguladas por intervención del hombre (Hart 1985).

# BOLIVIA

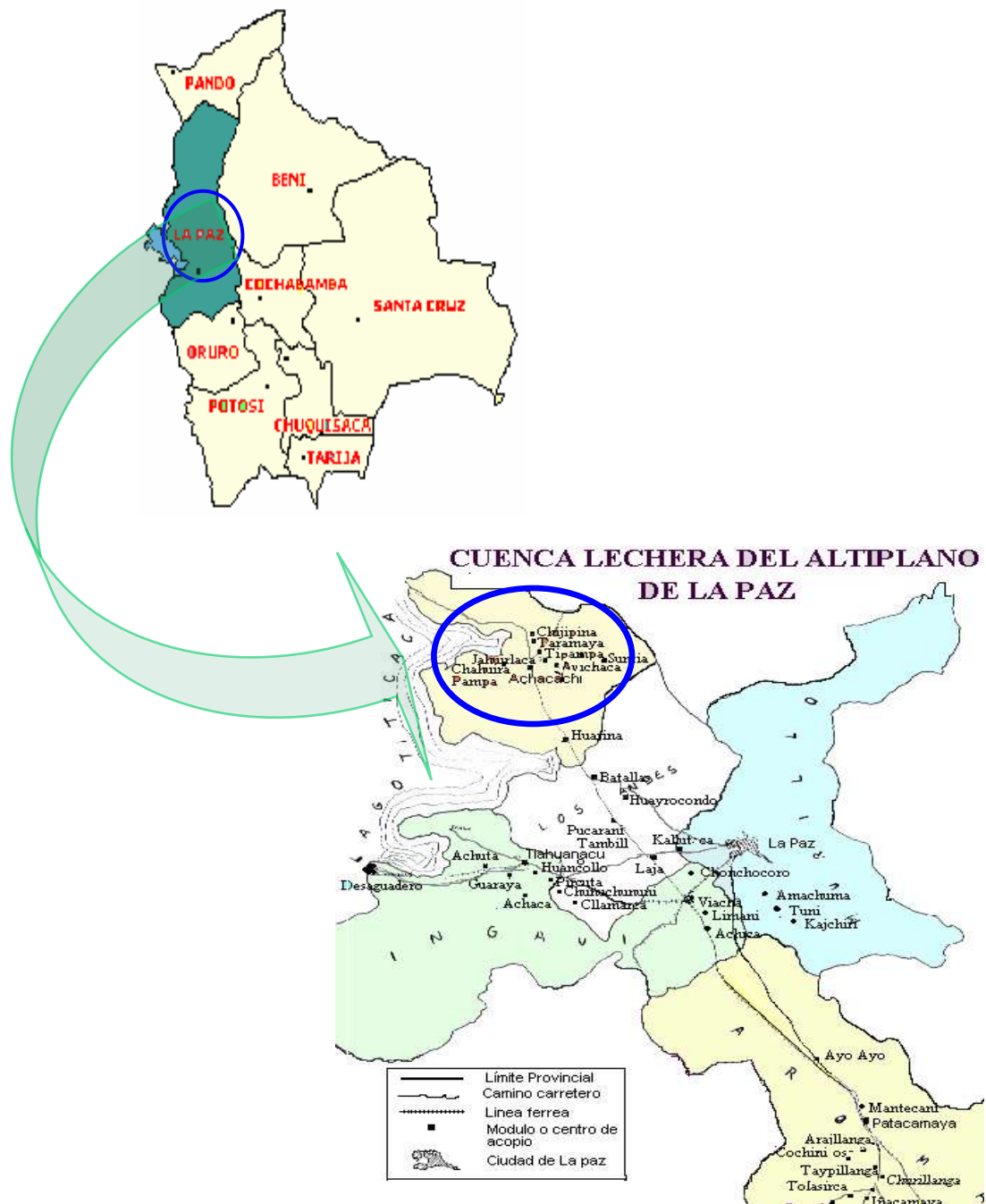


Figura 3 Localización del lugar del trabajo de investigación

### 4.2.3. Aptitud Productiva del Municipio de Achacachi

Las comunidades campesinas de Achacachi se caracterizan por su vocación de producción de ganado lechero, constituyéndose en la actividad económica de mucha importancia que genera ingresos para la subsistencia de las familias. La Asociación de Productores de Leche de Zona Achacachi, afiliada a la Asociación Provincial de Productores de Leche de la provincia Omasuyos (APLEPO) y (ARDIL), es la organización que tiene afiliada a 210 productores organizadas en 6 Centro de acopio (tanque), Taramaya, Chijipina Grande, Arasaya, Tipampa, Chahuirá Pampa, Quena Quetara.

Los productores de Achacachi cuentan con una población de 2365 bovinos de los cuales el 38% es raza criolla, el 11% mestizos pardo suizo y el 51% mestizos holstein. La composición del hato está conformado por 4% de toros, 11% de toretes, 18% de terneros y terneras, 22% de vaquillas y vaquillonas, 15% de vacas secas y 30% de vacas en producción; la producción promedio de leche de vaca por día son 4,13 kg (PDLA, 2002).

Los productores lecheros de APLEPO y las no asociadas, realizan la venta de leche a PIL Andina S.A. y también a industrias como ILPAZ, Delizia y microempresas como LACTEOSBOL ubicados en el mismo Municipio.

**Cuadro 8 Destino de la leche en la zona de Achacachi en el año 2012**

ZONA	DESTINO DE LA LECHE (litros/día)		
	Venta	Elaboración de queso	Consumo
Achacachi	14800	516	122

Fuente Pil Andina S.A.2012

En el cuadro 8, se observa la evolución anual de de volúmenes de producción leche en Achacachi; evidenciándose que hasta 2005 hubo un crecimiento progresivo y a partir de 2007 se estabiliza la cantidad de leche producida.

**Cuadro 9 Producción de leche en Achacachi (litros/día/año)**

<b>AÑOS</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2011</b>
Achacachi	12397	12523	15488	16966	18448	19188	22904

Fuente: Pil Andina S.A.2012

**4.2.4. Elección del área de estudio**

En Achacachi los productores lecheros organizados en centros de acopio, comercializan la leche cruda a PIL Andina; sin embargo, existe la tendencia de las industrias compradoras en exigir que la leche cruda cumpla normas de calidad en cuanto al contenido de grasa, acidez, sólidos totales e higiénico sanitario. Por falta de información e investigaciones los productores reciben precios bajos y en muchos casos la leche cruda es rechazada y devuelta al productor por estas empresas.

Los criterios para elegir el área de estudio fueron los aspectos indicados, más la predisposición de los productores para colaborar con el estudio y la accesibilidad a los módulos.

**Cuadro 10 Definición del área de estudio en el municipio de Achacachi**

<b>MODULOS</b>	<b>Nº DE PRODUCTORES</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
Taramaya - 1	61	Comunidad Taramaya - 1
Chijipina Grande	49	Comunidad Chijipina Grande
Arasaya	14	Comunidad Arasaya
Tipampa	32	Comunidad Tipampa
Chahuirá Pampa	38	Comunidad Chahuirá Pampa
Quena Quetara	16	Comunidad Quena Quetara
<b>Total</b>	<b>210</b>	

Fuente: Pil Andina S.A.2012



#### **4.2.5. Coordinación para la realización del trabajo de investigación en Achacachi**

Para la realización del presente trabajo, se coordinó con el directorio de la Asociación de Productores lecheros de provincia Omasuyos (APLEPO), a quienes se dio a conocer los objetivos, alcances y beneficios del estudio. Después de las deliberaciones y análisis el directorio de APLEPO instruyó a los presidentes de los módulos lecheros mediante circular para brindar facilidades y colaborar en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Una vez autorizada a nivel direccional de APLEPO, se coordinó con los módulos lecheros, donde se hizo conocer a los productores lecheros los objetivos, alcances y beneficios; asimismo se tomaron acuerdos referentes a brindar facilidad en la toma de muestras y fueron definidos el cronograma de trabajo.

#### **4.2.6. Descripción del proceso de la investigación**

##### **Duración**

El presente trabajo de investigación fue realizada entre octubre a noviembre del 2012 y febrero a marzo del 2013 las fases del campo y laboratorio.

##### **Épocas**

Las épocas definidas para el estudio fueron, la época seca que comprende los meses de Octubre y Noviembre del 2012 y en la época húmeda los meses Febrero y Marzo del 2013.

##### **Cronograma del trabajo**

La ejecución del trabajo de investigación fue efectuada según el cronograma enunciado en el cuadro 10.

## Tamaño de muestra

La cantidad de muestras que fueron evaluados un total de 72 y 73 muestras en época seca y húmeda respectivamente.

**Cuadro 11 Cronograma de toma de muestras de la leche en los centros de acopio durante el estudio**

MODULO	EPOCA SECA								EPOCA HUMEDA							
	OCTUBRE				NOVIEMBRE				FEBRERO				MARZO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Taramaya- 1				x										x		
Chijipina Grande			x								x					
Arasaya							x					x				
Tipampa				x									x			
Chawira Pampa						x								x		
Quena Quetara					x								x			

Nota En el presente trabajo, las muestras fueron tomadas en cada centro de Acopio

### 4.2.7. Toma de muestra y análisis de calidad de leche en campo

Las muestras fueron tomadas al azar según cronograma de trabajo. El método de muestreo de la leche en los módulos se realizó según las normas establecidas por IBNORCA (NB 199), para análisis físico - químico y microbiológico. La muestra fue extraída de los tanques de refrigeración después de ser acopiada en el centro de acopio por las mañanas, bajo el siguiente procedimiento:

- Todos los materiales que se emplearon para la toma de muestras fueron previamente esterilizados, a fin de evitar la contaminación externa.
- En el momento de la toma de muestra se registró la temperatura y la densidad de la leche en los tanques.
- Se tomaron 150 ml de muestra de leche desde los tanques de cada centro de acopio con un cucharón de acero en preformas pet esterilizados con

previa homogenización. Las preformas con muestras fueron cerrados y identificadas con etiquetas, para proteger la contaminación.

- Las preformas con muestras fueron conservadas a una temperatura de 4°C con hielo seco en la conservadora.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de análisis de control de calidad de la planta industrializadora PIL ANDINA S.A. La Paz.

#### 4.2.7.1. Determinación de la densidad

Para la determinación de la densidad de la leche se ha empleado el método de prueba de lactodensímetro de la NB 230, que considera el siguiente procedimiento:

- La determinación de la densidad se realizó en el momento de la toma de muestras, cuando los productores vacían la leche desde el os tachos, al balde para el pesaje de la leche. La densidad se midió introduciendo el lactodensímetro con calibración a 20°C en el recipiente de pesaje, dejando flotar libremente hasta su estabilización, teniendo cuidado de que no se adhiera a las paredes del recipiente y evitando la formación de las burbujas.
- La lectura lactodensimétrica realizó en grados Quevenne (°Q), simultáneamente se dio la lectura de la temperatura. La conversión de °Q a g/ml y la densidad aparente a la densidad relativa se calculó mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{g/ml} = \frac{^{\circ}\text{Q}}{1000} + 1$$

$$d_{20} = d + 0,0002(t - 20)$$

Dónde:

$d_{20}$  = densidad relativa a 20°C

$d$  = densidad aparente a T°C

$t$  = temperatura de la lectura

### 4.3. Análisis de la calidad de leche en laboratorio

#### 4.3.1. Análisis de la calidad físico - químico

##### 4.3.1.1. Determinación de la acidez

Para el análisis de la acidez se empleó el método de ensayo NB 229

- La muestra de la leche se homogenizó suavemente por inversión de 15 a 20 veces, posteriormente se transfirió 9 ml de la muestra con una pipeta graduada a un matraz erlenmeyer de 50 ml.
- Se adicionó al matraz con muestra la solución indicadora alcohólica de fenolftaleína al 1% de 3 a 4 gotas.
- Seguidamente se tituló con la solución de NaOH a 0,1 N, cargado en la bureta, agregando de forma continua y lenta con agitación hasta la aparición del primer tinte del color rosado que se mantenga por 30 s.
- Posteriormente se realizó la lectura del volumen de solución empleada en la bureta, expresando la acidez en grados Dornic.

$$A^{\circ}D = \frac{Vg * 0.09}{1ml (NaOH 0,1 N)} * Fc$$

Dónde:

A °D = Acidez titulable de la leche en grados Dornic.

Vg = Volumen gastado de la solución NaOH 0,1 N empleado en la titulación, en ml.

0,09 = g de ácido láctico que está presente en 1 ml de NaOH 0,1 N.

Fc = Factor de corrección del NaOH 0,1N.

#### **4.3.1.2. Determinación de la grasa**

Para la determinación del contenido graso en la leche se ha empleado el método Gerber (NB 228), que consiste en separar mediante acidificación, centrifugación la materia grasa contenida en la leche:

- Con la pipeta graduada, se vierte 10 ml de ácido sulfúrico al 85% de concentración en el butirómetro Gerber.
- Se adiciona lentamente en el butirómetro 9 ml de muestra de leche atemperado a 20 °C previamente homogenizada, posteriormente se vierte 1 ml de alcohol amílico.
- Luego se tapó herméticamente el cuello del butirómetro y se agitó invirtiendo lentamente hasta hacer desaparecer partículas blancas.
- Inmediatamente después de la agitación se colocó los butirómetros con la tapa hacia la base del soporte (invertidos) en la centrifugadora Gerber con calefacción a 65°C por un tiempo de cinco minutos a 1100 revoluciones por minuto.
- Una vez centrifugado se realizó la lectura directa en porcentaje, en la columna de grasa sobre la marca de una graduación de la escala del butirómetro.

#### **4.3.1.3. Determinación de la proteína**

Para la determinación de la proteína se empleó el método fotométrico (colorímetro), que se fundamenta en la medición del color de soluciones o de la absorbancia en determinadas regiones del espectro de la absorción.

- En los tubos de hemólisis se colocaron 1 ml de solución de color rojo y se adicionó 100 µl de leche exenta de grasa, luego se homogenizo y centrifugó a 2000 rpm durante 5 minutos para separar los sólidos del líquido.
- Se retiraron los tubos y se eliminaron el sobrenadante y el precipitado se diluyó con solución de NaOH 0.1 N, obteniendo una solución cristalina color violeta.

- La lectura de la absorbancia se realizó en el espectrofotómetro UVa una longitud de onda de 550 nm.

El contenido proteico se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\%C_p = \frac{A_m}{A_{st}} * C_{st} * 16$$

Donde:

C<sub>p</sub> = Concentración de la proteína de la leche en %

A<sub>m</sub> = Absorbancia de la muestra de la leche

A<sub>st</sub> = Absorbancia del patrón

C<sub>st</sub> = Concentración de estándar

16 = Factor de dilución de la proteína pura

#### **4.3.1.4. Determinación de la lactosa**

Para la determinación de la lactosa se empleó el método de Fehling, siguiendo los siguientes procesos:

- Se vertió 5 ml de muestra de leche homogénea en una probeta de 50 ml y se diluyó con 45 ml de agua destilada a 37°C, luego se transfirió en la bureta de 50 ml.
- Se adicionó en un matraz erlenmeyer de 250 ml, 5 ml de la solución de CuSO<sub>4</sub> (Fehling A) y 5 ml de solución alcalina de tartrato doble de sodio y potasio (Fehling B).
- Luego se calentó la mezcla al mechero regulando la llama de tal manera que empiece a hervir, posteriormente adicionando la solución de la leche cargada en la bureta, con constante ebullición y se colocó 1 gota de azul de metileno al 1% y se siguió adicionando la solución de la leche hasta que presente un color ladrillo.

- Finalmente la lectura se realiza a partir del volumen gastado en la bureta de la solución de la leche y agua destilada.
- Los resultados fueron expresados en gramos por ciento de lactosa, empleando la siguiente fórmula:

$$\%L = \frac{F_c * V_{II}}{V_g * V_m} * 100$$

Dónde:

L = % de lactosa en la leche

VII = Volumen llevado (50 ml)

Vg = Volumen gastado

Fc = Factor de corrección

Vm = Volumen de la muestra utilizada en la dilución. (5 ml)

#### **4.3.1.5. Determinación de sólidos totales**

Este método consiste en desecar por evaporación, una cantidad determinada de leche y pesar el residuo que corresponde a los sólidos totales de la leche, el procedimiento es el siguiente:

- Se dejó secar los crisoles vacíos durante 2 a 3 horas en una estufa a 103°C, posteriormente se enfrió en el desecador e inmediatamente se pesó en la balanza sensible al 0,0001 el crisol vacío en g.
- Se pesó 5 g de la muestra de leche en un crisol vacío previamente tarada.
- Se realizó la evaporación en una estufa a 100°C durante 24 horas.
- Se retiraron los crisoles de la estufa y se enfriaron en el desecador y luego se pesó el crisol con la muestra seca.
- Los resultados fueron obtenidos empleando la siguiente fórmula:

$$\text{St \%} = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} * 100$$

Donde:

St = Contenido de sólidos totales en porcentaje de la masa

M = Masa de la cápsula vacía, en g.

$m_1$  = Masa de la capsula con sólidos totales en g.

m = Masa de la cápsula con la muestra de leche, en g.

