



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Desarrollo de un indicador para evaluar la eficiencia del uso de agua a nivel predial

*Especialización en Gestión Ambiental en Sistemas
Agroalimentarios*

Ariel Dejtjar

Licenciado en Ciencias Ambientales (UBA)

Tutora

M. Alejandra Herrero

Ingeniera Agrónoma, Doctora (UBA)

Co-tutor

Pablo O. A. Cañada

Ingeniero Agrónomo (UBA)

2019

Agradecimientos

A los directores de la Especialización en Gestión ambiental en sistemas agroalimentarios, Dr. Esteban Ciarlo y Ing. Agr. MSc. Lidia Giuffré por la dedicación y acompañamiento a lo largo de toda la carrera.

A la Dra. Alejandra Herrero por la increíble fuerza, paciencia y determinación desde el primer momento hasta el final. Por su enorme conocimiento y su disposición a compartirlo.

Al Ing. Agr. Pablo Cañada por su compañerismo, compromiso y buena voluntad a lo largo del desarrollo de este trabajo, por los mates compartidos durante los viajes y los debates interminables.

A Mastellone Hnos., en especial a Gerardo Vasallo, Pablo Pérez, Alejandro Uesugui, Edgardo Vocabelli, y a todo su equipo de trabajo por el tiempo y la predisposición a trabajar en estos temas y por abrir vías de comunicación con los establecimientos estudiados.

A los productores y trabajadores que abrieron las puertas de sus establecimientos y dedicaron su tiempo durante las charlas, las visitas, la instalación de los caudalímetros y su compromiso durante el registro diario la información.

A mi familia por el apoyo de siempre, por mantenerse incondicional y estar presente en cada etapa de mi vida, siempre.

A mi novia no solo por su motivación incondicional y por aguantar el día a día de este proceso, sino por ser fuente de innumerables aportes a este trabajo.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Resumen: Los sistemas de producción lecheros en Argentina presentaron un gradual crecimiento a lo largo de las últimas décadas, caracterizado por un proceso de intensificación, producto de la competencia por la tierra entre la lechería y la agricultura, y el aumento del precio de la tierra, entre otras razones. El creciente proceso de intensificación implicó mayor presión sobre los recursos naturales como consecuencia de la necesidad de extraer más agua para llevar a cabo la producción y además por la generación de aguas residuales (efluentes/purines) que pueden afectar principalmente a la calidad del agua y del suelo. Es por esto que, cada vez más, existe la necesidad de gestionar de manera adecuada el uso del recurso hídrico y los efluentes para lograr una producción sostenible en el tiempo. El efluente generado en los establecimientos lecheros está constituido por una parte sólida (principalmente estiércol, tierra, piedras y restos de alimentos) y una parte líquida (agua, restos de leche, orina y productos de limpieza, entre otros). El principal constituyente, en este efluente, es el agua utilizada para el lavado de corrales, patios de alimentación, máquinas de ordeño y el agua proveniente de la placa de refrescado, en los casos en los que esta no se recupera. Disminuir el uso de agua conlleva a reducir los volúmenes de efluentes generados por el establecimiento, aumentando a su vez la concentración de nutrientes en el mismo, lo que facilita su re-uso como fertilizante. Para lograr esta disminución es necesario conocer el volumen de agua utilizado y el destino de la misma, para luego analizar y establecer alternativas de reducción. El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso y consumo de agua en tambos comerciales para identificar puntos críticos en su manejo, desarrollar indicadores para su evaluación y proponer estrategias para mejorar su eficiencia de utilización. Para esto se estudiaron tres tambos ubicados en la Cuenca de Abasto de Buenos Aires, donde se realizaron mediciones y estimaciones del consumo de agua para bebida animal, el pre-enfriado de la leche, el lavado de la máquina de ordeño y el tanque enfriador, la limpieza de la sala de ordeño y corrales y la preparación de las ubres previo al ordeño. Se logró establecer una metodología para establecer el consumo basal de agua para cada establecimiento, y se estableció al indicador agua/leche como una herramienta útil para comparar la eficiencia del uso de agua entre establecimientos. Las alternativas de reducción planteadas presentaron bajas en el consumo de agua de hasta un 46%, demostrando que una gestión enfocada en mejorar el uso del agua permitiría aumentar de manera contundente la eficiencia de cada establecimiento. Esta información pretende contribuir a la toma de decisiones en la gestión de los establecimientos lecheros tendiente a lograr la sustentabilidad de la actividad.

