

AGAC-01

ESTUDIO DE CASO PML - 025

Enero 2006

## EMPRESA: PLANTA DE ACOPIO DE LECHE "ASOCIACION DE GANADEROS PRODUCTORES LECHEROS"

DIVISIÓN 012: Cría de Animales

CLASE 0121: Cría de ganado vacuno y de ovejas, cabras, caballos, asnos, mulas y burdéganos; cría de ganado lechero  
(Según la Revisión 3 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme - CIIU)

### IMPLEMENTACIÓN DE LAS RECOMENDACIONES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

#### RESULTADOS ECONÓMICOS (\*)

- Inversión: 125,800 US\$.
- Reducción de costos: 48,480 US\$/año.
- Retorno sobre la inversión: 39 %.

#### RESULTADOS AMBIENTALES (\*)

Se disminuye el consumo de energía eléctrica en 8,095 kWh/año.  
Se evita el derrame de aproximadamente 72,100 L de leche/año.  
Se utiliza menor cantidad de agua en el proceso y en las operaciones de limpieza.

(\*) En el formato numérico, la coma se utiliza como separador de miles y el punto como separador de decimales.

### QUÉ ES "PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA"

"La Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, a los procesos productivos, a los productos y a los servicios para incrementar la eficiencia global y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente. La Producción Más Limpia puede ser aplicada a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos mismos y a los diferentes servicios prestados en una sociedad".

### CICLO DE "PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA"



#### 1) Identificar oportunidades y formular recomendaciones

El primer paso consiste en realizar una revisión técnica para identificar oportunidades y formular recomendaciones que permitan mejorar la productividad y eficiencia en cada operación unitaria. Estas tareas deben ser realizadas por profesionales idóneos, quienes deben trabajar con el personal de la empresa en general, desde obreros hasta ejecutivos.

#### 2) Implementar las recomendaciones

Una vez que las recomendaciones han sido formuladas, éstas son ordenadas según las prioridades e intereses de la empresa. Luego, se forma un equipo de trabajo para implementar las recomendaciones seleccionadas según el cronograma establecido y el presupuesto asignado.

#### 3) Medir el éxito

Los resultados son medidos a través de indicadores como la reducción en la cantidad de desechos o de contaminación generada; la reducción en el consumo específico de materias primas, energía y agua; la reducción de costos de producción; y el incremento de las utilidades. Una vez medido el éxito, se debe volver al paso 1 para iniciar un nuevo ciclo.

## INTRODUCCIÓN

Este estudio de caso presenta los resultados obtenidos en la planta de acopio de leche de la “Asociación de Ganaderos Productores de Leche”, AGAPLE, ubicada en el Municipio de Pojo, Provincia Carrasco del Departamento de Cochabamba,

Estos resultados corresponden a la implementación de las recomendaciones de producción más limpia propuestas por el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) en el diagnóstico de Producción Más Limpia (DPML), ejecutado en diciembre del 2003, y de otras medidas implementadas por iniciativa propia de la empresa. Las recomendaciones aún no ejecutadas, se encuentran en etapa de evaluación de su factibilidad técnica y económica.

## PRODUCCION

AGAPLE, es una asociación de productores lecheros que se dedica al acopio y comercialización de leche.

El acopio de leche se realiza diariamente entre las 7:00 y las 9:00 de la mañana. Luego, la leche se refrigera en cada centro de acopio hasta alcanzar la temperatura de 3 °C, y se la comercializa cada dos días.

En el Cuadro 1, se muestra los principales indicadores de producción y comercialización de AGAPLE para 2004 y 2005.

**Cuadro 1** Estado de situación de AGAPLE.

Descripción	2004	2005
Centros de Acopio	2	5
Nº de vacas lecheras	650	600
Producción de leche por vaca [L/vaca x día]	3.5	4.5
Producción de leche [L/año]	843,150	985,500
Leche comercializada por AGAPLE [L/año]	738,150	959,980
Leche no comercializada por la Asociación [L/año]	105,000	25,520
Leche comercializada [%]	87.5	97.4
Leche no comercializada [%]	12.5	2.6

**Fuente:** Datos proporcionados por AGAPLE.

Como se observa, la cantidad de leche no comercializada, durante el año 2004, alcanzó 12.5% de la leche producida por los socios. Este porcentaje corresponde, por una parte, a las pérdidas durante las operaciones de ordeño (24,900 L/año), transporte (25,200 L/año), acopio (10,900 L/año), manipuleo de la leche (2,800 L/año) y mal funcionamiento de los equipos de refrigeración (19,200 L/año); por otra, al consumo de los productores (22,000L/año), parte de este volumen corresponde a su consumo como leche y parte a la preparación de derivados que comercializan por su cuenta.