### **4.3.2. Análisis de la calidad microbiológica**

#### **4.3.2.1. Células Somáticas**

El conteo celular se realizó bajo el siguiente procedimiento:

- En un portaobjetos se colocó con la micropipeta una cantidad de 10  $\mu\text{L}$  (0,01 ml) de la muestra de leche previamente homogenizada, se extendió en una zona de 0,5  $\text{cm}^2$  y se dejó secar al medio ambiente.
- El portaobjetos con la muestra secada fue lavada con xilol sumergiendo durante 1 minuto para eliminar la grasa, luego se sumergió en alcohol absoluto durante 30 s.
- Inmediatamente se sumergió en el colorante Azul de metileno eosina Gemsa durante 1 minuto para la tinción de las células, a continuación se lavó con agua destilada y se dejó secar al aire.
- Posteriormente la porta objetos se llevaron al microscopio para el recuento de las células somáticas en objetivo de inmersión.

#### **4.3.2.2. Determinación de bacterias mesófilas**

El recuento estándar en placas, es un método macroscópico, con siembra a profundidad, cuya metodología es la siguiente:



### **a. Limpieza, esterilización del material de vidrio**

- Se realizó la limpieza de placas petri, tips y materiales de vidrio con detergente biodegradable en agua tibia, agua fría, agua destilada.
- Todos los materiales de vidrio fueron empaquetados en papel madera y autoclavado a 121 °C (15 atmósferas de presión) durante 15 min.

### **b. Preparación del agar de cultivo, siembra e incubación de las placas**

- Se disolvió en agua destilada el medio de cultivo de acuerdo a las indicaciones del Agar Recuento en Placas, en un matraz erlenmeyer de 500 ml. El volumen del agar se preparó en función a la cantidad de muestras.
- Se hizo hervir durante 2 min con el fin de disolver completamente el agar.
- Se tapó la boca del matraz con tapones de venda gasa y se esterilizó en autoclave a una temperatura de 121 °C durante 15 minutos.
- Una vez retirado de la autoclave el agar preparado se ha bajado a 40 °C aproximadamente.
- Con la micropipeta se transfirió 10 µL de la muestra en placas petri, evitando la contaminación flameando con los mecheros Bunzen, luego se agregó 10 a 12 ml de Agar Recuento en Placas fundido en cada placa petri. En cada caso se mezcló el medio y la muestra de la leche en forma circular, evitando derramar la mezcla por los bordes y dejando solidificar sobre una superficie nivelada durante un tiempo de 5 min.
- Se llevó las placas solidificadas a la estufa de cultivo a 38°C en forma invertida, manteniendo la incubación durante  $48 \pm 3$  horas.

### **c. Recuento de las colonias**

- Después del periodo de la incubación se retiró los cultivos para su recuento de colonias.

- El conteo se realizó para todo tipo de colonias existentes en placa sobre un fondo oscuro, los resultados fueron medidos en unidades formadoras de colonias (ufc/ml).

➤

#### **4.3.2.3. Prueba presuntiva de las bacterias coliformes**

Para la prueba de bacterias coliformes se realizó a través de un medio selectivo, por el método de cultivos sólidos en placas, previa limpieza y esterilización de materiales, a continuación se detalla el procedimiento:

##### **a. Preparación del agar de cultivo, siembra e incubación de las placas**

- Se disolvió el Agar Mac Conkey en agua destilada en un matraz erlenmeyer de 500 ml, según las indicaciones técnicas y en función a la cantidad de muestras.
- Se hizo hervir la dilución durante 2 minutos con el fin de disolver completamente el agar.
- Se tapó la boca del matraz con tapones de gasa y se esterilizó en autoclave a una temperatura de 121 °C durante 15 minutos.
- Posteriormente se realizó el descenso de la temperatura a 38 °C.
- Con la micropipeta se transfirió 10 µl de la muestra homogenizada en las placas petri, evitar la contaminación de microorganismos del medio ambiente con el flameado de mecheros Bunzen.
- Se agregó 10 a 12 ml de Agar McConkey fundido en cada placa de petri flameando la boca del matraz. En cada caso se mezcló el medio y la muestra de la leche en forma circular, evitando derramar la mezcla por los bordes y dejando solidificar sobre una superficie nivelada durante un tiempo de 5 minutos.
- Se llevó las placas solidificadas para la incubación en la estufa de cultivo a 38°C en forma invertida durante 24 horas.

## **b. Recuento de las colonias**

- Terminado el periodo de la incubación se procedió al recuento de colonias de color rojas y el resultado fue medido en “ufc de coliformes/ml”.
- Se realizó el conteo de todo tipo de colonias existentes en placa, sobre un fondo blanco.

### **4.3.3. Factores en estudio**

Los factores en estudio definidos en el presente trabajo de investigación fueron:

#### **a. Época del año: 2**

- Época seca
- Época húmeda

#### **b. Módulos: 6**

- Taramaya
- Chijipina Grande
- Arasaya
- Tipampa
- Chawura pampa
- QuenaQuetara

### **4.3.4. Variables de respuesta**

#### **a. Calidad físico-química de la leche cruda**

- Acidez (°D)
- Densidad (g/ml)
- Grasa (%)
- Proteína total (%)
- Lactosa (%)
- Sólidos totales (%)

## **b. Calidad microbiológica de la leche cruda**

- Recuento de células somáticas (cel/ml)
- Recuento de bacterias mesófilas (ufc/ml)
- Recuento de bacterias coliformes (ufc/ml)

### **4.3.5. Análisis estadístico**

Los resultados de la calidad físico-químico de la leche fueron analizados mediante el diseño completamente al azar con arreglo bi-factorial 2x6. Los resultados de la calidad microbiológica fueron evaluados por la prueba de frecuencias.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij(n)}$$

$$i = 6 \quad J = 2$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Variables de respuestas

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto de i-ésimofactor módulos

$\beta_j$  = Efecto de j-ésimofactor épocas

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo factor módulos por j-ésimo  
Factor épocas

$\varepsilon_{ij(n)}$  = Error experimental.

Para determinar las diferencias estadísticas de los resultados se ha empleado la prueba de comparación de medias Duncan a un nivel de significancia de 0,05.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Evaluación de la calidad físico - química de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi

Los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad físico-química de la leche en el municipio de Achacachi durante la época seca y húmeda se muestran en los cuadros (12 y 13)

**Cuadro 12 Calidad físico-química de la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi**

VARIABLES	ÉPOCA SECA	ÉPOCA HÚMEDA
	$\bar{X}$	$\bar{X}$
Acidez (°D)	16,0	17,0
Densidad (g/ml)	1,029	1,030
Grasa (%)	3,4	3,4
Proteína (%)	3,0	3,2
Lactosa (%)	4,8	4,8
Sólidos Totales (%)	11,8	12,0

El cuadro 12, muestra los resultados numéricos de la calidad físico-química de la leche cruda bovina que son superiores durante la época húmeda respecto a la época seca, en los variables acidez, densidad, proteína y sólidos totales; mientras que los valores de grasa y lactosa son similares.

**Cuadro 13 Calidad físico-química de la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi**

MODULOS	VARIABLES					
	Acidez (°D)	Densidad (g/ml)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	S. Totales (%)
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$
Taramaya	15,4	1,030	3,6	3,3	4,8	12,2
Chijipina Grande	16,0	1,029	3,4	3,1	5,0	12,1
Arasaya	14,8	1,030	3,9	3,1	4,9	11,7
Tipampa	17,7	1,031	3,5	3,1	4,8	11,9
Chawira Pampa	16,9	1,030	3,7	3,2	4,7	12,2
Quena Quetara	17,8	1,029	3,2	3,2	4,9	11,9
Total(anual)	16,5	1,030	3,4	3,2	4,8	11,9

En el cuadro 13, se observan resultados numéricos anuales de la calidad físico-química de la leche cruda bovina por módulos con 16,5°D, 1,030g/ml, 3,4%, 3,1%, 4,8% y 11,9% para las variables acidez, densidad, grasa, proteína, lactosa y sólidos totales respectivamente. Estos valores están dentro los parámetros establecidos por IBNORCA.

#### **5.1.1. Acidez de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi**

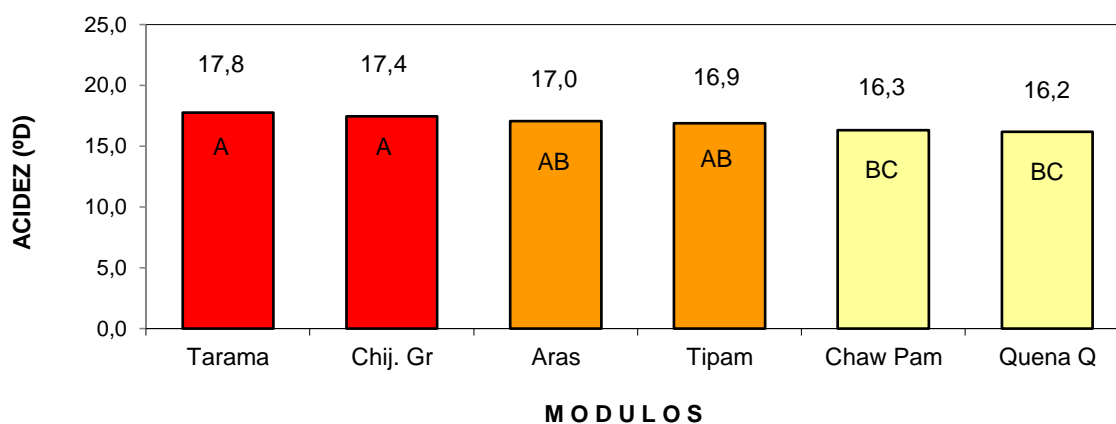
El análisis de varianza de la acidez de la leche (cuadro 14), muestra que los resultados presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,0266$ ) para el factor épocas y diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) para el factor módulos y para la interacción módulos por épocas. La media general de la acidez fue 16,5 grados Dornic (°D). El coeficiente de variabilidad de 11,7%, indica que los datos obtenidos en el presente trabajo son confiables.

**Cuadro 14 Análisis de varianza para la acidez de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Centros de Acopio	5	185,52	26,50	7,07	<,0001 **
Época	1	18,67	18,67	4,98	0,0266 *
Módulo * Época	5	126,96	18,14	4,84	<,0001 **
Error	224	843,78	3,75		
<b>Total</b>	<b>235</b>	<b>1198,17</b>			

C.V. = 11,7%

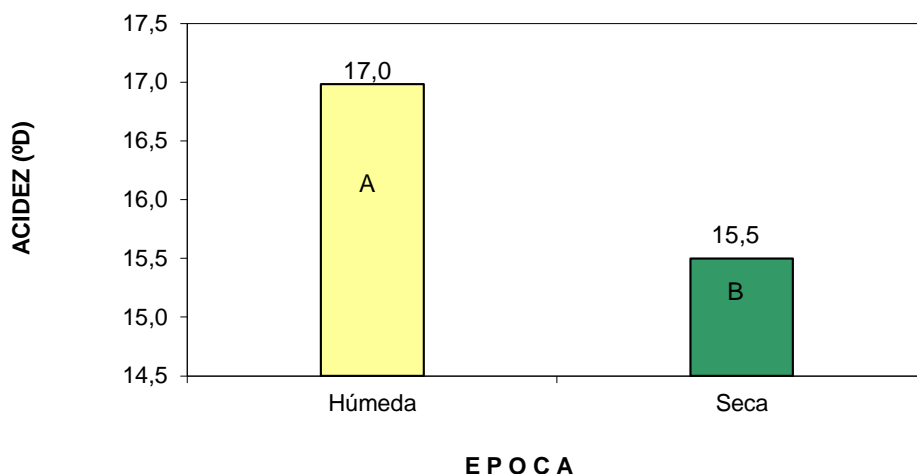
La época del año y los módulos por sus características del manejo de la leche cruda influyen en el grado de la acidez en la leche cruda. Por tanto, por las diferencias estadísticas obtenidas para módulos y épocas, se rechaza la hipótesis planteada para la acidez de la leche cruda bovina.



**Figura 4 Comparación de medias Duncan para la acidez de la leche cruda bovina por módulos, en el municipio de Achacachi**

La figura 4, muestra que la acidez de la leche cruda son superiores estadísticamente en los módulos Taramaya y Chijipina Grande, con 17,8; 17,4°D y similares a la acidez de la leche de los módulos Arasaya y Tipampa con 17,0 y 16,9°D; seguidos por Chawira Pampa y Quena Quetara con 16,3 y 16,2 °D respectivamente.

En las comunidades a las que pertenecen los módulos lecheros, muchas familias no aplican buenas prácticas de ordeño; evidenciando deficiente higiene de las vacas y de los utensilios, donde existe contaminación y en consecuencia mayor acidez de la leche cruda.



**Figura 5 Comparación de medias Duncan para la acidez de la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi**

En la figura 5, de comparación de medias de acidez de la leche por épocas en el municipio de Achacachi, se observa que la acidez de la leche cruda estadísticamente es superior durante la época húmeda con 17,0°D e inferior en la época seca con 15,5°D.

Las diferencias estadísticas en el grado de acidez de la leche obtenida en las épocas, se pueden atribuir a factores como la temperatura y humedad. Durante la época húmeda las temperaturas elevadas retardan el enfriamiento de la leche y dan lugar a que las bacterias consuman mayores cantidades de lactosa convirtiéndolas en ácido láctico y como resultado se obtiene leche cruda con mayor grado de acidez.

En la época de lluvias, la mayor humedad brinda un medio adecuado para la gran proliferación de los microorganismos en el medio ambiente, suelo, establos y/o intemperie, situación que determina la presencia de gérmenes en las ubres, pelos



y pezones de los animales, las mismas que contaminan la leche durante el proceso del ordeño y ocasionan a que la acidez de la leche sea mayor.

En las comunidades se ha observado prácticas de ordeño con deficiencia el manipuleo higiénico y lugares inadecuados principalmente en época húmeda con precipitaciones fluviales; en donde existe mayor contaminación y sube el grado de acidez de la leche cruda en la época húmeda con respecto a la época seca.

Durante la época seca, los bajos grados de acidez de la leche están determinados por las condiciones ambientales de menor humedad; sin embargo, aunque las prácticas del ordeño y el manipuleo sean deficientes en higiene.

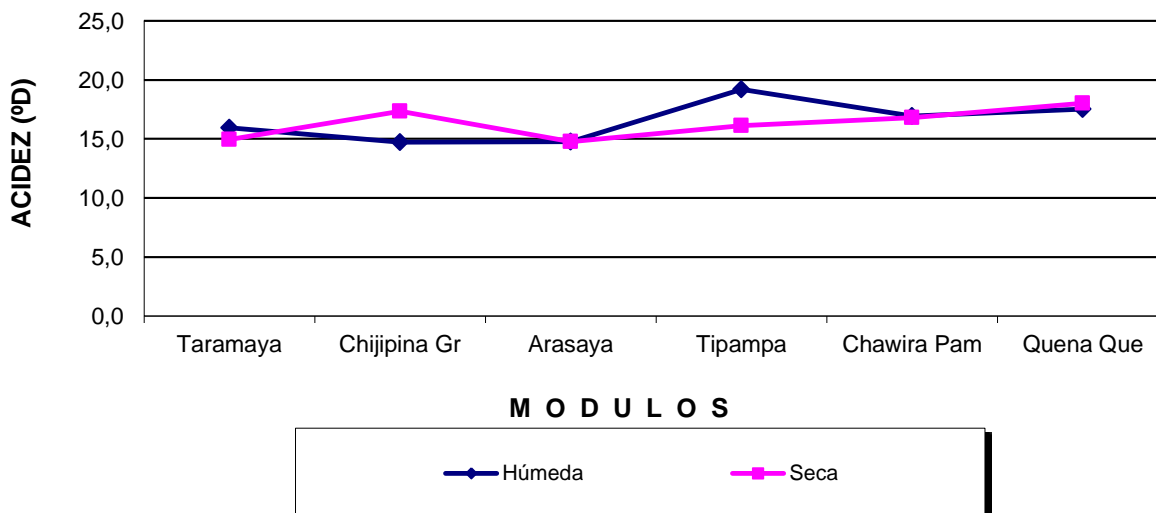
Los resultados de acidez de la leche cruda para ambas épocas en el presente trabajo están dentro de los rangos establecidos por la norma Boliviana (IBNORCA) que está en los rangos de 0,14 a 0,18% o 14 a 18°D. También son similares a los obtenidos por PDLA *et al.*, (2002) de 15,7 a 17,0°D de acidez de la leche.

Las diferencias estadísticas de la interacción de épocas por módulos (Cuadro 13), fue analizado por estudio de efectos simples (Cuadro 15).