Palabras clave: Producción lechera, calidad de efluentes, gestión del agua, manejo de purines, tambo sustentable

Contenido

1. Introducción.....	5
1.1. Objetivos.....	16
2. Metodología.....	17
2.1. Elección de establecimientos.....	18
2.2. Evaluación del circuito de agua	21
2.3. Identificación de usos de agua	22
2.4. Desarrollo de metodología de estimación y su validación	22
2.4.1. Agua para bebida animal (B).....	23
2.4.2. Agua para el pre-enfriado de leche (P)	24
2.4.3. Lavado de máquina de ordeño (M)	25
2.4.4. Lavado de tanque enfriador (T).....	27
2.4.5. Limpieza de sala de ordeño y corrales (L)	28
2.4.6. Preparación de ubres (Pu)	28
2.5. Indicador de eficiencia de uso del agua.....	29
2.6. Evaluación de alternativas de reducción.....	30
2.7. Puntos críticos en la gestión del recurso hídrico.....	31
3. Resultados y discusión.....	32
3.1. Desarrollo de metodología de estimación y su validación	32
3.1.1. Agua para Bebida animal (B)	32
3.1.2. Agua para el pre-enfriado de la leche (P).....	35
3.1.3. Lavado de máquina de ordeño (M)	38
3.1.4. Lavado de tanque enfriador (T).....	39
3.1.5. Limpieza de sala de ordeño y corrales (L)	40
3.1.6. Preparación de ubres (Pu)	42
3.1.7. Síntesis de resultados	43
3.2. Indicador de eficiencia de uso del agua.....	48
3.3. Evaluación de alternativas de reducción.....	50
3.4. Puntos críticos en la gestión del recurso hídrico.....	53
4. Conclusiones y consideraciones finales	61
5. Bibliografía	64

1. Introducción

La producción lechera en Argentina es una de las actividades ganaderas más importantes del sector agropecuario, siendo responsable del desarrollo a nivel nacional y del crecimiento de numerosas economías regionales. Actualmente Argentina se posiciona como el segundo productor de leche cruda de Latinoamérica después de Brasil y ocupa el decimosegundo lugar a nivel mundial (OCDE/FAO, 2015).

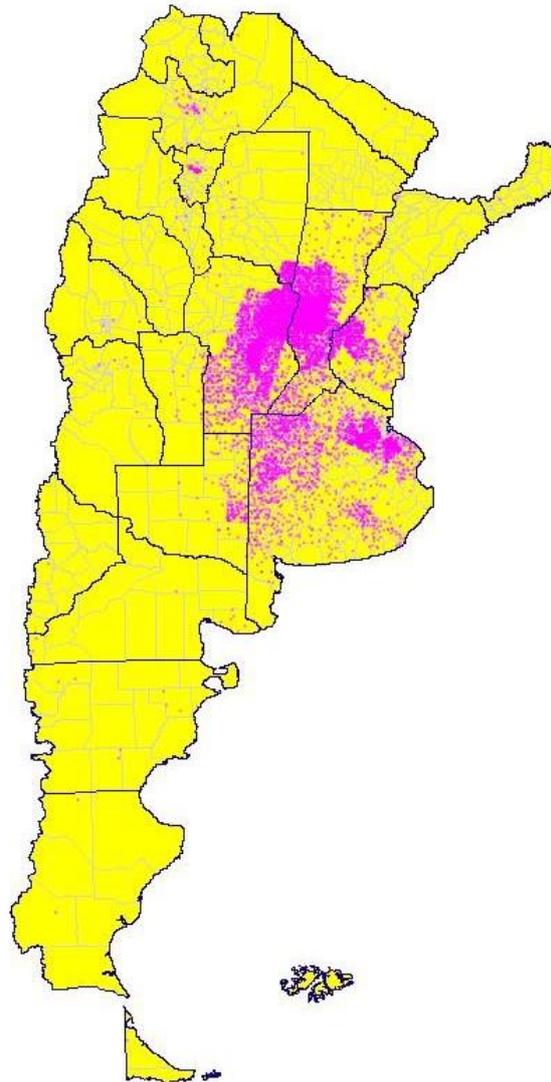
Esta actividad se concentra en la Región Pampeana, conformada por las provincias de Santa Fe, Córdoba, Buenos Aires, Entre Ríos y La Pampa (Figura 1). Los sistemas productivos dentro de esta región se caracterizan por su gran heterogeneidad, coexistiendo sistemas pastoriles y sistemas completamente estabulados, incluyendo todo un gradiente de niveles de intensidad productiva.