Actualmente la leche no comercializada por AGAPLE es de sólo el 2.6%. La reducción del porcentaje, se debe a que las recomendaciones implementadas, y que se

encuentran descritas en los siguientes puntos, lograron reducir las pérdidas de leche durante el ordeño, la manipulación, el transporte y a las mejoras introducidas en el proceso de conservación de la leche.

Por otra parte, a través de las medidas adoptadas por AGAPLE, se logró mejorar la calidad de la leche e incrementar los volúmenes de producción. Todo esto permitió a la asociación negociar un mejor precio por litro de leche comercializada, incrementando el precio de 0.10 US\$/L a 0.12 US\$/L de leche.

## RECOMENDACIONES IMPLEMENTADAS

### 1. MEJORAR LAS CONDICIONES DE ORDEÑO

Situación anterior: *Incidencia de mastitis en el ganado lechero de los asociados de AGAPLE, 0,22 [casos de mastitis/(vaca x año)].*

El ordeño era realizado en condiciones deficientes con riesgo de contaminación permanente. Entre los principales problemas que se tenía, se puede mencionar los siguientes:

- Los utensilios para el ordeño no eran debidamente desinfectados, no se contaba con cabañas adecuadas para realizar el ordeño y albergar a las vacas durante esta operación.



**Figura 2.** Ordeño A) Algunos productores, tenían cabañas que no eran las más adecuadas B) Otros productores realizaban el ordeño al aire libre.

- Las vacas, como consecuencia de la falta de condiciones de higiene durante el ordeño, sufrían continuamente de mastitis<sup>1</sup>, lo cual disminuía la cantidad de leche ordeñada y la calidad microbiológica de la leche.
- Los productores no siempre filtraban la leche, teniendo que realizarse esta operación en los centros de acopio, lo cual retrasaba el inicio de la refrigeración y afectaba la calidad de la leche.
- Se tenía pérdidas durante el ordeño, porque la leche era derramada fuera del balde o recipiente (Ver Figura 2).

Situación actual: *Incidencia de mastitis en el ganado lechero de los asociados de AGAPLE, 0,036 [casos de mastitis/(vaca x año)]*

<sup>1</sup> La Mastitis es la inflamación de las mamas causada por la proliferación de agentes infecciosos, entre los que destacan: *Streptococcus agalactiae*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*

Con el propósito de mejorar las condiciones de ordeño, AGAPLE llevó a cabo dos acciones importantes:

a. Mejoras en la infraestructura:

- Se construyeron 25 salas de ordeño<sup>2</sup>, para un número igual de socios, las cuales constan de un tinglado metálico con cubierta de calamina, piso de cemento con una superficie de 48 m<sup>2</sup>, y un sistema de recolección de agua de lluvia, que consta de canaletas de PVC y turriles de plástico para almacenar el agua. Cada sala de ordeño está equipada con cepo, comedero, bebedero y un pozo para abastecerse de agua. En estas salas, el ordeño se realiza de manera más higiénica, en condiciones más seguras y cómodas, ver Figuras 3 y 4.



**Figura 3.** Salas de ordeño A) Vista de la estructura de la sala de ordeño B) Vista del cepo y comedero al interior de la sala de ordeño.



**Figura 4.** Salas de ordeño A) Vista del sistema de recolección de agua de lluvia B) Vista del pozo y bomba de agua.

b. Capacitación:

- Se realizaron cursos de capacitación para los productores lecheros, estos incluyen los cuidados que se debe tener para prevenir y curar la mastitis en el ganado lechero, y las técnicas de ordeño que se debe emplear para evitar que la leche se contamine.
- Se instruyó a los productores para que, una vez terminado el ordeño, filtren la leche y tapen los tachos para evitar que la leche se contamine.

Con estas medidas, se obtuvo los siguientes resultados:

- El ordeño se realiza en condiciones más higiénicas y se disminuyó las pérdidas de leche durante esta operación.
- La cantidad de casos de mastitis atendidos ha

disminuido; por lo tanto, se mejoró la calidad microbiológica de la leche. Esto permitió que el precio de la leche comercializada se incrementó de 0.85 Bs/L a 1 Bs/L.