**Cuadro 15 ANVA de efectos simples de la acidez de la leche cruda bovina entre módulos por épocas en el municipio de Achacachi**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Taramaya	1	10,40	10,40	3,45	0,07 NS
Chijipina Grande	1	30,10	30,10	30,10	<,00 **
Arasaya	1	0,00	0,00	0,00	0,99 NS
Tipampa	1	63,53	63,53	9,72	0,00 **
Chawira Pampa	1	0,19	0,19	0,04	0,84 NS
Quena Quetara	1	1,29	1,29	0,70	0,41 NS
Modulo (Húmeda)	5	181,01	25,86	7,48	<,00 **
Modulo (Seca)	5	119,37	17,05	4,22	0,00 **
Error	224	843,7	3,75		

El cuadro 15 de análisis de efectos simples para la acidez de la leche, muestra diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.00$ ) para los módulos Chijipina Grande, Tipampa y las dos épocas.



**Figura 6 Interacción de módulos por épocas del grado de acidez de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi**

En la figura 6, se observa que los resultados del grado de acidez de la leche cruda estadísticamente son superiores en la época húmeda en los módulos Tipampa y Taramaya con 17,2 y 15,8°D e inferior en la época seca con 16,3 y 15,2°D respectivamente; mientras que en el módulo Chijipina Grande, la acidez fue superior en la época seca con 17,8°D e inferior en la época húmeda con 14,7°D. El grado de acidez de la leche en los otros módulos es similar.

El mayor grado de acidez de la leche cruda bovina en los módulos Tipampa y en la época húmeda se puede atribuir a la falta de refrigeración de la leche inmediatamente terminada el ordeño, a la contaminación por deficiente higiene en el ordeño, a la contaminación de las manos del ordeñador con barro y estiércol en la sujeción del ternero durante la estimulación de la bajada de leche por succión en la vaca que luego realiza el ordeño sin lavarse las manos.

Durante el trabajo se ha observado que las familias no realizan apropiadamente la limpieza e higiene de los utensilios (jarras, baldes, tachos, filtros); el agua que utilizan para el lavado de los utensilios se proveen de pozos no higienizados que también contaminan con microorganismos a la leche ordeñada.

Se ha podido evidenciar que las familias adicionan agua para aumentar el volumen de la leche y así obtener mayores ingresos económicos por la venta de leche cruda; esta práctica da lugar a disminución de la acidez de la leche y bajos sólidos no grasos, dependiendo tipo de agua que utilizan para alterar (agua crudo y/o hervido).

En todos los módulos los resultados promedio de la acidez de la leche cruda también están dentro los rangos establecidos por IBNORCA de 0,14 a 0,18 % o 14,0 a 18,0 °Dy son similares a los resultados reportados por PDLA *et al.*, (2002) de 15,7 a 17,0 °D de acidez de la leche.

### 5.1.2. Densidad de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el Municipio de Achacachi

**Cuadro 16 Análisis de varianza para la densidad de la leche cruda bovina en el Municipio de Achacachi**

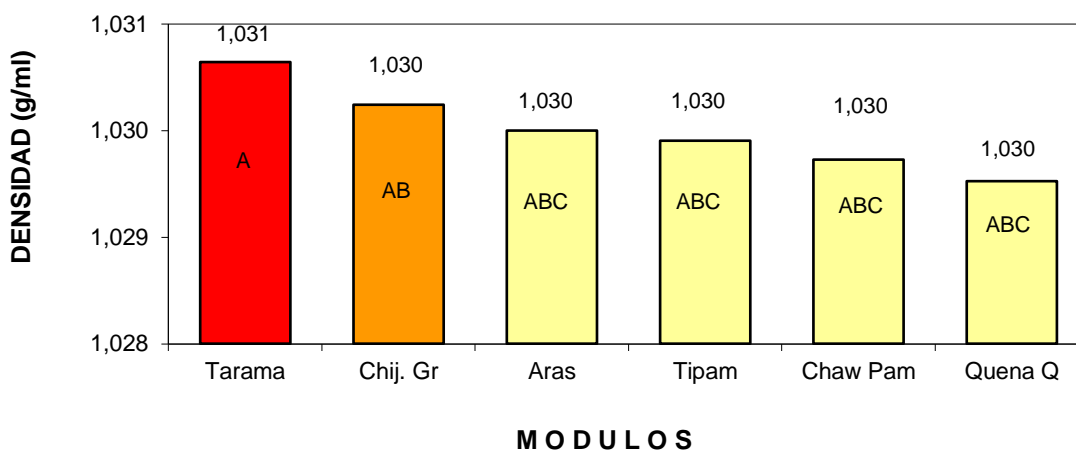
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Modulo	5	6,5E-05	9,2E-06	2,60	0,01 *
Época	1	5,6E-05	5,6E-05	15,81	<,001 **
Modulo*Época	5	1,1E-04	1,5E-05	4,26	0,002 **
Error	224	8,0E-04	3,6E-06		
Total	235	1,0E-03			

C.V.= 0,18%

En el cuadro 16, de análisis de varianza para la densidad de la leche, se observan que los resultados presentan diferencias significativas ( $P \leq 0,01$ ) para el factor módulo y diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,001$ ) para el factor época y para

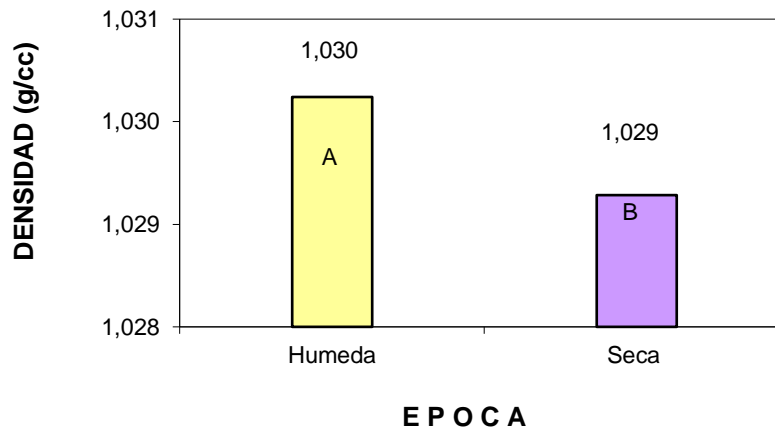
la interacción de módulos por épocas ( $P \leq 0,002$ ). La media general de la densidad de leche fue 1,030 g/ml, y el coeficiente de variación de 0,18% indica que los datos obtenidos en el presente trabajo son confiables.

Por las diferencias estadísticas encontradas en la densidad de la leche, se rechaza la hipótesis planteada para los factores épocas y módulos en el presente trabajo de investigación.



**Figura 7 Comparación de medias Duncan para la densidad de la leche cruda bovina por módulos en el Municipio de Achacachi**

Según la comparación de medias (figura 7), la densidad de la leche estadísticamente es superior en el módulo Traramaya, diferente en otros módulos. La densidad de leche de los módulos Chijipina Grande, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara; 1,031; 1,030; 1,030; 1,030, 1,030y 1,030 g/ml respectivamente.



**Figura 8 Comparación de medias para la densidad de leche cruda bovina por épocas en el Municipio de Achacachi**

La figura 8, muestra que los resultados promedio de la densidad de la leche son superiores con 1,030 g/ml durante la época húmeda e inferiores estadísticamente con 1,029 g/ml en la época seca.

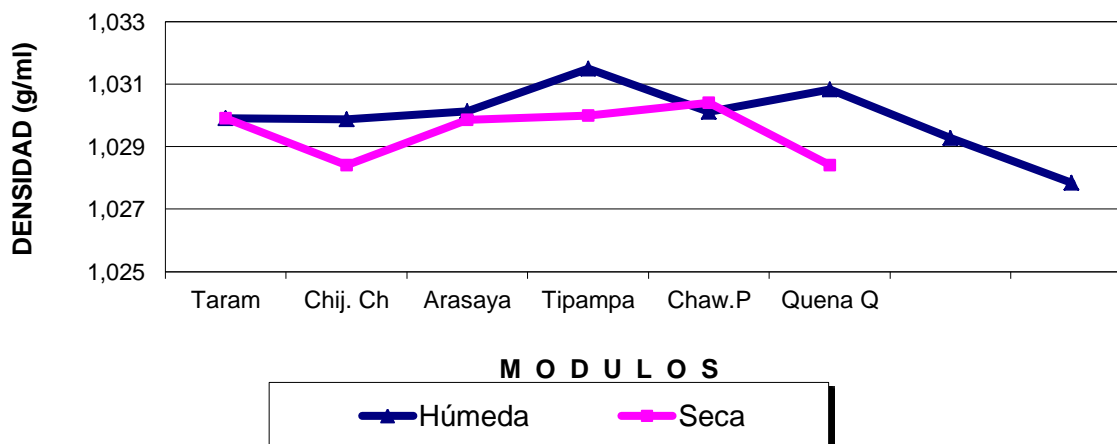
Las diferencias estadísticas obtenidas en los resultados de la densidad de leche en las diferentes épocas, se puede atribuir a la alimentación y a las etapas del período de lactancia. Durante la época húmeda (Febrero y Marzo) existe mayor disponibilidad de forraje verde de buen valor nutritivo; en contraste en la época seca (Octubre y Noviembre) los forrajes tienden a bajar la calidad nutricional que determina la menor densidad de la leche cruda.

Los resultados de la densidad de leche obtenidos en el presente trabajo, están dentro de los rangos establecidos por IBNORCA (1,028 a 1,034 g/ml) para ambas épocas y son similares a los obtenidos por Rojas, (2001) de 1,029 a 1,030 g/ml de densidad de leche evaluada en la provincia arima.

Los resultados que presentaron diferencias altamente significativas en la interacción módulo por épocas fueron analizados por estudio de efectos simples (Cuadro 17).

**Cuadro 17 ANVA de efectos simples de la interacción de módulos por épocas de la densidad de la leche cruda bovina en el Municipio de Achacachi**

FACTOR VARIABLES	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Epoca (Taramaya)	1	4,7E-33	4,7E-33	0,00	1,00NS
Época (ChijipinaGrande)	1	9,7E-06	9,7E-06	7,27	0,02 *
Epoca (Arasaya)	1	2,7E-07	2,7E-07	0,20	0,66NS
Epoca (Tipampa)	1	1,5E-05	1,5E-05	4,95	0,03 *
Epoca(Chawira Pampa)	1	6,8E-07	6,8E-07	0,47	0,50NS
Epoca (Quena Quetara)	1	3,2E-05	3,2E-05	13,44	0,00 **
Modulo (Húmeda)	5	7,3E-05	1,0E-05	2,59	0,02 *
Modulo (Seca)	5	9,2E-05	1,3E-05	4,30	0,00 **
Error	235	8,0E-04	3,6E-06		



**Figura 9 Interacción de módulos por épocas de la densidad en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi**

El análisis de efectos simples de la interacción de módulos por épocas (figura 9), muestra que los resultados de acidez de leche cruda estadísticamente son superiores en la época húmeda en los módulos Tipampa y Quena Quetara Taramaya, Arasaya, Chawira Pampa, con 1,032; 1,031 y 1,030, 1.030 g/ml

respectivamente e inferiores en la época seca con 1,028; 1,030; 1,028 y 1,028g/ml respectivamente. La densidad de leche es similar en los otros módulos.

Las diferencias se atribuyen a los factores: alimentación, periodo de lactancia, la raza del animal, a la contaminación y la adulteración de la leche con agua.

La disponibilidad y abundancia del forraje verde durante la época húmeda, por las precipitaciones pluviales, influye en la mayor densidad de leche cruda en la época húmeda con respecto a la época seca. En las comunidades las vacas en producción están en diferentes periodos de lactancia, y entre el segundo y el tercer mes de lactancia las vacas alcanzan la máxima producción de leche pero menor densidad, sin embargo al final de la lactancia la producción disminuye e incrementa la densidad de leche.

En todos los módulos los resultados en promedio de la densidad de leche en el presente trabajo de investigación, están dentro de los rangos establecidos por IBNORCA de 1,028 a 1,034 g/ml y son similares a los resultados reportados por Rojas (2001) de 1,029 a 1,030 g/ml de densidad de la leche en la evaluación de la calidad de la leche en la provincia Aroma.

### 5.1.3. Contenido de grasa en la leche cruda bovina por épocas y módulos en el Municipio de Achacachi

**Cuadro 19 Análisis de varianza para el contenido de grasa en la leche**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Modulo	5	5,79	0,83	2,75	0,009 **
Época	1	0,39	0,39	1,30	0,260 NS
Modulo* Época	5	10,78	1,54	5,12	<,001 **
Error	225	67,69	0,30		
Total	236	83,57			

C.V. = 16,1%

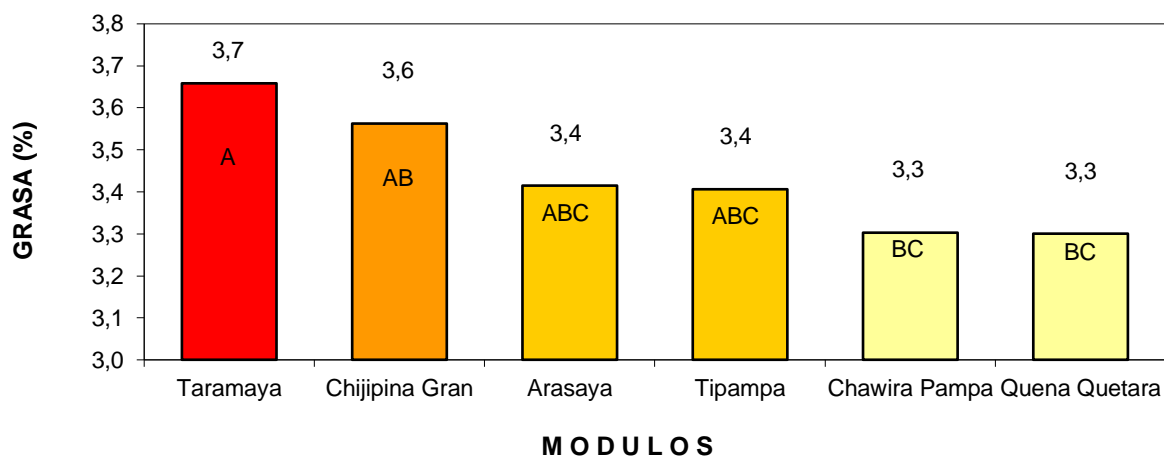
El análisis de varianza para el contenido de grasa en la leche (cuadro 19), muestra diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) para el factor módulos y para la interacción de módulo por época.

El coeficiente de variabilidad del 16.10% indica que los resultados obtenidos en el presente trabajo son confiables. La media general del contenido de grasa en la leche bovina fue 3,4%.

Por las diferencias estadísticas de los resultados obtenidas en el contenido de grasa en la leche del presente trabajo de investigación, se acepta la hipótesis para el factor módulos y se rechaza la hipótesis para el factor época.

En la figura 10, se observa que el contenido de grasa de la leche es superior en el módulo Taramaya con 3,7%, seguido por los módulos Chijipina grande , Tipampa, Arasaya con 3,6; 3,4 y 3,4% respectivamente, que a la vez son superiores a Chawira Pampa y Quena Quetara con 3,3; y 3,3% respectivamente.

**Figura10 Comparación de medias Duncan para el contenido de la grasa en la leche cruda bovina por módulos en el Municipio de Achacachi**

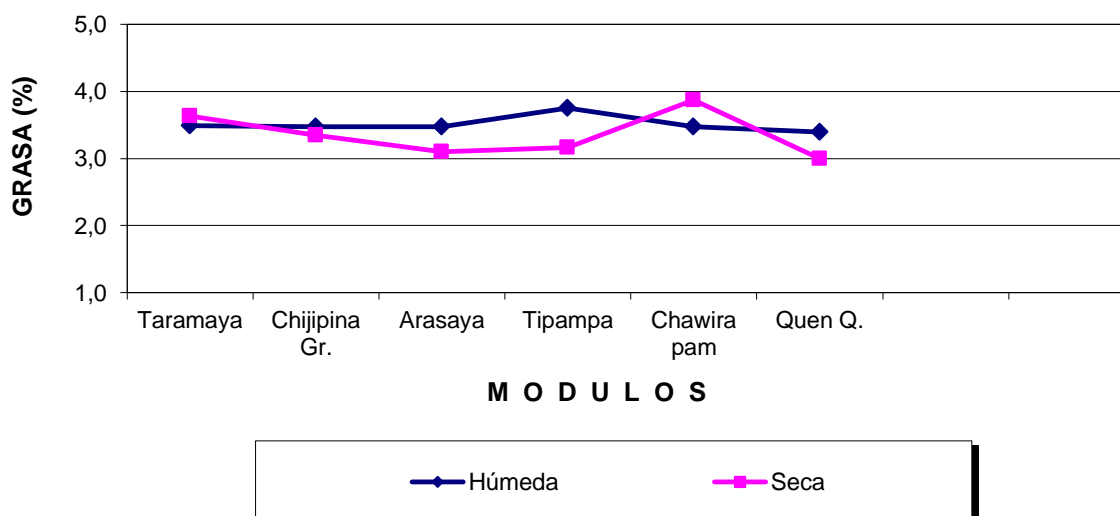




**Cuadro 20 ANVA de efectos simples de la interacción de módulos por épocas del contenido de la grasa en la leche en el municipio de Achacachi**

FACTOR VARIABLE	GL	SC	CM	FC	Pr > F
Época (Taramaya)	1	0,21	0,21	0,74	0,40 NS
Época (Chijipina Grande)	1	0,07	0,07	0,19	0,67 NS
Época (Arasaya)	1	0,52	0,52	2,08	0,17 NS
Época (Tipampa)	1	2,37	2,37	6,31	0,02 *
Epoca(Chawira Pampa)	1	1,28	1,28	5,56	0,02 *
Epoca (Quena Quetara)	1	0,84	0,84	3,60	0,07 NS
Modulo (Húmeda)	5	5,52	0,79	2,88	0,01 *
Modulo (Seca)	5	10,35	1,48	4,51	0,00 **
Error	235	67,69	0,30		

El cuadro 20, se muestra diferencias significativas en la época húmeda ( $P \leq 0,02$ ) del contenido de grasa en la leche para los módulos Tipampa y Chawira Pama, en la época húmeda y diferencias altamente significativas ( $P < 0,00$ ) para la época seca.