De acuerdo con los últimos datos oficiales disponibles informados por el Observatorio de la Cadena Lactea Argentina (OCLA) en el año 2018 habían 10.722 tambos en el país distribuidos en las provincias de Córdoba, Santa Fe, Buenos Aires, Entre Ríos, La Pampa, y Santiago del Estero, principalmente, y el resto en zonas de menor concentración de tambos. Durante ese año, el 22% de estos establecimientos se ubicaban en la provincia de Buenos Aires, ocupando de este modo el tercer puesto en orden de importancia como provincia productora de leche, superada solo por Santa Fe (34%) y Córdoba (30%).

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires



Distribución de los Establecimientos con Actividad de Tambo



Fuente: Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales – Dirección Nacional de Sanidad Animal
Información según SIGSA al día 31/03/2015
El punto indica la existencia de un establecimiento en el departamento y no su localización geográfica

Figura 1 Distribución de los establecimientos con actividad de Tambo en Argentina (SENASA)

La producción de leche en el país mantuvo un gradual crecimiento a lo largo de las últimas décadas, presentando un incremento del 2,2% promedio anual para el período 1990 – 2018, considerando los datos publicados por el Ministerio de Agroindustria (Figura 2).

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

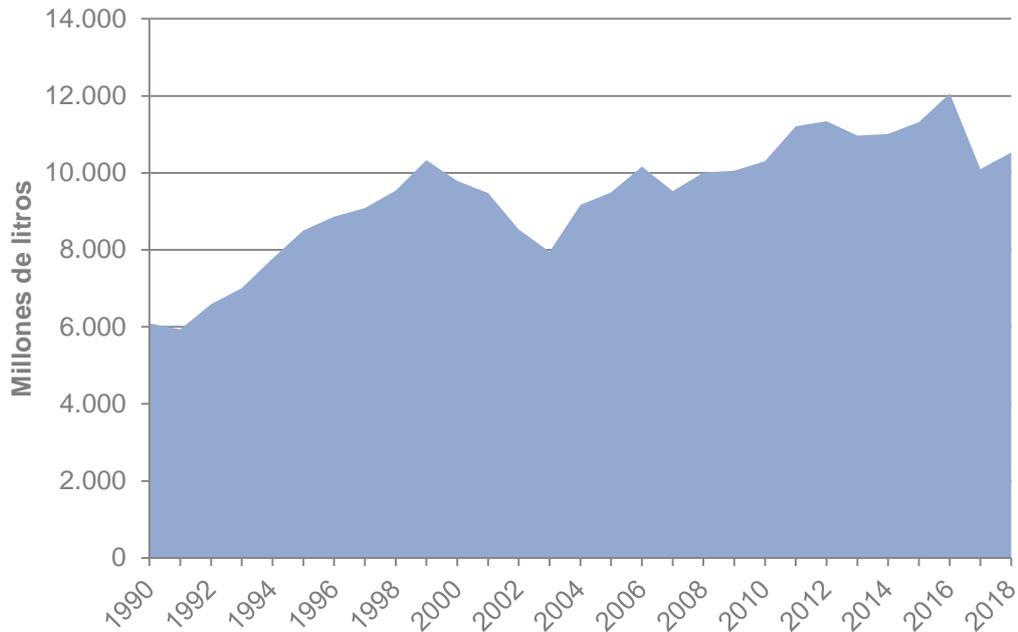


Figura 2 Evolución de la producción nacional de leche (1990 – 2018).