- La leche se entrega a los centros de acopio libre de impurezas. Esto permite vaciar el contenido de los tachos directamente al tanque de refrigeración, reduciéndose el tiempo de espera para iniciar el enfriamiento de la leche, lo que también redundó en una mejor calidad de la leche.

**2 MEJORAR LA NUTRICIÓN DE LAS VACAS LECHERAS EN LA ETAPA DE GESTACIÓN.**

Situación Anterior: Rendimiento diario de leche [3.5 L/(día x vaca)]

Durante la realización del DPML, el rendimiento promedio diario de leche por vaca se encontraba alrededor de 3.5 L/vaca. Entre las posibles causas para este bajo rendimiento se tiene:

- El hacinamiento del ganado en las diferentes parcelas, lo que provocaba un sobre pastoreo y, por consiguiente, deficiencias en la alimentación.
- Las deficiencias nutricionales de las vacas durante la etapa de gestación, principalmente por la falta de vitaminas y otros suplementos alimentarios, que ocasionaban que la vaca produzca una menor cantidad de leche, una vez nacida la vaquilla.
- La inexperiencia de los productores, puesto que la cría de ganado, tanto lechero como de engorde, es una actividad nueva en la zona.

Situación Actual: Rendimiento diario de leche [4.5 L/(día x vaca)]

Para alcanzar este rendimiento, los técnicos de AGAPLE realizaron las siguientes acciones:

- Cursos de capacitación para enseñar a los productores los cuidados que se debe tener en la alimentación del ganado durante la etapa de gestación, introduciendo una dieta en base a vitaminas y sales necesarias para una alimentación equilibrada.
- Concienciación al productor, acerca de la necesidad de invertir en la compra de complementos y suplementos alimenticios, vacunas, etc., para mejorar el rendimiento de producción de leche.

Además, AGAPLE cuenta con un centro de abastecimiento provisto de un stock de suplementos alimenticios, como sales minerales, además de vitaminas, vacunas, abono para los pastizales, etc., que se requiere para el manejo y cría de ganado vacuno lechero. Con este centro de abastecimiento, los productores tienen fácil acceso a los insumos que requieren sin necesidad de trasladarse a la ciudad de Santa Cruz, y brindan también asesoramiento técnico ante cualquier duda que los productores tengan acerca del uso de estos productos.

**3. OPTIMIZAR EL TRANSPORTE DE LECHE Y EL MANEJO DE TACHOS**

Situación anterior: Costo de transporte = 0.643 [US\$ /HL de leche]; el tiempo de llegada de la leche al centro de

<sup>2</sup> Salas de ordeño o cabañas (nombre utilizado por los productores), son los lugares en los cuales realizan la operación de ordeño.

acopio era de 2-3 horas.

AGAPLE contaba con un camión que realizaba el acopio de la leche de los productores de Ichoa, y se contrataba un taxi para recoger la leche de los productores de Entre Ríos.

Un porcentaje alto de productores contaba con un solo juego de tachos, y los vehículos debían hacer un segundo recorrido diariamente, para devolverlos con el objeto de que sean utilizados al día siguiente.

Los problemas que se tenía durante el transporte eran:

- Una cantidad importante de leche se derramaba, porque los tachos no contaban con tapas herméticas.
- Los tachos de leche se calentaban por efectos de la radiación solar, durante el tiempo que esperaban en el camino para ser recogidos por el taxi o el camión de la asociación.
- El tiempo que transcurría entre el ordeño y la refrigeración de la leche, en cualquiera de los dos centros de acopio, era de dos a tres horas, lo que causaba que aumente su temperatura y las bacterias proliferen disminuyendo la calidad de la leche.
- La leche llegaba en distintos horarios a los centros de acopio, lo que obligaba a abrir continuamente los tanques de refrigeración para verter la leche, aumentando el tiempo que se necesitaba para que la leche llegue a la temperatura adecuada.
- Un segundo recorrido para devolver los tachos vacíos, representaba el 44% del costo de transporte.

**Situación actual:** Costo de transporte = 0.174 [US\$ /HL de leche], el tiempo que tarda la leche en llegar al centro de acopio es de 1-2 horas.