### **Figura 11 Interacción de módulos por épocas contenida de grasa en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi**

En la figura 11, se observa que en los módulos Chawira Pampa y Taramaya, el contenido graso es superior en la época seca con 3,9 y 3,6% respectivamente e inferior en la época húmeda con 3,4 y 3,0% respectivamente, ocurre lo contrario en los módulos Tipamap, Arasaya, Chijipina Grande y Quena Quetara en el que el contenido graso son superiores durante la época húmeda con 3,7 y 3,5% e inferior en la época seca con 3,2 y 3,1% respectivamente.

Las diferencias estadísticas observadas en los módulos y Quena Quetara se atribuyen al factor época, al periodo de lactancia, a la genética, a la alimentación; mientras que las diferencias en los módulos Taramaya, y Quena Quetara se pueden atribuir a la adulteración de la leche cuando algunos productores aumentan con agua a la leche que disminuye el contenido graso.

La alimentación es otro de los factores que influye en el contenido de la grasa; en el municipio durante la época húmeda por las precipitaciones pluviales, existe mayor disponibilidad de forraje verde, como la cebada, avena y alfalfa, estos alimentos contienen fibra digerible que determina mayor contenido graso en la leche, en cambio en la época seca se alimenta al ganado lechero con forrajes secos, fibrosos y de baja calidad. En la presente investigación durante la época seca (Octubre y Noviembre) las vacas consumen los brotes de alfalfa, que han influido en la disminución de la grasa en la leche cruda.

Las vacas en las comunidades del Municipio de Achacachi entre el segundo y tercer mes de lactancia, alcanzan la máxima producción de leche con el menor contenido graso; y en los últimos meses de lactancia el volumen de producción de leche disminuye y contiene mayor tenor graso.

El intervalo entre ordeño también influyen en el contenido de grasa de la leche; es así en las comunidades, los productores por falta de disponibilidad de tiempo en ocasiones varían el horario del ordeño lo que determina la variación del contenido graso. Por otro parte el ordeño realizan con ternero al lado de la vaca, ordeñando

la primera parte que es bajo en grasa y la última parte rico en grasa le asignan para que lacte el ternero.

Los resultados promedio del contenido graso de la leche para los módulos en el presente trabajo están dentro de los rangos establecidos por IBNORCA. La norma boliviana establece que el contenido de grasa en la leche cruda debe ser mínimo 2,6% y son similares a los reportados por PDLA, *et al.* (2002), en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia murillo, de 3,1% en promedio y entre el rango de 1,8 a 6,0%.

#### 5.1.4. Proteína de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi

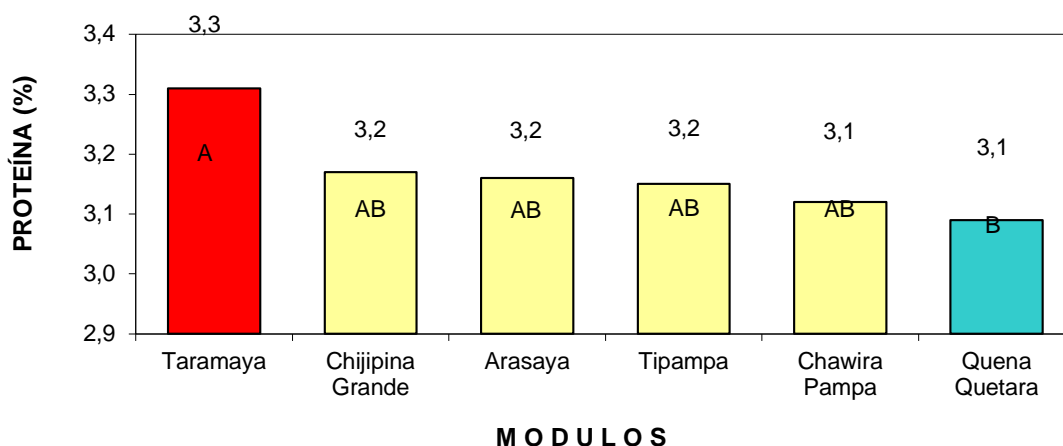
**Cuadro 21** Análisis de varianza para la proteína de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr> F
Modulo	5	2,10	0,30	2,44	0,02 *
Época	1	1,94	1,94	15,70	<,00 **
Modulo * Época	5	2,99	0,43	3,46	0,00 **
Error	224	27,76	0,12		
Total	235	35,07			

C.V. = 11,2%

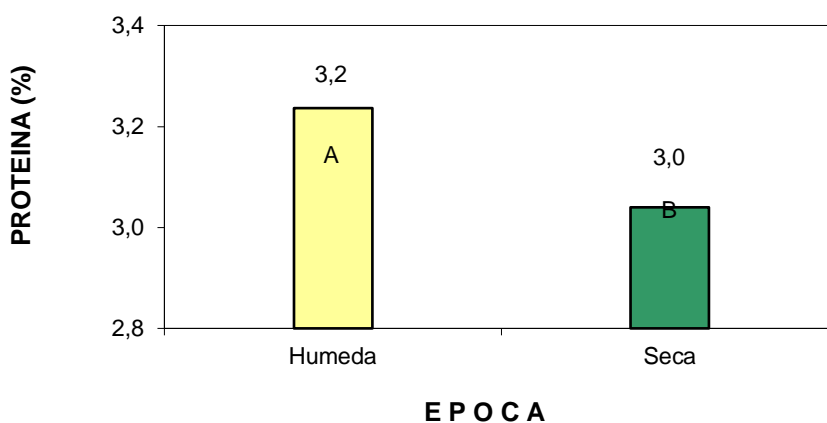
El cuadro 21, de análisis de varianza para la proteína de la leche, muestra diferencias significativas ( $P \leq 0,02$ ) para el factor módulo y diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,00$ ) para el factor épocas y la interacción de módulos por épocas. La media general de la proteína fue 3,1%, con un coeficiente de variación de 11,2% que indica que los datos obtenidos son confiables.

Por las diferencias estadísticas obtenidas en el presente trabajo de investigación se rechaza la hipótesis planteada para la proteína de la leche, ya que la época del año y los módulos influyen en el contenido de la proteína en la leche en el municipio de Achacachi.



**Figura12 Comparación de medias Duncan para la proteína en la leche cruda bovina por módulos en el Municipio de Achacachi**

En la figura 12, se observan que el contenido graso es superior en el módulo Taramaya con 3,3% seguido por los módulos Chijipina, Arasaya, Tipampa y Chawira Pampa con 3,2; 3,2; 3,2 y 3,1% respectivamente, que a su vez son similares entre ellos. El contenido de la proteína de la leche de los módulos Chawira Pampa y Quena Quetara con 3,1; 3,1 y 3,0% respectivamente es similar entre ellos e inferior a los demás módulos.



**Figura 13 Comparación de medias Duncan para la proteína en la leche cruda bovina por épocas en el Municipio de Achacachi**

En la figura 13, de comparación de medias de proteína de la leche por épocas, el contenido de proteína es superior en la época húmeda con 3,2% e inferior en la época seca con 3,0 por ciento.

Las diferencias encontradas en el contenido de proteína de la leche entre épocas, se atribuyen a la genética, raza, alimentación, etapa de lactancia y adulteración de la leche con agua.

En las comunidades el mayor contenido de proteína en la leche durante la época húmeda se asocia a la producción de forraje verde de calidad, como la alfalfa, avena, cebada y pastos naturales; mientras que en la época seca, la disminución del contenido de la proteína está determinada por la baja calidad de alimentos y escasez principalmente en los meses de octubre y noviembre.

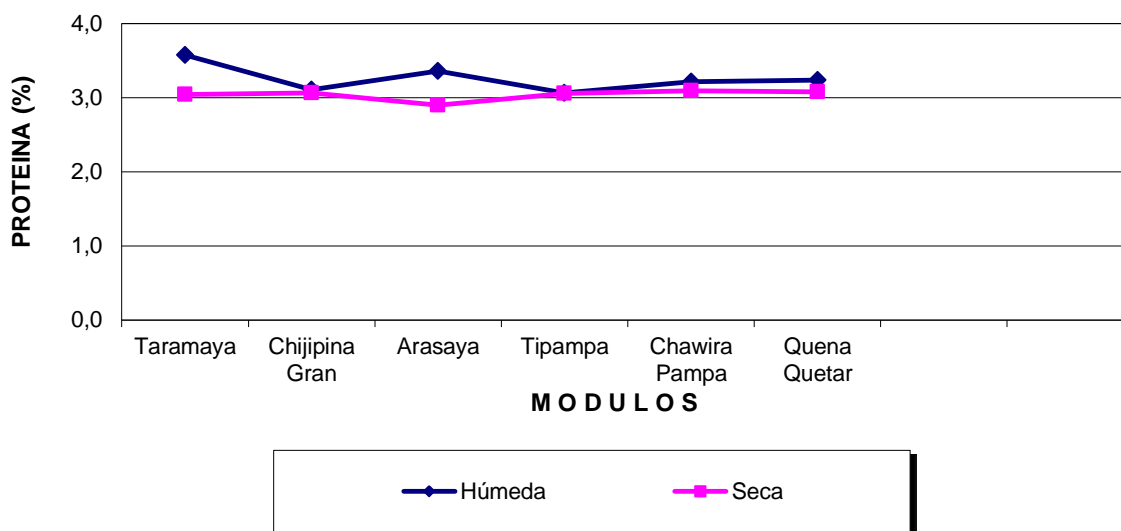
Los resultados del contenido de la proteína en la leche en el presente trabajo, está dentro del contenido mínimo de la proteína establecido por IBNORCA para ambas épocas. La norma boliviana establece el contenido mínimo de proteína en la leche cruda fresca exige 2,6 por ciento.

Las diferencias estadísticas de la interacción de épocas por módulos (Cuadro 21), fue analizado por estudio de efectos simples (Cuadro 22).

El cuadro 22, de análisis para efectos simples del contenido de proteína de la leche, muestra diferencias significativas ( $P \leq 0,00$ ) para el módulo Taramaya y diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,01$ ) para los módulos Tipampa, Chawira pampa, para la época húmeda.

**Cuadro 22 ANVA de efectos simples del contenido de proteína en la leche cruda bovina entre módulos por épocas en el Municipio de Achacachi**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F V	Pr > F
Época (Taramaya)	1	2,93	2,93	29,85	<,00 **
Época (ChijipinaGrande)	1	0,01	0,01	0,06	0,80 NS
Época (Arasaya)	1	0,80	0,80	9,45	0,01 *
Época (Tipampa)	1	0,00	0,00	0,00	0,98 NS
Epoca(Chawira Pampa)	1	0,12	0,12	1,33	0,26 NS
Epoca (Quena Quetara)	1	0,14	0,14	1,80	0,20 NS
Modulo (Húmeda)	5	4,59	0,66	3,25	0,00 **
Modulo (Seca)	5	0,40	0,06	1,30	0,26 NS
Error	224	27,76	0,12		



**Figura 14 Interacción de módulos por épocas de la proteína en la leche cruda bovina en el Municipio de Achacachi**

En la figura 14, se observa que los resultados del contenido de proteína de la leche cruda, estadísticamente son superiores en la época húmeda en los módulos Taramaya y Arasaya con 3,6; 3,4 y 3,3% respectivamente e inferiores en la época seca en los módulos, Arasaya, Cahwira pampa y Quetara Quetara con 3,0; 2,9 y 2,9% respectivamente.

Las diferencias estadísticas en los módulos, Arasaya durante las épocas se atribuyen a la genética, alimentación, raza, época del año, sanidad de la ubre, estacionalidad climática, etapa de lactancia y adulteraciones de la leche con agua. La alimentación es la principal fuente de variación en la composición química de la leche, en los cuales varía la disponibilidad de forraje durante las épocas del año, con mayor disponibilidad en cantidad y calidad durante la época húmeda y viceversa en la época seca. Los forrajes verdes incrementan la producción de leche y los porcentajes de proteína y lactosa (Such y Peris, 1996).

La genética es otro factor importante que influye en la composición y producción de leche, es así en el municipio de Achacachi varia la composición del hato lechero de diferentes razas como Holstein, Pardo Suizo, tipo criolla y mestiza.

En las comunidades del municipio de Achacachi, se observó vacas en producción que están en diferentes etapas de lactancia, por lo que el contenido de proteína durante la 2<sup>o</sup> y 3<sup>o</sup> mes de lactancia son mínimas y va aumentando gradualmente al final de lactancia. Esta situación varía el contenido de la proteína en la leche en los módulos durante las épocas. Sin duda cabe destacar la adulteración de la leche con agua de algunos productores en los módulos, antes de la entrega de la leche a los centros de acopio disminuye el contenido de proteína.

Los resultados del contenido de la proteína en la leche para los módulos esta dentro de la norma establecido por IBNORCA de 3,0% y son similares a los resultados obtenidos por PDLA, *et al.* (2002), con 3,2% en promedio, con un rango de 2,8 a 5,5% del contenido de proteína, en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo

### 5.1.5. Lactosa de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el Municipio de Achacachi

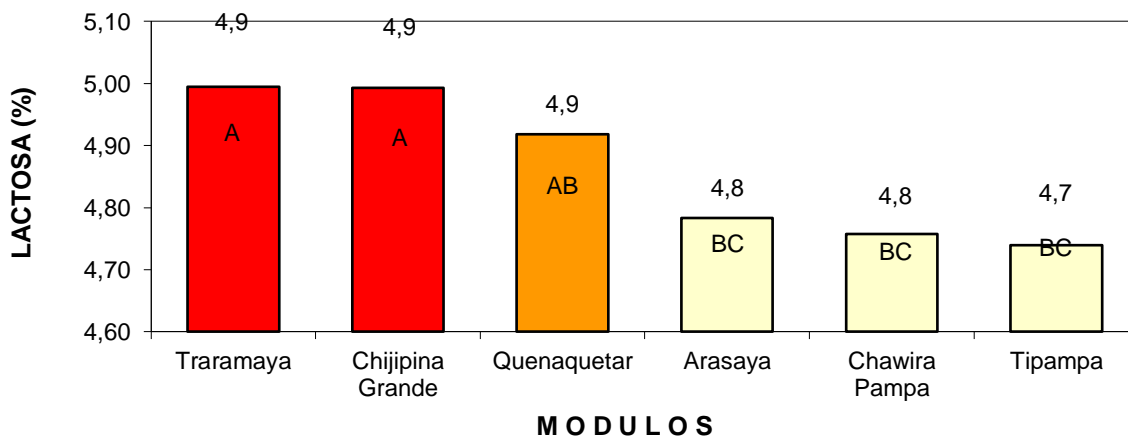
**Cuadro 23** Análisis de varianza para la lactosa de la leche en el Municipio de Achacachi

FV	DF	SC	CM	Fc	Pr > F
Modulo	5	2,69	0,38	3,20	0,003 **
Época	1	0,02	0,02	0,14	0,705NS
Modulo*Época	5	2,51	0,36	2,99	0,005 **
Error	224	26,98	0,12		
Total	235	32,29			

C.V. = 7,2%

El cuadro 23, de análisis de varianza para la lactosa de la leche, muestra diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,003$ ) para el factor módulo y la interacción módulos por épocas. La media general del contenido de lactosa fue 4,8 %, con un coeficiente de variación de 7,2%, indica que los datos obtenidos en el presente trabajo son confiables.

Por las diferencias estadísticas obtenidas en la presente investigación se rechaza la hipótesis planteada para módulos y se acepta para el factor épocas en el contenido de lactosa en la leche.



**Figura 15** Comparación de medias Duncan para lactosa en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi



En la figura 15, de comparación de medias Duncan para el contenido de lactosa de la leche por módulos en el municipio de Achacachi, estadísticamente son superiores en los módulos Taramaya y Chijipina Grande, con 4,9 y 4,9% respectivamente, seguido por Quena Quetara con 4,9% que es similar a los primeros luego le sigue los módulos, Arasaya, Chawira y Tipampa Pampa con 4,8 y 4,7% respectivamente.

Los resultados promedio del contenido de lactosa de la leche en el presente trabajo son superiores al valor establecido por IBNORCA para ambas épocas evaluadas. La norma boliviana establece que el contenido de lactosa de la leche cruda debe estar por encima de 4,5 por ciento.