Fuente: Elaboración propia en base a datos publicados por la Subsecretaría de lechería del Ministerio de Agroindustria de la Nación (Agroindustria, 2016) y el Observatorio Nacional de la Cadena Láctea Argentina (OCLA)

Este crecimiento se ha caracterizado por un proceso de intensificación y concentración, producto de la disminución del número de tambos, el aumento en el tamaño de los rodeos, la carga animal por hectárea, y el incremento de la producción de leche por vaca (Gastaldi *et al.*, 2016; Chomicz y Gambuzzi, 2007; FunPel, 2013; Sánchez *et al.*, 2012; Taverna *et al.*, 2004), acompañado también por una mayor incorporación de tecnología en los sistemas productivos.

En el siguiente gráfico (Figura 3) se observa como la producción de leche mantuvo un crecimiento a lo largo del tiempo a pesar de que el número de establecimientos lecheros se redujo casi un tercio entre 1988 y 2017 y que las vacas totales se mantuvieron cuasi constantes en el período analizado, ilustrando de este modo la intensificación del modelo productivo.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

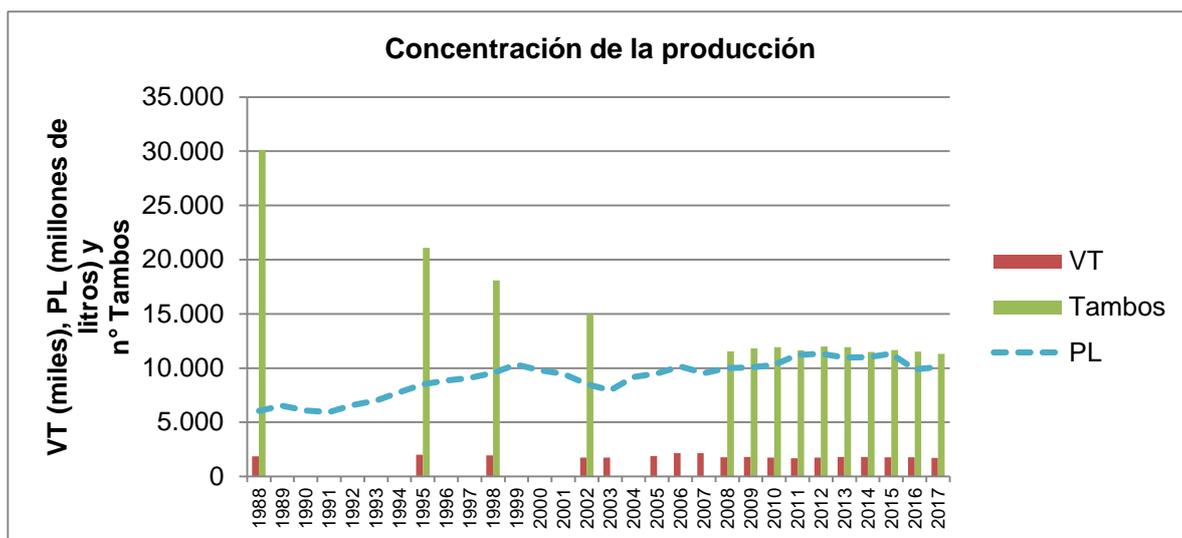


Figura 3 Evolución de la producción nacional de leche (PL), tambos y Vacas totales (VT)

Fuente:

- Datos de Vacas: reconstrucción en base a datos de INDEC (CNA88), SAGPyA, SENASA (RESNPA 04/09) estadísticas de la Dirección de ganadería.
- Datos de tambos: OCLA y SENASA
- Producción de leche: Subsecretaría de Lechería - Ministerio de Agroindustria de la Nación.