Para la implementación de la recomendación, se realizaron las siguientes acciones:

- Se colocan los tachos de leche filtrada en un recipiente con agua fría, esto con el propósito de comenzar a enfriarla en tanto esperan su traslado a los centros de acopio. Además, los productores construyeron unas pequeñas casetas en el camino para proteger los tachos de leche de la radiación solar y de la lluvia, mientras dura la espera, ver Figura 5.



**Figura 5.** A) Tacho de leche dentro del recipiente con agua B) Caseta para proteger los tachos de leche de la radiación solar.

- Se compraron 5 vehículos pequeños de tres ruedas, a diesel, uno para cada centro de acopio. Con estos

vehículos se realiza el acopio de la leche todas las mañanas. El recorrido aproximado es de 25 km por cada vehículo, para transportar la leche de los productores, ver Figura 6.

- Se compraron tachos de leche de 50, 40 y 30 L, ver Figura 7, los cuales son vendidos a los asociados a precios subvencionados, con descuentos del 20% al crédito y 30% al contado. De esta manera, todos los productores cuentan ahora con 2 juegos de tachos.



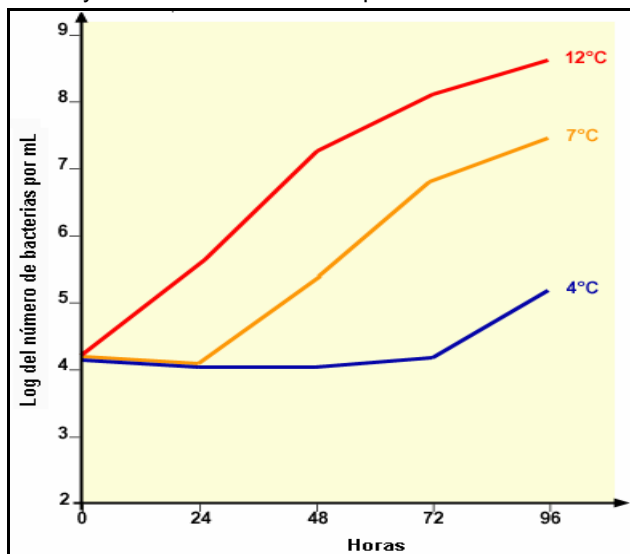
**Figura 6.** Vehículo en el que se realiza el transporte de leche.

**Figura 7** A) Tachos en el centro de acopio que están listos para ser devueltos al día siguiente a los productores. B) Stock de tachos con el que cuenta AGAPLE.

Los beneficios logrados al implementar esta recomendación son los siguientes:

- Se eliminaron las pérdidas de leche durante el transporte, los nuevos tachos tienen tapas herméticas que evitan el derrame de la leche.
- La leche llega al centro de acopio con una temperatura de 24 °C, anteriormente la temperatura a la que ingresaba la leche era de 30 °C.
- La leche llega en menor tiempo a los centros de acopio para ser enfriada y, por lo tanto, disminuye la velocidad de proliferación de bacterias, lo que es muy importante de acuerdo a la información de la Figura 8, que muestra que es necesario enfriar la leche a una temperatura de 4°C en el menor tiempo posible para evitar la proliferación de bacterias que disminuyen su calidad.
- Toda la leche llega al mismo tiempo y el vaciado a los tanques se realiza de una sola vez, razón por la que los tanques no tienen que ser abiertos nuevamente.

- Los vehículos tienen un reducido consumo de combustible, por lo tanto, se emiten menores cantidades de gases de combustión.
- Los vehículos realizan un sólo recorrido por día, disminuyendo el costo de transporte.



**Figura 8.** Resultados bacteriológicos obtenidos para leche almacenada a 4°C, 7°C y 12°C (Fuente: WESTFALIA JAPY), [http://www.japy.com/htmlgb/ind\\_lait.htm](http://www.japy.com/htmlgb/ind_lait.htm)

#### 4. REEMPLAZAR DE LOS TANQUES DE REFRIGERACIÓN

Situación anterior: Consumo específico promedio de energía eléctrica 3.7 [kWh/HL de leche]. Pérdidas por deficiencias en la refrigeración: 2 [L de leche/HL de leche vendida].

Para refrigerar la leche se contaba con tres tanques: dos tanques en Ichoa, que funcionaban con un banco de agua helada, y uno en Entre Ríos, que tenía un equipo de refrigeración.