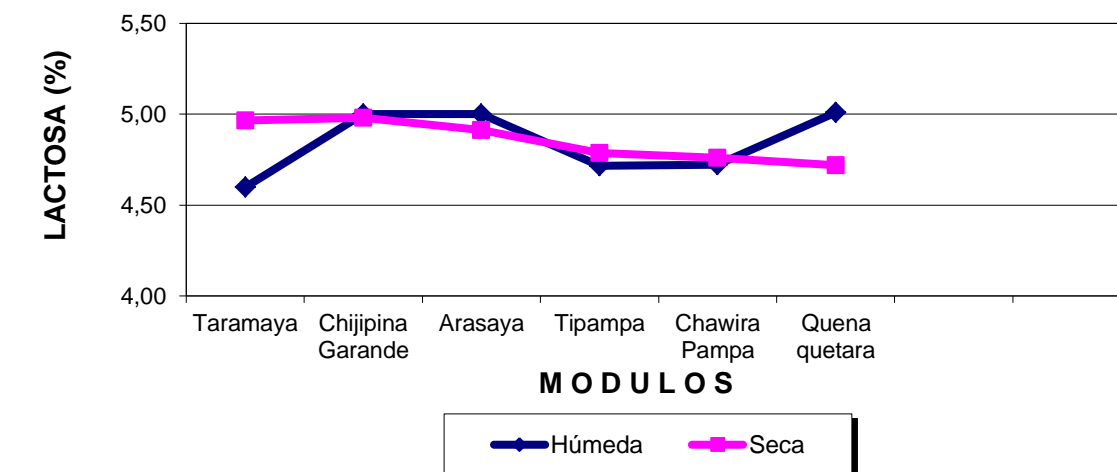
Las diferencias estadísticas de la interacción de épocas por módulos (Cuadro 23), fue analizado por estudio de efectos simples (Cuadro 22).

**Cuadro 24 ANVA de efectos simples del contenido de lactosa de la leche cruda bovina entre módulos por épocas en el Municipio de Achacachi**

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	CM	SC	F Value	Pr> F
Época (Taramaya)	1	1,41	1,41	13,42	0,00 **
Época (ChijipinaGrande)	1	0,01	0,01	0,06	0,81NS
Época (Arasaya)	1	0,08	0,08	0,39	0,54 NS
Época (Tipampa)	1	0,03	0,03	0,27	0,61NS
Epoca(Chawira Pampa)	1	0,01	0,01	0,08	0,78 NS
Epoca (Quena Quetara)	1	0,72	0,72	27,04	<,00 **
Modulo(Húmeda)	5	3,34	0,48	4,44	0,00 **
Modulo(Seca)	5	1,95	0,28	2,10	0,05 NS
Error	224	26,98	0,12		

Elaboración propia

El cuadro 24, de análisis para efectos simples del contenido de lactosa de la leche, muestra diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,00$ ) para los módulos Taramaya y Quena Quetara y para la época húmeda.



**Figura 16 Interacción de módulos por épocas de la lactosa en la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi**

La figura 16, muestra que el contenido de lactosa de la leche en el módulo Taramaya es superior en la época seca con 4,9% e inferior en la época húmeda con 4,6%; mientras que en el módulo Quena quetara el contenido de lactosa fue superior en la época húmeda con 5,0% e inferior en la época seca con 4,7%. El contenido de lactosa de la leche en los otros módulos es similar.

Las diferencias estadísticas del módulo Taramaya y Quena Quetara, se puede atribuir al consumo de forraje en cuanto a cantidad y calidad disponible en la época húmeda y seca siendo mejores en el primero. En el caso del módulo Taramaya el menor contenido de lactosa en la época húmeda probablemente se deba a la contaminación de la leche durante el proceso del ordeño, es así los microorganismos consumen la lactosa y disminuye el contenido de lactosa en la leche.

Se debe destacar en los módulos que presentan diferencias, se asume que no realizan de forma regular la práctica de la rutina del ordeno; sin embargo de los módulos que no hubo diferencias, realizan la práctica de ordeño en forma regular y similar, pero no significa que la leche no es contaminada más al contrario, tiende a contaminar de forma constante, realizando la entrega de la leche bajo en el contenido de lactosa.

Los resultados promedio del contenido de lactosa de la leche en el presente trabajo de investigación son superiores a los valores establecidos por IBNORCA de 4,5% y son similares a los obtenidos por PDLA *et al.*, (2002), en promedio de 4,6%, con un rango de 3,1 a 4,9% de lactosa en la leche en los 15 módulos evaluados.

#### 5.1.6. Sólidos Totales de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el Municipio de Achacachi

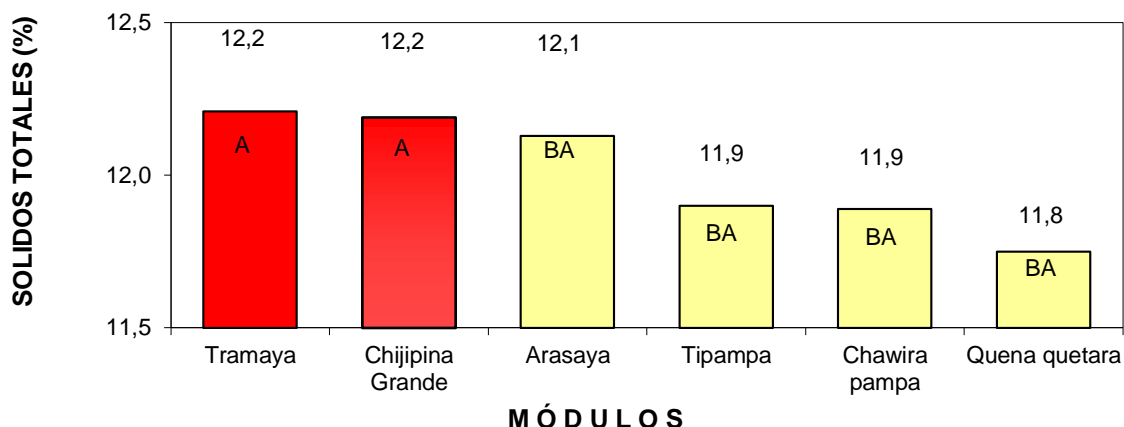
**Cuadro 25 Análisis de varianza para sólidos totales de la leche cruda bovina en el Municipio de Achacachi**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Modulo	5	14,17	2,02	2,37	0,0235 *
Época	1	8,94	8,94	10,46	0,0014 **
Modulo*Época	5	30,64	4,38	5,12	<,0001 **
Error	224	192,24	0,85		
Total	235	239,76			

C.V. = 7,8 %

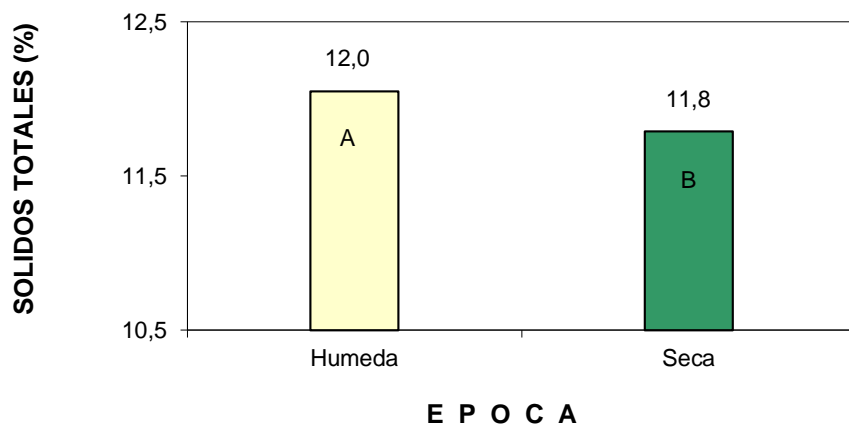
El análisis de varianza para sólidos totales en la leche (cuadro 25), muestra estadísticamente diferencias significativas ( $P \leq 0,0235$ ) para el factor módulo y diferencias altamente significativas ( $P \leq 0,014$ ) para el factor época y la interacción módulo por época. La media general de sólidos totales fue 11,9%, con un coeficiente de variación de 7,8%, que indica que los datos obtenidos en el presente trabajo son confiables.

Por las diferencias estadísticas obtenidas en el presente trabajo de investigación se rechaza la hipótesis planteada para sólidos totales de la leche para ambas factores, ya que la época del año y los módulos influyen en el contenido de sólidos totales en la leche en el Municipio de Achacachi.



**Figura 17 Comparación de medias Duncan para sólidos totales de la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi**

En la figura 17, de comparación de medias de sólidos totales de la leche por módulos en el municipio de Achacachi, los módulos Taramaya, Chijipina grande con 12, 2 y 12,2% respectivamente son superiores a todos los módulos, seguido por los módulos Arasaya, Tipampa, Chawira pampa, 12,1; 11,9; 11,9 respectivamente y el módulo Quena quetara con 11,8% de sólidos totales es inferior a todos los módulos.



### **Figura 18 Comparación de medias Duncan para sólidos totales de la leche cruda bovina por épocas en el Municipio de Achacachi**

En la figura 18, de comparación de medias Duncan para el contenido de sólidos totales de la leche es superior en la época húmeda con 12,0% e inferior en la época seca con 11,8%.

Las diferencias en el contenido de sólidos totales de la leche obtenidos en las épocas, se pueden atribuyen a los factores; genética, raza, alimentación y etapa de lactancia. En las comunidades del municipio de Achacachi, durante la época húmeda existen forrajes de buena calidad nutricional, como la alfalfa, avena, cebada y pastos naturales, que influyen para que el contenido de sólidos totales de la leche sea superior.

Durante la época seca, la disminución de sólidos totales de la leche están determinadas por la poca disponibilidad de forrajes y de baja calidad, además cabe destacar que la evaluación fue realizada cuando presenta la escasez de forraje y el brote de forraje perennes, esto hace que tenga bajos sólidos, principalmente la grasa y proteína.

El estado de las vacas que están en diferentes etapas del periodo de lactancia y las razas (Holstein, Pardo Suizo, criolla y Mestizos) influyen en el contenido de sólidos totales y de la misma forma la adulteración de la leche con agua practicada por algunos productores disminuyen el contenido de sólidos totales.

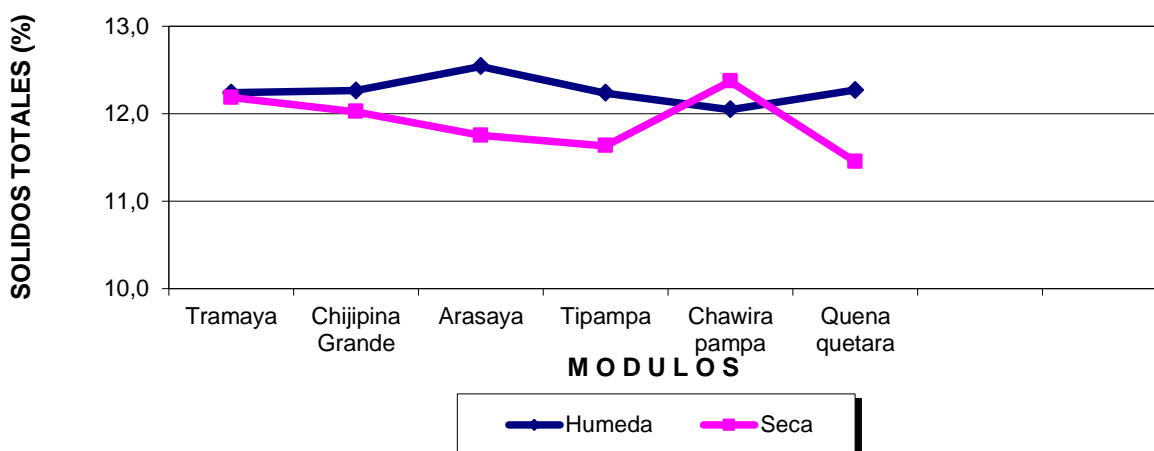
Los resultados de sólidos totales de la leche para épocas, son superiores a los valores establecidos por IBNORCA de 10,8% mínimo y son similares a los obtenidos por PDLAet al., (2002) de 11,1% en promedio, con un rango de 9,3 a 16,2% en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo.

Las diferencias estadísticas de la interacción de épocas por módulos (Cuadro 25), fue analizado por estudio de efectos simples.

**Cuadro 25 ANVA de efectos simples de sólidos totales de la leche cruda bovina entre módulos por épocas en el municipio de Achacachi**

FUENTES DE VARIACIÓN	DF	SM	CM	F V	Pr > F
Época (Taramaya)	1	0,03	0,03	0,05	0,82 NS
Época (ChijipinaGrande)	1	0,26	0,26	0,54	0,47 NS
Época (Arasaya)	1	10,72	10,72	5,13	0,04 *
Época (Tipampa)	1	2,49	2,49	2,33	0,14 NS
Epoca(Chawira Pampa)	1	0,85	0,85	1,62	0,21 NS
Epoca (Quena Quetara)	1	3,64	3,64	10,29	0,00 **
Modulo(Húmeda)	5	19,34	2,76	3,85	0,00 **
Modulo(Seca)	5	24,07	3,44	3,47	0,00 **
Error	224	192,24	0,85		

El cuadro 25, de análisis para efectos simples del contenido de sólidos totales de la leche, muestra diferencias significativas ( $P \leq 0,04$ ) para los módulo Arasaya, en épocas y altamente significativa ( $P \leq 0,00$ ) para los módulos Quena quetara y en las épocas.



**Figura19 Interacción de módulos por épocas de sólidos totales en la leche cruda bovina en el Municipio de Achacachi**

En la figura 19, los resultados durante la época húmeda son superiores para el contenido de sólidos totales en la leche en los módulos Arasaya, Quena quetara con 12,5; 12,3% respectivamente e inferiores en las épocas seca con 11,8; 11,4 y 11,2% respectivamente; mientras que en el módulo Chawira pampa ocurre lo contrario, siendo superior en la época seca con 12,3% e inferior en la época húmeda con 12% de sólidos totales.

Las diferencias estadísticas observadas en los módulos Arasaya y Quena quetara, obedecen al clima y a la cantidad y calidad de los alimentos. Las diferencias de sólidos totales en el módulo Arasaya se pueden atribuir al nivel de producción de las vacas; es decir durante la época húmeda las vacas en este módulo se caracterizan por ser altamente productoras por las mejores condiciones que se brinda a estas animales siendo el mayor volumen de leche disminuye los sólidos totales.

Los sólidos totales de la leche, son influenciados por la genética del animal, es así en las comunidades se observó hatos de ganado lechero de distintas razas como Holstein, Pardo Suizo, tipo Criolla y Mestizos, las cuales tienen la variación en el volumen de leche producido y la cantidad de sólidos totales que contiene en la leche.

Resultados de sólidos totales de la leche en el presente trabajo de investigación por módulos, son similares a los obtenidos por PDLA *et al.*, (2002) de 11,1% en promedio, con un rango de 9,3 a 16,2% en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo, en 15 módulos evaluados.

## **5.2. Evaluación de la calidad microbiológica de la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi**

Los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad microbiológica de la leche en el municipio de Achacachi durante las épocas seca y húmeda se muestran en el cuadro (25 y 26).

**Cuadro 26 Calidad microbiológica de la leche cruda bovina por épocas en el Municipio de Achacachi**

VARIABLES	ÉPOCA SECA	ÉPOCA HÚMEDA
	Promedio	Promedio
RCS (cel/ml)	$3,6 \times 10^4$	$5,0 \times 10^4$
RBM (ufc/ml)	$1,1 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$
RBC (ufc/ml)	$1,2 \times 10^4$	$1,6 \times 10^4$

RCS=Recuento de Células Somáticas; RBM= Recuento de Bacterias Mesófilas; RBC = Recuento de Bacterias Coliformes

La evaluación de la calidad microbiológica de la leche por épocas en el municipio de Achacachi (cuadro 26), presenta resultados numéricos relativamente superiores en la época húmeda en las variables RCS, RBM y RBC, con promedios de  $5,0 \times 10^4$  ufc/ml,  $1,3 \times 10^5$  ufc/ml y  $1,6 \times 10^4$  ufc/ml respectivamente, con respecto a la época seca que presentaron  $3,6 \times 10^4$  cel/ml de RCS,  $1,1 \times 10^5$  ufc/ml de RBM y  $1,2 \times 10^4$  ufc/ml de RBC.