En esta transformación del modelo de producción, se observan menos tambos con más vacas, y con crecimiento productivo sostenido principalmente por el incremento de la carga animal por hectárea y por el aumento de la producción individual de leche. Para lograr esto los sistemas se han complejizado, requiriendo a su vez mayor cantidad de insumos asociados.

Estos cambios se han traducido en el aumento de la presión de esta actividad sobre los recursos naturales. En la Figura 4 se esquematiza como el proceso de intensificación ejerce presión sobre los principales recursos de la región.

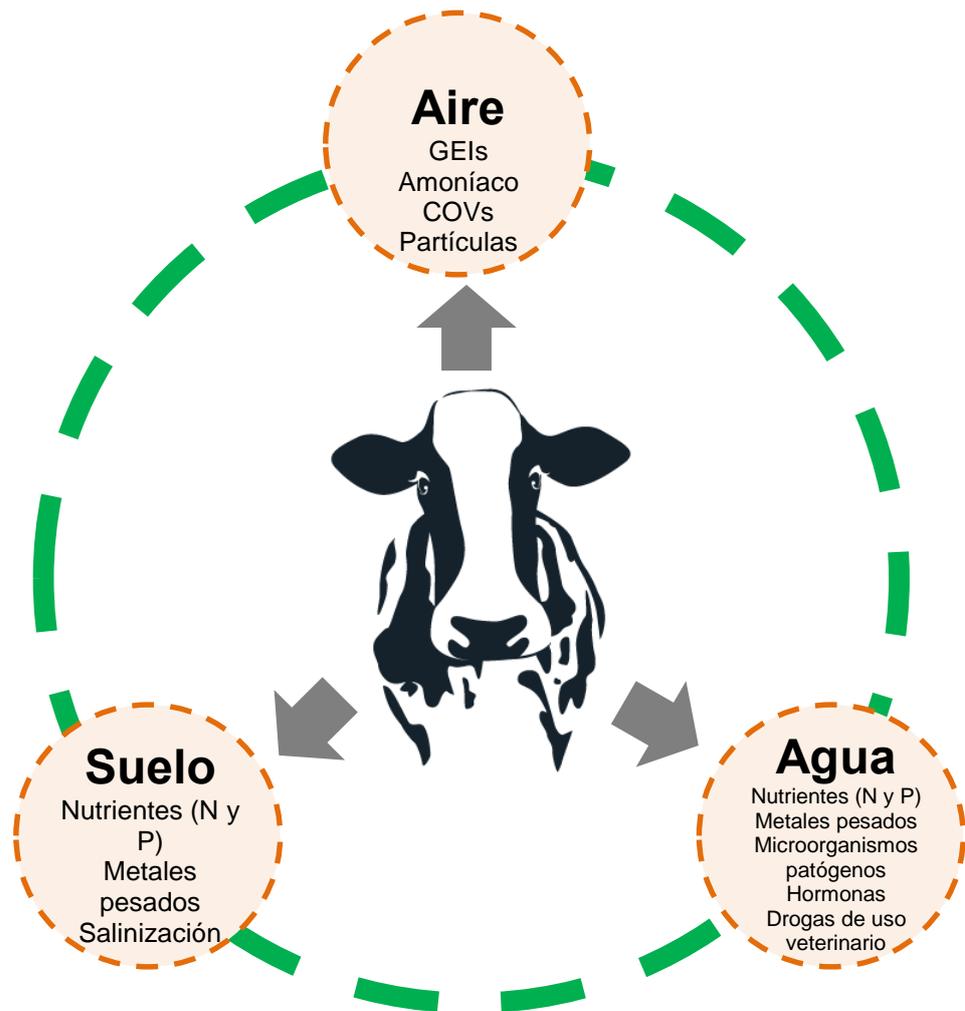


Figura 4 Presión de la producción lechera sobre los principales recursos naturales (Elaboración propia en base a Herrero y Gil, 2008).