Los problemas que se presentaban durante la refrigeración eran los siguientes:

- Debido a los frecuentes cortes eléctricos y a la falta de un sistema de respaldo de energía, los sistemas de refrigeración dejaban de funcionar, causando pérdidas de leche considerables. Durante el 2004 las pérdidas fueron de 19,200 L de leche/año.
- Los equipos de refrigeración eran encendidos y apagados manualmente provocando, en algunos casos, que estos equipos funcionen innecesariamente, aún cuando la leche ya había alcanzado la temperatura adecuada. En otras oportunidades, no se lograba encender los equipos a tiempo, provocando que la temperatura de la leche esté por encima de la temperatura requerida para su conservación. En el primer caso, se tenía un consumo excesivo de energía eléctrica y, en el segundo, la leche disminuía su calidad.
- En el centro de acopio de Entre Ríos, se alcanzaba la temperatura de 4°C luego de 7 horas de refrigeración, y en Ichoa, luego de 5 horas; esto implicaba, en ambos

casos, un alto consumo y costo de energía eléctrica, y una mayor posibilidad que se desarrollen bacterias.

- Los costos de mantenimiento de los equipos eran altos. Cada equipo, por su antigüedad, necesitaba un mínimo de dos reparaciones por año. El costo promedio de cada reparación era de 350 US\$.
- Los centros de acopio no tenían la suficiente cantidad de termómetros para medir la temperatura (se tenía un termómetro por centro de acopio). Por esta razón, utilizaban el mismo termómetro para medir la temperatura del banco de agua helada y de la leche, con el riesgo latente de contaminar la leche. Esta operación la realizaba el operario varias veces durante el día.
- Para la limpieza de los conductos y del filtro del tanque en Ichoa, se utilizaba una solución de hipoclorito de calcio,  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ , con una concentración entre 18.8 y 25 mg/L, aproximadamente. Para preparar la solución, el hipoclorito de calcio en polvo era disuelto en un vaso con un poco de agua y luego se diluía hasta alcanzar la concentración requerida. Una mala disolución de este producto podía ocasionar que algunas partículas queden atrapadas en el filtro y contaminen la leche posteriormente.

Situación actual: Consumo específico promedio de energía eléctrica 2.8 [kWh/HL de leche]. Pérdidas por deficiencias en la refrigeración 0 [L de leche/HL de leche vendida].

Para implementar esta recomendación, AGAPLE realizó las siguientes acciones:

- Se reemplazaron los tanques de refrigeración existentes. Ahora se cuenta con cinco tanques, uno para cada centro de acopio; cuatro de estos tanques son nuevos y tienen un equipo de refrigeración incorporado. El quinto funciona con un banco de agua helada al que se le instaló un controlador automático de temperatura para el agua y la leche, lo que permite al equipo encenderse y apagarse automáticamente, según los requerimientos de temperatura.

En el Cuadro 2, se encuentra un resumen de las características y ubicación de los tanques para refrigerar la leche, y las Figuras 9, 10, 12, 13 y 14 muestran las fotografías de estos tanques.

**Cuadro 2** Características de los tanques para enfriar la leche

Centro de Acopio	Capacidad [L]	Observaciones
Ichoa	3,000	Tanques con intercambiador de calor, control de temperatura y sistema de lavado automático
Entre Ríos	3,000	
23 de marzo	1,250	Tanques con intercambiador de calor, y control de temperatura
Cruce Chancadora	1,500	
Bulo Bulo	1,300	Tanque con banco de agua helada y control de temperatura para la leche y el banco de agua

**Fuente:** Información proporcionada por el personal técnico de AGAPLE



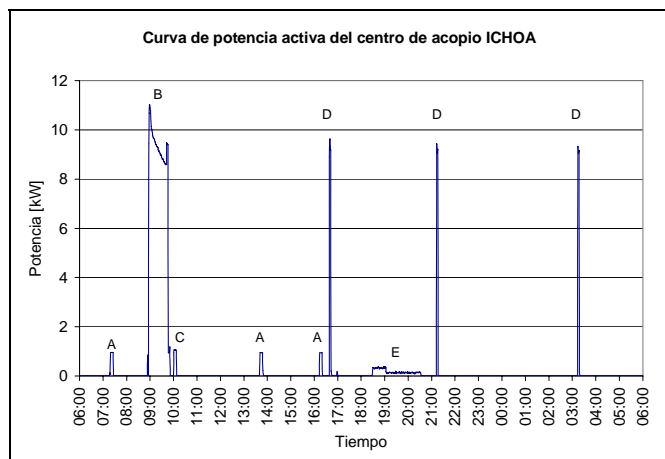
**Figura 9.** Tanque de enfriamiento en Ichoa (3,000 L)



**Figura 10.** Tanque de enfriamiento en Entre Ríos (3,000 L)

Con la instalación de estos tanques, se logró los siguientes resultados:

- Se consiguió reducir el tiempo de enfriamiento de 6 horas, en promedio, a 2 horas, para bajar la temperatura desde 24 °C a 3 °C.