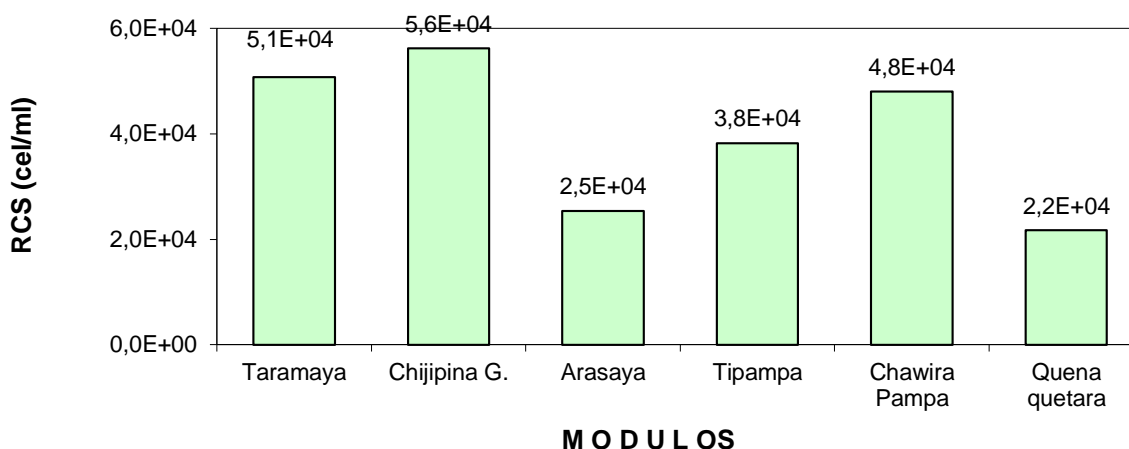
**Cuadro 27 Calidad microbiológica de la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi**

MODULOS	VARIABLES		
	RCS(cel/ml)	RBM(ufc/ml)	RBC(ufc/ml)
	$\bar{X}$	$\bar{X}$	$\bar{X}$
Taramaya	$5,1 \times 10^4$	$5,8 \times 10^4$	$9,0 \times 10^3$
ChijipinaGrande	$5,8 \times 10^4$	$2,7 \times 10^4$	$5,1 \times 10^3$
Arasaya	$2,7 \times 10^4$	$4,0 \times 10^4$	$3,6 \times 10^3$
Tipampa	$3,6 \times 10^4$	$4,5 \times 10^5$	$3,5 \times 10^4$
Chawira Pampa	$5,1 \times 10^4$	$1,2 \times 10^5$	$2,8 \times 10^4$
Quena Quetara	$2,2 \times 10^4$	$8,2 \times 10^4$	$9,3 \times 10^3$
<b>Total</b>	<b><math>4,2 \times 10^4</math></b>	<b><math>1,1 \times 10^5</math></b>	<b><math>1,4 \times 10^4</math></b>



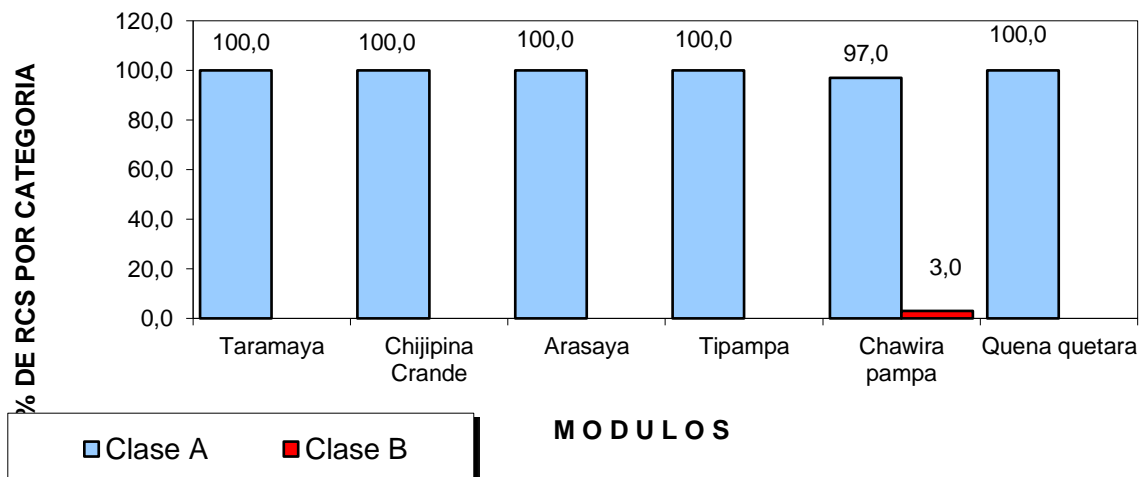
Los resultados obtenidos en el presente trabajo sobre la calidad microbiológica de la leche por módulos en el municipio de Achacachi (cuadro 27), muestran un promedio anual de las variables RCS, RBM y RBC con  $4,2 \times 10^4$  cel/ml,  $1,1 \times 10^5$  ufc/ml y  $1,4 \times 10^4$  ufc/ml respectivamente, datos que están dentro de la norma establecida por IBNORCA, excepto para el recuento de bacterias coliformes que según la norma internacional solo se acepta  $< 1,0 \times 10^3$  ufc/ml.

### 5.2.1. Recuento de células somáticas (RCS) en la leche cruda bovina por módulos en el Municipio de Achacachi



**Figura 20 RCS (cel/ml) en la leche cruda bovina en los módulos del municipio de Achacachi**

En la figura 20, del recuento de células somáticas de la leche, se muestra que los valores están muy por debajo de los estándares de IBNORCA. Los resultados encontrados en la presente investigación en los módulos son similares a datos reportados por PDLA *et al.*, (2003) de  $1,9 \times 10^4$  a  $5,0 \times 10^5$  cel/ml en 15 módulos del diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia murillo.

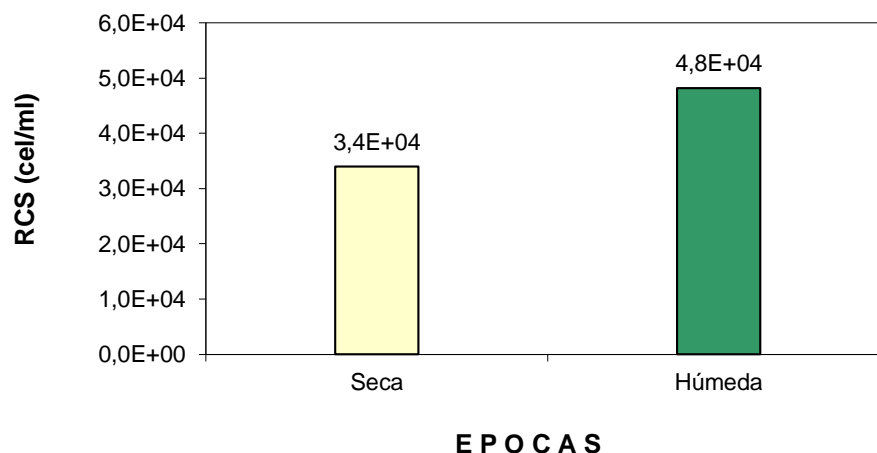


**Figura 21 Relación porcentual según categorías para el RCS en la leche en los módulos del municipio de Achacachi**

En la figura 21, el porcentaje según categorías de recuento células somáticas de la leche en los módulos, se muestra que en todo los módulos la leche corresponde a la clase A en un 100%, excepto en el módulo Chawira pampa, donde el 97,0% son de clase A y el 3% de clase B.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, se atribuye en la toma de la muestra que se realizó por tachos y no por vacas, que implica la mezcla de la leche de varias vacas en producción, que encubre la existencia de vacas con mastitis. Cabe destacar que se observaron vacas con mastitis subclínica, en un cuarto y/o dos cuartos y no así en todos los cuartos que da efecto en una proporción de recuento de células somáticas no superiores a  $5,0 \times 10^5$  cel/ml en el Municipio de Achacachi.

Por otro lado, los resultados en el módulo Chawira pampa el 3% es de clase B, indica la presencia de mastitis, debido a la mayor presencia de células somáticas en la leche, siendo superiores a 500000 cel/ml de acuerdo a IBNORCA.

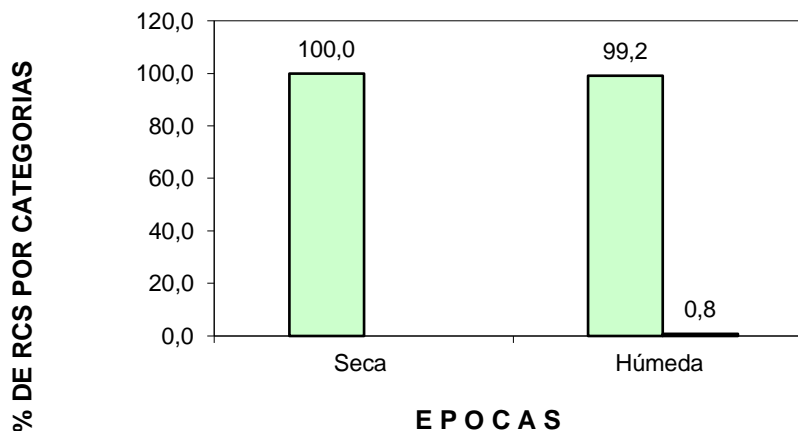


**Figura 22 RCS en la leche cruda bovina por épocas en el Municipio de Achacachi**

En la figura 22, de recuento de células somáticas de la leche por épocas en el Municipio de Achacachi, se observa que en la época seca existe menor presencia de células somáticas con  $3,4 \times 10^4$  cél/ml y mayor número de células somáticas en la época húmeda con  $4,8 \times 10^4$  cél/ml.

Los resultados de recuento de células somáticas de la leche por épocas en el presente trabajo en promedio están por dentro de los rangos establecidos para la clase A por IBNORCA. La norma establece el recuento de células somáticas de la leche por debajo de  $5,0 \times 10^5$  cél/ml.

Según la figura 21, de relación porcentual según categorías para el RCS por épocas en el municipio de Achacachi, la leche en la época seca en un 100% comprende a la clase A, mientras que en la época húmeda el 99,2% de la leche es de la clase A y el 0,8% de la clase B.



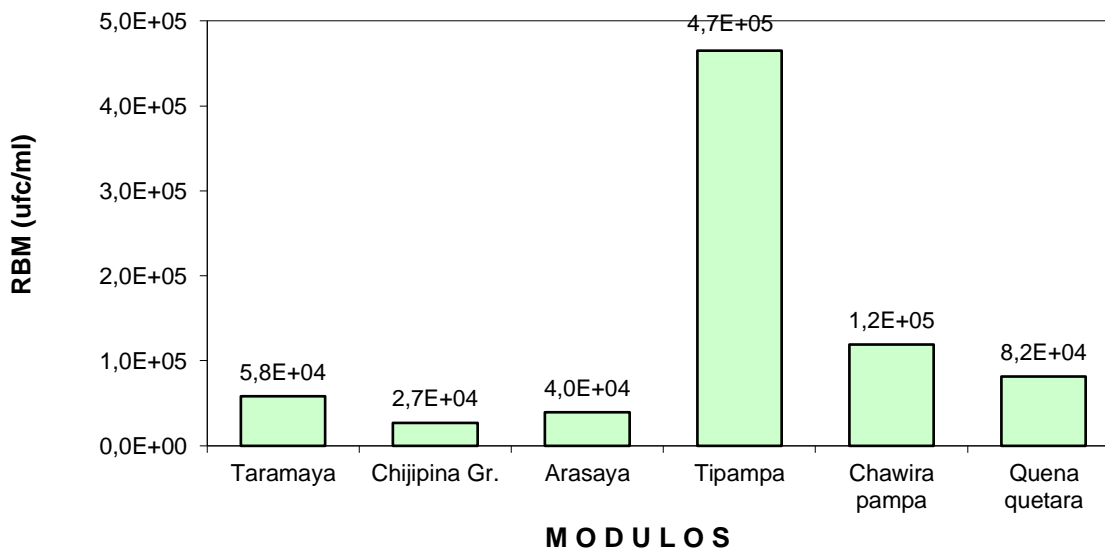
**Figura 23 Relación porcentual según categorías para el RCS en la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi**

Los resultados se pueden atribuir a la mayor humedad y temperatura que presenta la época húmeda en el municipio de Achacachi, proporcionando mayor presencia de gérmenes en el ambiente que predisponen a que las vacas tengan la mayor posibilidad de contraer la enfermedad de mastitis, con respecto a la época seca.

Los resultados de la presente investigación por épocas son inferiores a los obtenidos por PDLA *et al.*, (2002) de  $1,3 \times 10^5$  cél/ml en promedio, con un rango de  $1,3 \times 10^3$  a  $2,3 \times 10^6$  cel/ml, en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia murillo.

### **5.2.2. Recuento de bacterias mesófilas (RBM) en la leche cruda bovina por épocas y módulos en el Municipio de Achacachi**

En la figura 24, del recuento de bacterias mesófilas por módulos, muestra que el módulo Tipamapa presenta mayor recuento de bacterias mesófilas con  $4,7 \times 10^5$  ufc/ml, seguido por el módulo Chawira pampa con  $1,2 \times 10^5$  ufc/ml y el módulo Quena Quetara presenta menor recuento de bacterias mesófilas con  $2,7 \times 10^4$  ufc/ml.



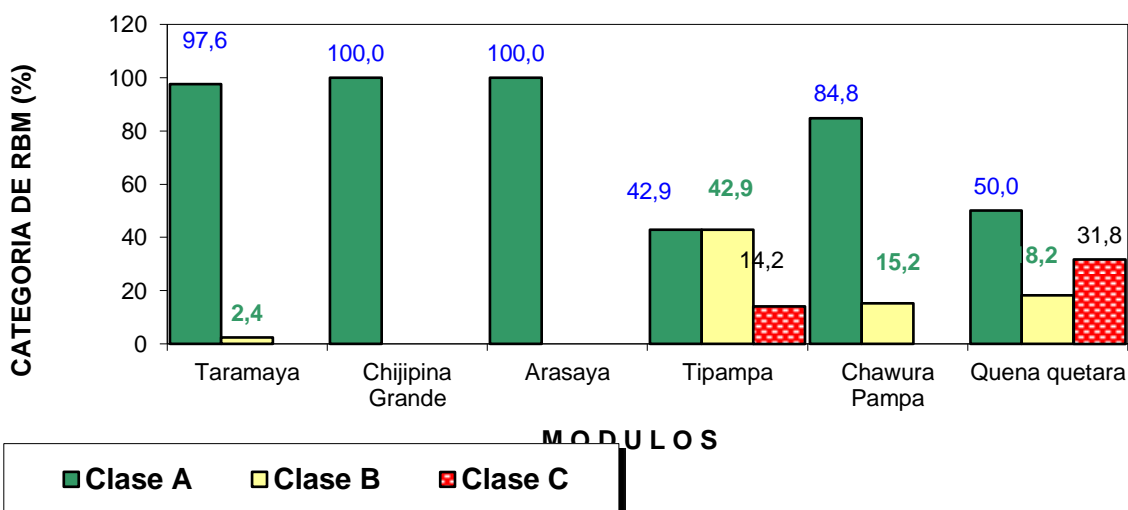
**Figura 24 RBM (ufc/ml) en la leche cruda bovina por módulos en el Municipio de Achacachi**

El mayor valor en el recuento de bacterias mesófilas en la leche, obtenidos en los módulos se atribuyen a factores como la falta de higiene en el proceso del ordeño, lugar del ordeño, lavado y secado de los pezones. Las vacas en los dormideros están en contacto con el barro, estiércol, pajas, etc.; la falta de limpieza y/o higiene inadecuado de los utensilios y la falta de agua potable, también determinan el incremento de la carga bacteriana en la leche cruda bovina.

Los productores del módulo Tipampa probablemente adulteran la leche con agua, lo que dio lugar a un incremento de los microorganismos en la leche.

Los resultados superiores de recuento de bacterias mesófilas en la leche del módulo Tipampa se puede atribuir a la deficiente refrigeración de la leche del ordeño tarde, pues esta se refrigera en agua medio ambiente en temperaturas de 12 a 15 °C, esta temperatura da lugar a la multiplicación del de las bacterias y los otros módulos cuentan con tanque de enfriamiento de la leche en funcionamiento.

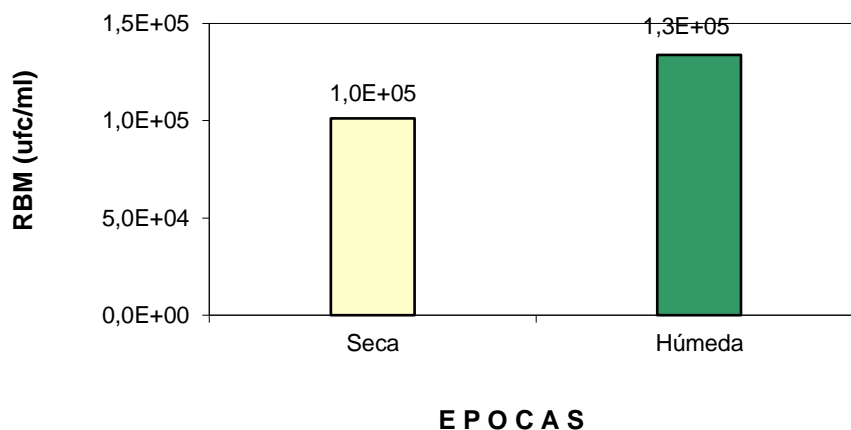
Los resultados obtenidos de recuento de bacterias mesófilas por módulos, en el presente trabajo de investigación, están dentro de los rangos establecidos para la clase A por IBNORCA. La norma establece el recuento bacterias mesófilas de la leche deben ser inferiores a  $3,0 \times 10^5$  ufc/ml.