Uno de los cambios más significativos generados durante la intensificación es el incremento de la alimentación de los animales con silajes y concentrados, por sobre las pasturas. Al contrario de lo que sucede en sistemas pastoriles donde las excretas se redistribuyen en los potreros, a medida que aumenta el tiempo de los animales en los corrales de alimentación, bebederos e instalaciones en general, las deyecciones se acumulan en zonas específicas del establecimiento convirtiéndose de este modo en una fuente de contaminación puntual. Adicionalmente, el crecimiento de la carga animal implica un mayor consumo de agua (Callinan, L., 2009) tanto para bebida como también para la limpieza de instalaciones y un mayor uso de productos de limpieza y drogas de uso veterinario en el establecimiento. A continuación se detalla específicamente

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

de qué manera son afectados los compartimientos suelo, aire y agua como consecuencia de la intensificación de la producción.

Impactos en el Suelo

El impacto de esta actividad en el suelo involucra cambios estructurales, químicos y biológicos, generados como consecuencia del desbalance nutricional de los mismos, el pisoteo del ganado y la erosión consecuente.

En general en sistemas de producción tradicionales de base pastoril, el suelo y los procesos llevados a cabo en el mismo se encuentran en relativo equilibrio. Mediante el pastoreo el animal extrae del pasto los nutrientes necesarios para mantener su metabolismo y producir leche; pero por ejemplo en vacas que producen 30 L/día, cerca del 80% del nitrógeno, 65% del fósforo y más del 90% del potasio consumido es devuelto al sistema ya que estos nutrientes no son retenidos en el organismo del animal, ni transformados en leche (Van Horn et al, 1994). En estos sistemas es el mismo pastoreo la manera por la cual (mediante las excretas) los nutrientes se redistribuyen en el suelo. En menor medida, los nutrientes que no reingresan a las pasturas se concentraran en áreas no productivas, tales como las instalaciones de ordeño, callejones, corrales y aguadas (Herrero, 2014). A medida que los sistemas se intensifican y los animales pasan mayor tiempo en estas áreas, los desbalances nutricionales aumentan. En los sistemas donde se realiza la cosecha mecánica del forraje para alimentar al ganado, se genera una fuerte extracción de nutrientes que no serán devueltos por el animal al lote (Diez, 2012), produciéndose una transferencia de nutrientes desde potreros hacia estas áreas no productivas, generando de este modo perdidas de fertilidad en el campo y acumulación de nutrientes en otros sectores. Adicionalmente la pérdida progresiva de materia orgánica y nutrientes genera la necesidad de incorporar mayor cantidad de fertilizantes al sistema, si se desean mantener los mismos niveles de fertilidad del suelo, acentuando aún más el desbalance de nutrientes a nivel predial. Del mismo modo ocurre con los nutrientes ingresados al sistema en forma de alimentos externos (concentrados, silajes, suplementos, etc.).

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Con los alimentos también ingresan metales pesados, como arsénico, cobre, cobalto, manganeso, selenio y cinc (Herrero y Gil, 2008), los cuales pueden irse acumulando a lo largo del tiempo. Otra fuente de contaminación a tener en consideración son las hormonas, los productos veterinarios y sanitarios y los patógenos provenientes del estiércol de los animales.

Ha sido estudiado que el exceso de excretas animales y productos sanitarios puede acarrear la salinización del suelo como consecuencia de las alteraciones en la composición iónica del mismo (Andriulo, 2003).

En el caso de los patógenos, la supervivencia de los mismos tanto en las heces como en el suelo convierte este tipo de contaminación en un problema que puede abarcar hasta más de un año (Tabla 1).