**Figura 11.** Medición de 24 horas (22 de julio de 2005) realizada en el centro de acopio Ichoa. A) funcionamiento de la bomba de agua, B) funcionamiento del equipo de enfriamiento de la leche durante la recepción de la leche, C) funcionamiento de la bomba de IPILCRUZ D) funcionamiento del equipo de enfriamiento de la leche para reponer las pérdidas y mantener la leche refrigerada y E) corresponde a la iluminación.

- Se disminuyó el consumo de energía eléctrica, esto se debe a que todos los tanques tienen controladores automáticos. Una vez que la leche llega a la temperatura deseada, el equipo se apaga y sólo vuelve a encenderse para compensar las pérdidas de frío al ambiente. Las mediciones realizadas en el centro de acopio de Ichoa, muestran que el equipo se apaga una vez que la leche ha alcanzado una temperatura de 3 °C; volviendo a funcionar tres veces más en 24 horas, por periodos cortos de aproximadamente 5 minutos. Una alrededor de las 5 de la tarde, otra a las 8 de la noche y la última a las 3 de la mañana. (ver Figura 11).
- Se eliminó el riesgo de contaminar la leche. Todos los equipos cuentan con termómetros incorporados que registran la temperatura de la leche en forma continua, con esto se evita que la medición manual de la temperatura provoque contaminación, como ocurría anteriormente.



**Figura 12.** Tanque de enfriamiento en Cruce Chancadora (1,500 L)

- Se redujeron los costos de mantenimiento. Se capacitó a dos técnicos pertenecientes a la asociación para que puedan realizar el mantenimiento preventivo a estos equipos.



**Figura 13** Tanque de enfriamiento en 23 de Marzo (1,250 L)

- Se disminuyó el riesgo de contaminar la leche, debido a un mal uso de los detergentes. Actualmente la limpieza de los tanques se realiza de la siguiente manera: Los tanques de 3,000 L de capacidad tienen un sistema de limpieza automático con agua caliente. En promedio, cada tanque utiliza una garrafa cada dos meses. Para la limpieza, se utiliza detergentes especiales provistos por la empresa proveedora de los tanques, cuyos técnicos han capacitado a los operarios encargados de los centros de acopio en el uso y manejo adecuado de los detergentes.



**Figura 14** Tanque de enfriamiento y banco de agua helada en Bulu Bulu (1,300 L)

Adicionalmente, un técnico responsable de asistencia técnica de AGAPLE, realiza controles permanentes a los diferentes centros de acopio para verificar el manejo, limpieza y funcionamiento de los equipos.

### BENEFICIOS DE LA PRÁCTICA DE PML

Mediante la aplicación de medidas de PML, AGAPLE ha dado los primeros pasos para implementar un programa de Producción Más Limpia.

Con la implementación de estas medidas, AGAPLE logró mejorar la calidad de la leche y, por lo tanto, mejorar su precio y los ingresos de los productores. Según los datos registrados en el DPML, IPILCRUZ pagaba 0.85 Bs/L de leche (aproximadamente 0.10 US\$/L de leche), actualmente paga 1 Bs/L de leche (aproximadamente 0.12 US\$/L de leche). Este incremento se debe a que la calidad microbiológica de la leche ha mejorado. Los resultados de los análisis TRAM<sup>(3)</sup> de la leche, pasaron de clase B y C, en 2003 a clase A y B, en 2005. Revisando los registros de las liquidaciones de los productores, para un período de 3 meses de 2005, la leche de uno solo de los productores tenía TRAM clase C.

Con el cambio de los tanques de enfriamiento, el consumo de energía eléctrica disminuyó en 8,550 kWh, lo que significa un ahorro del 24% respecto a la situación anterior.

Si bien, durante la visita de seguimiento no se pudo cuantificar exactamente la cantidad de agua utilizada, sí se puede afirmar que su consumo ha disminuido. Actualmente, solo un equipo destinado a refrigerar la leche utiliza banco de agua helada, y las operaciones de lavado son realizadas de manera más eficiente.