**Figura 25 Relación porcentual según categorías para el RBM(ufc/ml) en la leche cruda bovina por módulos en el municipio de Achacachi**

En la figura 25, de relación porcentual según categorías para el RBM de la leche por módulos, se observa que los módulos Chijipina Grande y Arasaya son de la categoría A en un 100%, seguido por Taramaya y Chawira pampa con 97,6; 84,8% respectivamente de clase A. Los módulos Tipampa y Quena Quetara presenta menores porcentajes de leche clase A con respecto a los demás módulos con presencia de clases B y C en proporciones superiores con respecto a otros.

Los resultados del presente trabajo de investigación por módulos, son similares a los reportados por PDLA *et al.*, (2002) de  $3,3 \times 10^4$  ufc/ml en promedio con rango de  $3,0 \times 10^2$  a  $1,7 \times 10^5$  ufc/ml, en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo. También son similares a los datos encontrados por Nina, (2005) de  $3,7 \times 10^5$  ufc/ml en promedio con un de  $2,6 \times 10^5$  a  $5,9 \times 10^5$  ufc/ml, en la evaluación comparativa de la calidad de la leche en diez módulos y dos pisos ecológicos de la Provincia Murillo.

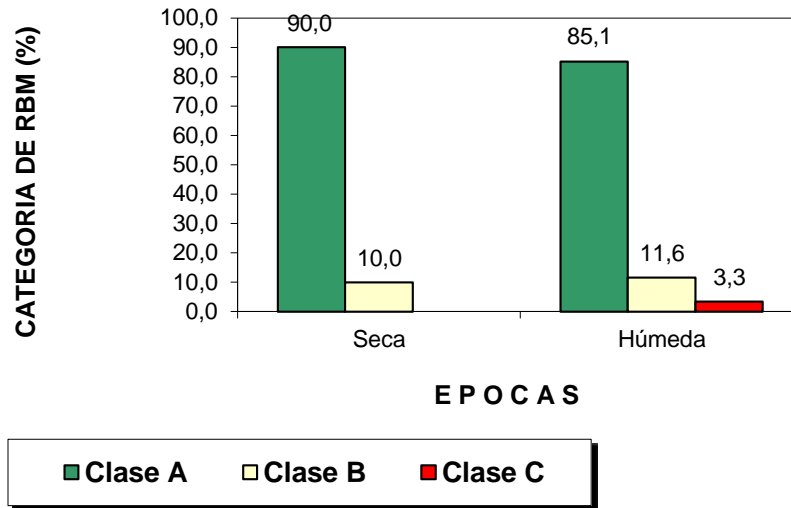


**Figura 26 RBM (ufc/ml) en la leche cruda bovina por épocas en el Municipio de Achacachi**

En la figura 26, los resultados del recuento de bacterias mesófilas por épocas, en la época húmeda presenta mayor número de recuento de bacterias mesófilas con  $1,3 \times 10^5$  ufc/ml y menor recuento de bacterias mesófilas con  $1,0 \times 10^5$  ufc/ml en la época seca.

Las diferencias en el recuento de las bacterias mesófilas de la leche obtenidas en las épocas, se atribuyen a los factores: humedad, temperatura, higiene del ordeño y lugar del ordeño. En la época húmeda las temperaturas y humedad elevada dan lugar a mayor proliferación de los microorganismos en los dormideros de las vacas, en la intemperie, establos, ubres, pelos y pezones de los animales, que contaminan la leche.

La falta de higiene en el proceso del ordeño, por el contacto de las vacas con el estiércol, barro, paja del dormidero y la falta de agua potable para la limpieza de los utensilios incrementa la contaminación de la leche cruda bovina con microorganismos.



**Figura 27 Relación porcentual según categorías del RBM en la leche por épocas en el Municipio de Achacachi**

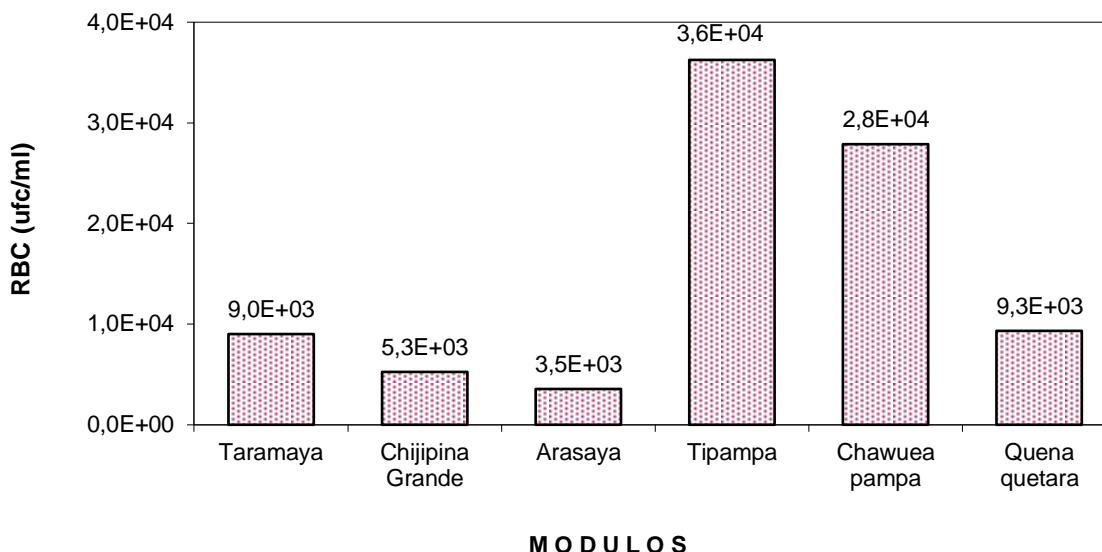
En la figura 27, de relación porcentual según categorías del RBM en la leche por épocas, se observa que la época seca presenta mayor porcentaje de clase A en un 90% con un 10% de clase B, y la época húmeda presenta 85,0; 11,6 y 3,3% de las clases A, B y C respectivamente.

Los resultados del recuento de bacterias mesófilas en la leche en ambas épocas están dentro los rangos establecidos para la clase A por IBNORCA.

Los resultados del presente trabajo de investigación, son similares a los valores reportados por PDLA *et al.* (2002), de  $3,3 \times 10^4$  ufc/ml en promedio, con un rango de  $3,0 \times 10^2$  a  $1,7 \times 10^5$  ufc/ml, en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia Murillo.



### 5.2.3.- Recuento de bacterias coliformes (RBC) en la leche cruda bovina por épocas y módulos en el municipio de Achacachi



**Figura 28 RBC (ufc/ml) en la leche cruda bovina por módulos en el Municipio de Achacachi**

En la figura 28, de RBC en la leche cruda bovina por módulos, se observa que los módulos Tipampa y Chawira pampa  $3,6 \times 10^4$  y  $2,8 \times 10^4$  ufc/ml respectivamente son superiores a los otros módulos. El RBC en la leche del módulo Arasaya con  $3,5 \times 10^3$  ufc/ml, son valores inferiores a todo los módulos.

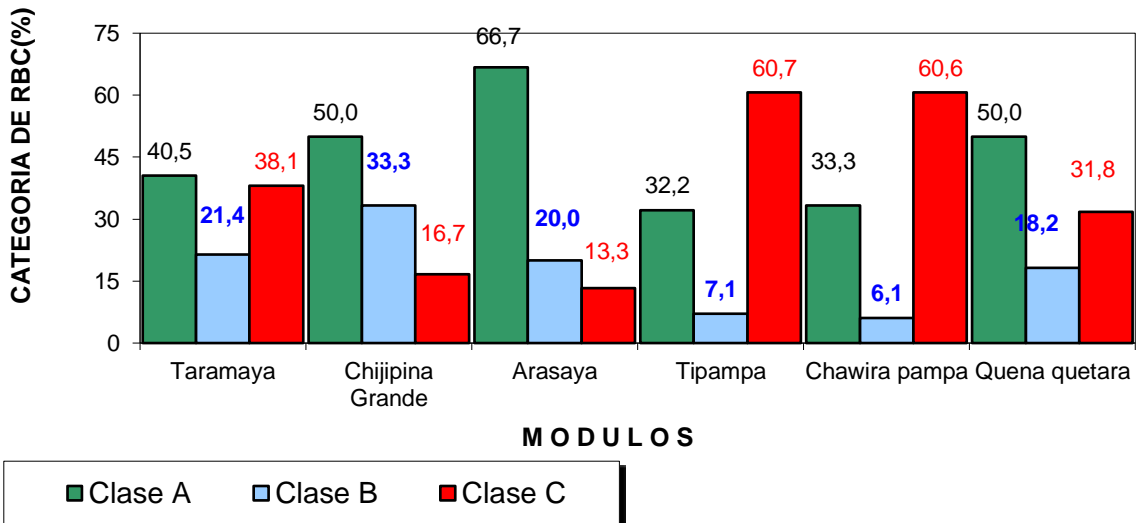
Los resultados superiores de RBC en la leche de los módulos Taramaya y Quena quetara, se atribuye a la falta de refrigeración de la leche ordeñada en la tarde, este trabajo de algunos productores efectúan en agua a temperaturas ambientales de 12 a 15°C lo que permite la proliferación de las bacterias y por consiguiente ufc superiores con respecto a los demás módulos.

Las diferencias en el RBC en la leche, obtenidos en los módulos se atribuyen a la deficiencia del higiene y la falta de buenas prácticas en el proceso del ordeño, ordeños en establos sucios; factores que determinan el incremento de la carga bacteriana de coliformes.

En las comunidades del municipio de Achacachi se observó deficiente higiene, principalmente en el lavado de los pezones, lavado de las manos del ordeñador,

las cuales dan lugar a la contaminación con coliformes en la leche, sin duda estos microorganismos tienen el hábitat en el estiércol de los animales, ya que las vacas están en contacto en los dormideros con barro, estiércol, pajas, etc.

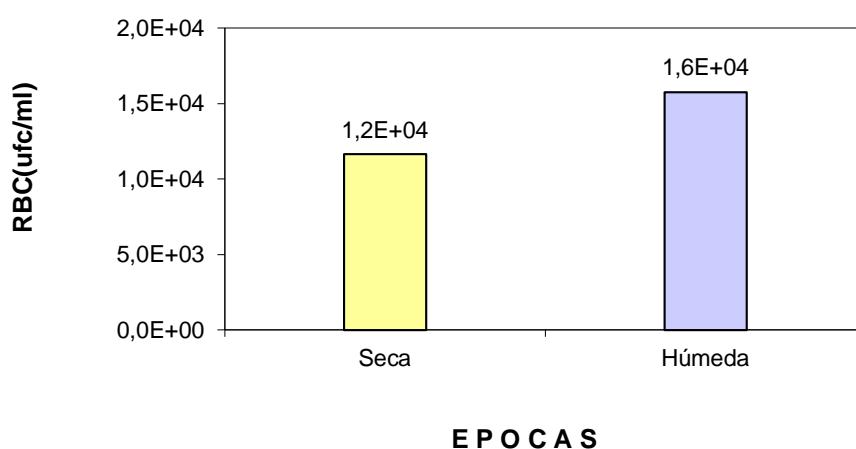
Se ha evidenciado que los productores no practican la refrigeración de la leche post ordeño, lo que da un medio adecuado para la proliferación de coliformes de esta manera incrementa el número de bacterias en la leche; sin embargo la misma que no tiene mucho efecto, porque los productores trasladan la leche después del ordeño a los centros de acopio para depositar en el tanque de refrigeración.



**Figura 29 Relación porcentual en categorías para el RBC en la leche cruda bovina por módulos en el Municipio de Achacachi**

En la figura 29, de la relación porcentual en categoría de RBC de la leche, muestran que los módulos Tipampa y Chawira pampa, presentan mayor proporción de clase C, en 60,7 y 60,6% respectivamente, sin embargo todos los módulos presentan la leche de la clase B y C, de los cuales solo 40,5; 50,0; 66,7; 32,2; 33,3; 50,0% son de la clase A en los módulos Taramaya, Chijipina Grande, Arasaya, Tipampa, Chawira pampa y Quena quetara, respectivamente.

Los resultados obtenidos del RBC en la leche cruda por módulos, en el presente trabajo de investigación, exceden a los rangos de la norma internacional que establece menor a  $1,0 \times 10^3$  ufc/ml; en Bolivia aún no existe una norma para el RBC. Los resultados del presente trabajo de investigación por módulos, son similares a los obtenidos por PDLA *et al.*, (2002) de  $1,6 \times 10^3$  ufc/ml en promedio, con un rango de  $1,0 \times 10^1$  a  $8,0 \times 10^4$  ufc/ml, en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia murillo.



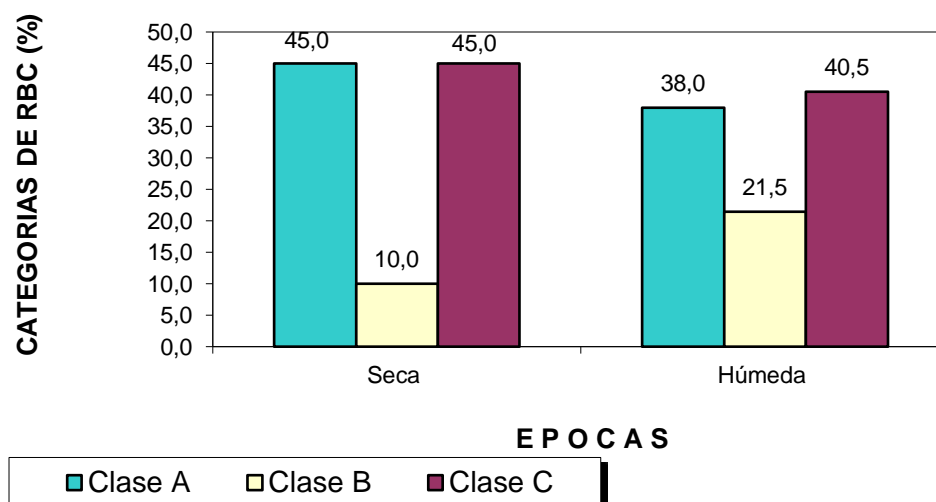
**Figura 30 RBC (ufc/ml) en la leche cruda bovina por épocas en el Municipio de Achacachi**

En la figura 30, se observa que en la época húmeda presenta mayor número de RBC con  $1,6 \times 10^4$  ufc/ml y la época seca presenta menor número de RBC con  $1,2 \times 10^4$  ufc/ml.

Las diferencias de los resultados obtenidos en el RBC de la leche en las épocas (figura 30), se atribuyen a la humedad y temperatura, higiene de la rutina del ordeño, lugar del ordeño.

La falta de higiene en el proceso del ordeño, es la principal fuente de la contaminación con bacterias coliformes. En la mayoría de los productores practican el ordeño en lugares sucios como establos, intemperie y al mismo tiempo con el ternero al lado de la vaca sin previa limpieza de los pezones posterior a la estimulación de la bajada de la leche por succión del ternero. Estos factores determinan a que la leche sea de la clase B yC.

Las bacterias coliformes son huéspedes normales del tracto digestivo de los animales que se encuentra en grandes cantidades en las heces y el estiércol, también se presenta en el suelo, alimentos, materia vegetal en descomposición, insectos (moscas). Por tanto la leche ordeñada es contaminada por la falta de higiene en el proceso del ordeño.



**Figura 31 Relación porcentual según categorías del RBC en la leche cruda bovina por épocas en el municipio de Achacachi**

En la figura 31, se observa que la leche según el RBC para la clase A, B y C de la época seca son 45,0; 10,0 y 45,0% respectivamente, y en la época húmeda para las clases A, B y C son 38,0; 21,5 y 40,5 % respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que en la época seca presenta porcentajes superiores de las clases A y B con respecto a la época húmeda, excepto la clase C que es superior en la época seca, este comportamiento se atribuye a factores: falta de higiene en el ordeño en ambas épocas, la temperatura y humedad adecuada que predomina en la época húmeda proporcionando elevada presencia de bacterias.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son superiores a los obtenidos por PDLA *et al.*, (2002), de  $1,6 \times 10^3$  ufc/ml de coliformes en promedio, con un rango de  $1,0 \times 10^1$  a  $8,0 \times 10^4$  ufc/ml, en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la provincia murillo.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo sobre la calidad físico-química y microbiológica de la leche cruda bovina en el municipio de Achacachi, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El grado de acidez fue 15,4; 16,0; 14,8; 17,7; 16,9; 17,8<sup>o</sup>D en los módulos Taramaya, Chijipina Grnade, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara respectivamente; durante la época seca fue inferior con 16,0<sup>o</sup>D y superior en la época húmeda con 17,0<sup>o</sup>D. la media general fue 16,5<sup>o</sup>D encontrándose diferencias estadísticas para los módulos y épocas.
- La densidad fue 1,030; 1,029; 1,030; 1,031; 1,030; 1,029; g/ml en los módulos Taramaya, Chijipina Grnade, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara respectivamente. En la época seca fue inferior con 1,029 g/ml y superior en la época húmeda con 1,030 g/ml. La media general fue 1,030 g/ml, encontrándose diferencias estadísticas para los módulos y épocas.
- El contenido de graso fue 3,6; 3,4; 3,3; 3,5; 3,7; 3,2% en los módulos Taramaya, Chijipina Grnade, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara respectivamente. Durante las épocas fueron casi similares siendo la media general de 3,4%, encontrándose diferencias estadísticas para los módulos.
- El contenido de proteína fue 3,3; 3,1; 3,1; 3,1; 3,2; 3,2% en los módulos Taramaya, Chijipina Grnade, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara respectivamente. Durante la época seca fue inferior con 3,0 % y superior en la época húmeda con 3,2%. La media general fue 3,1%, encontrándose diferencias estadísticas para los módulos y épocas
- El contenido de lactosa fue 4,8; 5,0; 5,0; 4,8; 4,7; 4,9% en los módulos Taramaya, Chijipina Grnade, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara respectivamente y durante las épocas fueron similares, siendo la media general de 4,8%, encontrándose diferencias estadísticas para las épocas.
- El contenido de sólidos totales fue 12,2; 12,1; 11,7; 11,9; 12,2; 11,9% en los módulos Taramaya, Chijipina Grnade, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa

y Quena Quetara respectivamente; durante la época seca fue inferior con 11,8% y superior en la época húmeda con 12,0 %. La media general fue 11,9%, encontrándose diferencias estadísticas para módulos y épocas.