Tabla 1 Supervivencia de patógenos en excretas (heces) y suelo (Burton y Turner, 2003 citado por Herrero y Gil, 2008)

Patógeno	Supervivencia en heces (días)	Supervivencia en suelo (días)
<i>Salmonella</i> sp.	165 - 190	< 60 - 380
<i>Escherichia coli</i>	70	45 - 400
<i>Mycobacteria paratuberculosis</i>	>350	350
<i>Campilobacter</i> sp.	1	s/d
<i>Brucella</i> sp.	30	125
<i>Listeria</i> sp.	100 - 500	350
<i>Streptococci</i> sp.	170	60

Impactos en el Aire

Los impactos en este caso son generados como consecuencia de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), amoníaco, compuestos volátiles, y partículas, causantes de la contaminación del aire y contribuyendo al cambio climático (Herrero y Gil, 2008).

Los principales GEIs producidos por esta actividad son el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) (Herrero y Gil, 2008). En la última Comunicación Nacional de Gases de Efecto Invernadero ante las Naciones Unidas, la Argentina informó

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

un total de 429.437 tn de CO₂ equivalente emitidos en el año 2012, de las cuales el sector “Agricultura y Ganadería” fue responsable de 119.499 tn de CO₂ equivalente, representando de este modo cerca del 28% de las emisiones totales del país y siendo el segundo mayor emisor a nivel nacional (SAyDS, 2015).

Del total de este sector, el 41% de GEIs provienen de ganadería fundamentalmente producidos por la fermentación entérica y el manejo del estiércol (SAyDS, 2015).

El proceso biológico denominado fermentación entérica genera metano durante la digestión del alimento en el estómago del animal como consecuencia de la fermentación realizada por los microorganismos. Estos microorganismos desdoblan la celulosa ingerida, transformándola en productos que pueden ser absorbidos y utilizados por el animal. Durante este proceso se produce metano como subproducto que puede ser exhalado o eructado por el animal (Berra y Finster, 2002).

Las excretas también son fuente de emisión de metano, óxido nitroso y amoníaco. El metano se genera como consecuencia de la descomposición anaeróbica de los ácidos formados desde los componentes celulósicos de la materia orgánica (Burton y Turner, 2003). Este proceso está fuertemente asociado a la digestibilidad de la dieta, la temperatura ambiental, la humedad del estiércol, el tiempo de almacenamiento y manejo del mismo (Herrero, 2014). La cantidad de emisiones provenientes de las excretas de las vacas lecheras varían entre 14 y 44 kg CH₄.animal⁻¹.año⁻¹ dependiendo el clima (IPCC, 2002).

Por otro lado, el óxido nitroso se genera como parte del ciclo del nitrógeno, a través de la denitrificación del nitrógeno orgánico presente en el estiércol y orina del ganado (Berra y Finster, 2002). Estas emisiones dependen de la calidad de las excretas y por consecuente de la alimentación y la eficiencia de conversión de los alimentos de cada animal (Herrero y Gil, 2008).

También se producen emisiones indirectas resultantes de las pérdidas de nitrógeno volátil fundamentalmente en forma de amoníaco y óxidos de nitrógeno. El amoníaco originado por este tipo de producción proviene de la volatilización del nitrógeno de la urea contenida en la orina (Herrero y Gil, 2008). Este tipo de

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

contaminación tiene un alcance local (malos olores) y regional (lluvia ácida) (Herrero, 2014).

Por otro lado la presencia de compuestos volátiles provenientes del almacenamiento y tratamiento de excretas generan olores. Adicionalmente, pueden desprenderse al aire partículas de polvo tanto de los alimentos como de la cama de los animales en el caso de tambos estabulados, o de los pisos de corrales de tierra.

Impactos en el Agua

El agua es un recurso fundamental en los establecimientos lecheros, ya que no sólo es utilizada como nutriente (bebida animal), sino que también es necesaria en actividades relacionadas con la rutina de ordeño y la higiene del tambo, como por ejemplo el pre-enfriado de la leche con el equipo intercambiador de calor a placas (ICP), la higiene de los animales y de los equipos, la limpieza de las instalaciones, la administración de ciertos medicamentos y también la evacuación de las aguas residuales. En la tabla 2 puede observarse el consumo estimado de agua en las instalaciones de ordeño de un tambo promedio de 100 vacas en ordeño para la región pampeana (Herrero, 2014).