La implementación del conjunto de recomendaciones descritas, permitieron que AGAPLE comercialice durante el 2004, 221,830 L de leche más que el 2003, lo que significa un incremento del 30%.

Un resumen de los beneficios ambientales y económicos mencionados, se muestran en los Cuadros 3 y 4.

**Cuadro 3.** Mejoras en el desempeño de AGAPLE según indicadores medidos antes y después de implementar las recomendaciones de PML

Indicador de desempeño	Antes	Después	Reducción (aumento)	% Reducción (aumento)
Incidencia de mastitis en el ganado lechero de la asociación [casos atendidos/vacas x año]	0.22	0.036	0.184	84
Rendimiento promedio diario de leche [L de leche/vaca x día]	3.5	4.5	(1.0)	(29)
Costo de transporte [US\$/HL de leche]	0.64	0.17	0.47	73
Pérdidas de leche por mal funcionamiento de los equipos de frío [L de leche / HL de leche acopiada] (rendimiento)	2.0	0.0	2.0	100
Consumo de energía eléctrica [kWh/HL]	3.7	2.8	0.9	24
Precio de la Leche [US\$/L de Leche]	0.10	0.12	(0.02)	(20)
Aumento en la cantidad de leche comercializada [L/año]	738,150	959,980	(221,830)	(30)

<sup>(3)</sup>TRAM se refiere al "tiempo de reducción de azul de metileno" y es un análisis realizado para medir la calidad microbiológica de la leche (por ejemplo, número de bacterias presentes por mL).

**Cuadro 4.** Inversiones, ahorros, retornos y beneficios ambientales.

Medida	Inversión [US\$]	Beneficios económico [US\$/año]	Retorno [%]	Beneficio ambiental
<b>1. Mejorar las condiciones de ordeño</b>	50,000 (construcción de salas de ordeño)	22,180 (aumento en la cantidad de leche comercializada) <sup>4</sup>	83	Estas medidas disminuyeron aproximadamente 24,900 L/año de leche que se desperdiciaba y posibilitan la recuperación y almacenamiento de agua de lluvia para la alimentación y limpieza del ganado lechero.
<b>2 Mejorar la nutrición de las vacas lecheras en la etapa de gestación</b>		19,200 (incremento en el precio de la leche)		
<b>3 Optimizar el transporte de leche y el manejo de tachos</b>	2,300 (compra de tachos)	4,500 (reducción en el costo de transporte)	18	Se evita el derrame de 25,200 L/año de leche durante el transporte y al disminuir el consumo de diesel en el transporte, se emite menor cantidad de gases de combustión durante el transporte de leche.
	22,500 (compra de 5 vehículos pequeños)			
<b>4 Reemplazar los tanques de refrigeración</b>	51,000 (compra de 4 tanques de refrigeración de la leche)	1,200 (reducción del consumo de energía eléctrica)	5.1	Se disminuye el consumo de energía eléctrica en 8,550 kWh/año. Se evita la pérdida de 2,800 L de leche debido al manipuleo inadecuado. Se evita el derrame de al menos 19,200 L de leche/año por mal funcionamiento de los equipos de refrigeración.
		(2,110) (reducción de las pérdidas de leche por mal funcionamiento de los equipos) <sup>6</sup>		
		1,400 (reducción de costos de mantenimiento y reparación de los equipos)		
<b>Total</b>	<b>125,800</b>	<b>48,480</b>	<b>39</b>	



Av. Mcal. Santa Cruz, N° 1392, Edif. Cámara Nacional de Comercio, Piso 12  
Telf: (591-2) 2319891, Fax: (591-2) 2319903  
Casilla 2603  
Página Web: [www.CPTS.org](http://www.CPTS.org)  
Correo electrónico: [direccion.ejecutiva@cpts.org](mailto:direccion.ejecutiva@cpts.org)  
La Paz - Bolivia



<sup>4</sup> El beneficio económico debido al aumento en la cantidad de leche comercializada, no sólo es debido a la implementación de estas 2 medidas, es resultado de la implementación del conjunto de todas las medidas descritas en el presente documento

<sup>5</sup> Esta cantidad está calculada en base al rendimiento de leche que se tiene por vaca y la cantidad de leche que comercializo AGAPLE

<sup>6</sup> El beneficio económico proveniente de la disminución de pérdidas están incluidos en dentro los beneficios económicos de la medida 1