- El recuento de células somáticas (RCS) en la leche fue  $5,1 \times 10^4$ ;  $5,8 \times 10^4$ ;  $2,7 \times 10^4$ ;  $3,6 \times 10^4$ ;  $5,6 \times 10^4$ ;  $2,2 \times 10^4$  ufc/ml en los módulos Taramaya, Chijipina Grande, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara respectivamente. En la época seca fue inferior con  $3,6 \times 10^4$  ufc/ml y superior en la época húmeda  $5,0 \times 10^4$  cel/ml. La media general fue  $4,2 \times 10^4$  ufc/ml.
- El recuento de bacterias mesófilas (RBM) en la leche fue  $5,8 \times 10^4$ ;  $2,7 \times 10^4$ ;  $4,0 \times 10^4$ ;  $4,5 \times 10^5$ ;  $1,2 \times 10^5$ ;  $8,2 \times 10^4$  ufc/ml en los módulos Taramaya, Chijipina Grande, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara respectivamente. En la época seca fue inferior con  $1,1 \times 10^5$  ufc/ml y superior en la época húmeda con  $1,3 \times 10^5$  ufc/ml. La media general fue  $1,1 \times 10^5$  ufc/ml.
- El recuento de bacterias coliformes (RBC) en la leche fue  $9,0 \times 10^3$ ;  $5,1 \times 10^3$ ;  $3,6 \times 10^3$ ;  $3,5 \times 10^4$ ;  $2,8 \times 10^4$ ;  $9,3 \times 10^3$  ufc/ml en los módulos Taramaya, Chijipina Grande, Arasaya, Tipampa, Chawira Pampa y Quena Quetara respectivamente. En la época seca fue inferior con  $1,2 \times 10^4$  ufc/ml y superior en la época húmeda  $1,6 \times 10^4$  ufc/ml. La media general fue  $1,4 \times 10^4$  ufc/ml.

En general se concluye que los parámetros físico-químico y microbiológico estudiado en 6 centros de acopio durante dos épocas están dentro los rangos establecido por IBNORCA, excepto el RBC las mismas que son sumamente elevados por una deficiente higiene durante el proceso del ordeño en la mayoría de los productores.

## 7. RECOMENDACIONES

- Durante el estudio se vio las deficiencia prácticas de higiene durante el proceso del ordeño y manipuleo de la leche cruda, por los que se recomienda implementar programas de capacitación práctica de manejo, limpieza tanques de frio y desinfección de los utensilios, establos, lugares de ordeño, la higienización correcta de las ubres y pezones de la vaca antes del ordeño y sellado de los pezones después del ordeño.
- Se recomienda a los productores en la implementación de salas de ordeño y se debe dar uso para facilitar el manejo higiénico del ambiente y así evitar la contaminación de la leche, especialmente con bacterias coliformes.
- Las industrias lácteas deberán promover precios y pagos por calidad higiénica y por las características físico-químicas de la leche con bonificaciones y castigos; de manera que contribuyan en el mejoramiento de la calidad de leche.
- Como las industrias lácteas compran leche cruda como materia prima deberán hacer el control de calidad minuciosa a la leche y capacitación constante a los productores para mejorar la producción del mismo.
- Se recomienda a los productores la implementación de tanques de enfriamiento para el buen manejo y control en la calidad de la leche tanto físico – químico y microbiológico.
- Profundizar estudios sobre la calidad de físico - química y microbiológica de la leche según los meses del año asociando al nivel nutricional de las vacas.

## 8. LITERATURA CITADA

- ACHA RUIZ, 2008. Control de Calidad. Pil Andina S. A. La Paz. 10p.
- ALVARADO, C. A. G. 2.003. Posibilidad de Maximizar el Contenido de Proteína de La leche vía alimentación. Valdivia-Chile. 13p.
- ARMENTEROS, M. y PONCE, P. 2.004. La calidad de la leche como base del Desarrollo de la ganadería moderna: perspectiva para la lechera de pequeña escala. Centro de Ensayo para el Control de la Calidad de la Leche y Derivados Lácteos (CENLAC), Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), San José de las Lajas. La Habana – Cuba. 13p.
- ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES LECHEROS DE LA PROVINCIA OMASUYOS (APLEPO). 2.004. Proyecto, lactodensímetro para el control de calidad de la leche cruda en los módulos de “APLEPO”. Provincia OMASUYOS, Bolivia. 10p.
- BENNETT, H.R. 2.000. Incentivos para mejorar la calidad de leche. Universidad De California.  
<http://www.cnr.berkeley.edu/ucce50/agro-laboral/7dairy/7leche00.thm>
- BUXADÉ, C. C. 1.996. Producción vacuna de leche y carne. Tomo VII Zootecnia, Bases de producción animal. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid – Barcelona – México. 342p.
- BUXADÉ, C. C. 1.997. Producción vacuna de leche, aspectos claves. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid – Barcelona – México. 567p.
- CALZADA, B. J., 1.981. Métodos estadísticos para la investigación. Lima –Perú. 644 p.
- CEPERO, R.O.; SALADO, R.J. 2.005. Conductividad eléctrica, californiana Mastitis Test (CMT) y conteo celular en la determinación de la mastitis subclínica. Departamento de Medicina Veterinaria de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las villas. 12p.
- FEDERACIÓN DEPARTAMENTAL DE PRODUCTORES DE LECHE DE LA PAZ (FEDELPAZ). 2.003. Memoria de resultados. Industrias lácteas FEDELPAZ. Impresiones “SIRCA”. La Paz-Bolivia. 40p.



- GARIJO, R. D.; NASANOVSKY, M. A. y KIMMICH, R.C. 2.001. Lechería. Argentina. 61p.
- HAZARD, T.S., 2.000. Calidad de leche. INIA Carillanca. Chile. 8p.  
[www.inia.cl/quilamapu/inproleche/articulosd/Calidad%20de%20leche.pdf](http://www.inia.cl/quilamapu/inproleche/articulosd/Calidad%20de%20leche.pdf)
- INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD (IBNORCA). 1.998.  
Productos Lácteos-Determinación de contenido Graso en leche por los métodos Gerber y Rose-Gottlieb. NB 228. Bolivia. 9p.
- INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD (IBNORCA). 1.998.  
Productos lácteos-Determinación de la acidez titulable. NB 229. Bolivia. 6p.
- INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD (IBNORCA). 1.998.  
Productos lácteos-Determinación de sólidos totales. NB 231. Bolivia. 6p.
- INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD (IBNORCA). 1.999.  
Productos lácteos - Determinación de la densidad relativa. NB 230. Bolivia. 6p.
- LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA (LUZ). 2.003. Control de calidad de la leche Cruda Guía Práctica. Facultad de ciencias veterinarias, departamento de producción e industria animal, Cátedra de la ciencia tecnología de la leche. Venezuela.  
<http://www.members.tripod.ve/tecnologia/>
- LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA (LUZ). 2.003. Microbiología de la leche II. Guía Práctica. Facultad de ciencias veterinarias, departamento de producción e industria animal, Cátedra de la ciencia tecnología de la leche. Maracaibo-Venezuela.  
<http://www.members.tripod.ve/tecnologia/>
- LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA (LUZ). 2.004. Determinación de grasa y sólidos Totales en leche y derivados. Guía Práctica. Facultad de ciencias veterinarias, departamento de producción e industria animal, Cátedra de la ciencia tecnología de la leche. Maracaibo-Venezuela.  
<http://www.members.tripod.ve/tecnologia/>
- LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA (LUZ). 2.003. Determinación de glúcidos y Proteínas. Guía Práctica. Facultad de ciencias veterinarias, departamento de

producción e industria animal, Cátedra de la ciencia tecnología de la leche. Venezuela.

<http://www.members.tripod.com.vet/tecnologia/proteinas.pdf>.

MAGARIÑOS, H. 2.000. Producción higiénica de la leche cruda. Edición de Producción y Servicios Incorporados S.A. Chile. 95p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL (MAGDER) /UNIDAD DE POLÍTICA GANADERA (UPG). 2.001. Primer Informe sobre la situación de los recursos zoogenéticos de Bolivia. La Paz, Bolivia. 70p.

MINISTERIO DE ASUNTOS CAMPESINOS Y AGROPECUARIOS (MACA), 2.004. Identificación, mapeo y análisis competitivo de la cadena lechera de origen y productos lácteos. Bolivia. 231p.

NINA, T. M., 2.005. Evaluación comparativa de la calidad de la leche en diez Módulos y dos pisos ecológicos de la Provincia Murillo. Tesis de Grado de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 70p.

NORMA TECNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE (NTON). 1.999. Norma Técnica de leche entera cruda. Comisión Nacional de Normalización Técnica y Calidad, Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. Nicaragua. 12p.

<http://www.mific.gob.ni/dirtransparencia/tecnormalización/alimento/nton027.pdf>

RUEGG, L. P. 2.001. Secreción de leche y estándares de calidad. Universidad de Wisconsin, Madisón. USA. 10p.

[http://www.uwex.edu/milkquality/PDF/sp\\_milk%20secretion.pdf](http://www.uwex.edu/milkquality/PDF/sp_milk%20secretion.pdf)

PROGRAMA DE DESARROLLO LECHERO DEL ALTIPLANO (PDLA). 2.003. Higiene del Ordeño y calidad de la leche, Manual de auto instrucción. Tomo V, segunda edición. La Paz, Bolivia. 103p.

PROGRAMA DE DESARROLLO LECHERO DEL ALTIPLANO (PDLA), FEDERACIÓN DEPARTAMENTA DE PRODUCTORES DE LECHE DE LA PAZ (FEDELPAZ). 2.003. Alimentación y nutrición del ganado bovino

- lechero. Manuel de auto instrucción. Tomo II. Tercera edición. La Paz Bolivia. 128p.
- ROJAS C, V. 2.001. Evaluación de la Calidad de la Leche en Tres Módulos y dos Centros de Acopio de la Provincia Aroma - La Paz. Tesis de grado para optar a Lic. Ing. Agr. U.M.S.A. La Paz – Bolivia. 82 p.
- SANCHEZ, R. C. 2.003. Cría y mejoramiento del ganado vacuno lechero. Colección granja y negocios. Ediciones Ripalme. Lima- Perú. 135 p.
- SIRVÉN, M. H. y IZAK, E. 2.004. Somáticas y antipáticas. Argentina. 3p.  
[http://www.nutrihelpanimal.com.ar/BOVINOS\\_LECHE/tex\\_pub13.htm](http://www.nutrihelpanimal.com.ar/BOVINOS_LECHE/tex_pub13.htm)
- SOUSA, R. 2.002. Alternativas para la Industrialización y Comercialización de Productos Lácteos” Para la Cooperativa de Servicios Integrales de Productores de Carne y Leche. Secretaria nacional de ciencia, tecnología e innovación (SENACYT). Los Santos 2002. 35p.  
[www.senacyt.gob.pa/g\\_innovacion/facitec/docs/ft-3.pdf](http://www.senacyt.gob.pa/g_innovacion/facitec/docs/ft-3.pdf)
- SUCH, X. y PERIS, S. 1.996. La curva de lactación. Capítulo V, pp. 89-101. En: BUXADE, C. 1996. Producción vacuna de leche y carne. Zootecnia, Bases de producción animal TOMO VII. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México. 342p.
- TICONA, A. D. 2.000. Comportamiento productivo y reproductivo del ganado Bovino en la cuenca lechera del Altiplano de La Paz. Datos parciales de tesis del autor. En: PROGRAMA DE DESARROLLO LECHERO DEL ALTIPLANO. Boletín 3, Agropecuario para sector lechero - área económico reproductivo. Imprenta EDOBOL. La Paz, Bolivia. 4p.
- WATTIAUX, 2.000. Composición de la leche y valor nutricional, pp. 73-76. En: Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin, Madison. USA. 123p.
- WATTIAUX, M. 2.000. Secreción de leche por la ubre de una vaca lechera, pp. 77-80. En: Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin, Madison. USA. 123p.

**A N E X O**

## ANEXO 1.

### Ganado en producción de raza Holstein













### 3.3 - Suministro de alimentos suplementarios

ACTIVIDADES	M E S E S												Can ti dad	Resp onsa ble	Tipo de anima l	Procede Propia Compra	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic					
ALIMENTOS SUPLEMENTARIOS																	
Heno de cebada																	
Heno de Avena																	
Grano de cebada																	
Borra de cerveza																	
Rastrojo de papa																	
Rastrojo de haba																	
Afrecho																	
Sales minerales																	
Vitaminas																	

### QUE FUENTE DE AGUA TIENE SEÑALAR DISTANCIA

#### 1.- Procedencia

1. Vertiente.....
2. Pozo.....
3. Río.....
4. Reservorio.....
5. Observaciones.....

#### 2Tipo de riego

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....



## TAMAÑO Y COMPOSICION DEL HATO

- Cuantas crías nacieron vivas H.....M.....
- Cuantos crías nacieron muertas H.....M.....
- Por qué causas.....
- Número de vacas secas.....
- Numero de vacas en producción.....
- Cual la época más frecuente de parición.....
- Que tipo de animal vendiste.....
- Donde lo vendiste y a qué precio.....
- Porque causa lo vendiste y a quien.....
- En que época lo vendes.....
- Que tipo de animal compraste y a qué precio.....
- Faenas a tu ganado.....

MORTALIDAD	CUANTOS	PORCENTAJE
Animales de 0 -1		
Animales de 1- 2		
Animales de 2-3		
Animales + de 3		

## 2. MANEJO DE GANADO

### 2.1 PRODUCCION

- Bajo qué sistema manejas el ganado:
  1. Libre pastoreo
  2. Semiestabula

- Como detectas el celo en las vacas.....
- En que meses cruza.....
- Cuantas veces repite la monta .....
- Si la hembra no queda preñada que hace con ellas.....
- Como detecta que la vaca está preñada.....
- A qué edad cruza el toro por primera vez.....
- A qué edad la hembra es servida.....
- Después del parto a los cuantos meses es servida nuevamente.....
- Hace primer ordeño Si.....No .....que hace con el primer ordeño.....
- A los cuantos meses haces el destete.....
- Tus animales machos cruzan otras hembras Si..... No.....  
Cuantas veces por año.....
- Prefiere criar hembras o prefiere criar machos porque.....

### 3.- MEJORAMIENTO

- Con que toro cruza tus vacas.....
- Que sistema de reproducción practica: a) Monta dirigida b) Inseminación artificial  
c) otros.....

### 4.- SANIDAD ANIMAL

#### -Calendario propuesto por SNAG (1991)

ITEM	recomendado o veces/año	Efectuado o veces/año	Numero animales / año	Cost o en Bs.	observa ciones
<b>a) VACUNAS</b>					
Aftosa					
Carbunclo sintomático					
Brucelosis					
Neumaenteritis					
<b>b) ANTIPARACITARIOS</b>					
Interno – Externos					
<b>c) VITAMINAS</b>					
Aplicación ADE					
<b>d) CONTROLES</b>					
Brucelosis					
Tuberculosis					
Mastitis					
Costos Totales Bs					

### 5.- MANEJO DE GANADO

ACTIVIDADES	RESPONSABLE	TIEMPO DIAS	TIEMPO HORAS	OBSERVACIONES
Ordeño				
Pastoreo				
Recolección de estiércol				
Venta de leche				
Vacunación				

### 6.- PRODUCCIÓN LECHERA DESTINO Y VENTA

Cuántas vacas en producción	Volumen en lt/día	Autoconsumo lt/día lt/sem.	Venta PIL o Feria	Costo Bs.

### 7 INFRAESTRUCTURA

Infraestructura	Superficie en m <sup>2</sup>	Año de uso	Costo en Bs.	Observaciones
a) Establo				
b) Sala de ordeño				
c) Bebederos				
d) Comederos				
e) Heniles				