Tabla 2 Consumo de agua en instalaciones de ordeño equivalente a un tambo de 100 vacas en ordeño con una producción de 20L/VO/día (Herrero, 2014).

Uso	Litros de agua / día	% respecto del total
Consumo total diario	13.500 - 18.000	100%
Intercambiador de calor a placas	9.500 - 13.500	69 - 73,5 %
Manguera lava-tetas	300 - 600	2 - 3,5 %
Sala de ordeño	700 - 1.000	5 - 6 %
Corrales de ordeño	2.500 - 2.800	15 - 16 %
Máquinas de ordeño	250 - 280	1,5 - 1,5 %
Tanque frío	105 - 135	0,05 - 1 %

En un estudio realizado en 38 tambos de tres cuencas lecheras de la provincia de Buenos Aires se estimó mediante el cálculo del indicador

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

denominado Huella Hídrica¹ (Hoekstra, 2012), una huella promedio de 953 L agua/ L leche producido durante todo el ciclo productivo, correspondiendo a la Huella Verde el 98% y a la Huella Azul solo el 2% (Salcedo, 2015), evidenciando la importancia del agua para esta actividad.

El agua utilizada en la mayoría de los establecimientos lecheros de la provincia de Buenos Aires proviene de perforaciones subterráneas. En ciertos casos estas pueden presentar contaminación como consecuencia de infiltración de aguas con exceso de nutrientes, como es el caso de las aguas residuales generadas durante la producción en el tambo. Acorde a esta situación, en otro estudio realizado al norte de la provincia de Buenos Aires, más del 50% de 2.500 perforaciones analizadas presentaban un riesgo para la salud de la población rural residente, de los animales y de la calidad de los productos agropecuarios (Herrero *et al.*, 2008).

La contaminación del agua se produce como consecuencia del ingreso de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo), metales pesados, microorganismos patógenos, hormonas y/o drogas de uso veterinario (Herrero y Gil, 2008) a los cuerpos de agua superficiales y/o a cuerpos de agua subterráneos.

La entrada de nitrógeno y fósforo a los cuerpos de agua puede producir serios impactos en la calidad de la misma. Se ha demostrado una fuerte relación causa-efecto entre la actividad ganadera y la polución difusa en cursos de agua superficiales, en especial de su eutrofización por altas concentraciones de nitrógeno y fósforo (Alfaro y Salazar, 2005).

Nitrógeno: Existe una relación positiva entre la ingesta de nitrógeno en la dieta y su emisión en las heces (Castillo *et al.*, 2000). Al aumentar la entrada de alimentos externos con mayor cantidad de nitrógeno y adicionado al incremento en el uso de fertilizantes nitrogenados, se produce un exceso de este nutriente

¹ Huella Hídrica: indicador multidimensional compuesto por las huellas verde, azul y gris:

- Azul: Volumen de agua consumida por incorporación o evaporación en un proceso evaluado.
- Gris: Volumen de agua necesaria para llevar la contaminación producida por un efluente a estándares de calidad ambiental establecidas por la norma.
- Verde: Volumen de agua de lluvia que se incorpora en la capa de vegetación.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

en el sistema, que puede alcanzar las aguas subterráneas por infiltración o a cuerpos superficiales por escorrentía. En un estudio realizado en un tambo ubicado en Castelli, provincia de Buenos Aires, se encontraron niveles de nitratos superiores a los permitidos por el Código Alimentario Argentino (hallado: 84 ppm, CAA Max: 45 ppm) en las perforaciones que se encontraban cercanas a los sectores de concentración de animales, asociado a la presencia de excretas animales y la fácil lixiviación de los contaminantes (Herrero *et al*, 2008b).

Fósforo: Del mismo modo, el incremento de la ingesta de alimentos externos con mayor cantidad de fósforo y de la aplicación como fertilizante, aumenta el excedente este nutriente en el sistema. A diferencia del nitrógeno, el fosforo es relativamente insoluble y se une fuertemente a las partículas del suelo. Por lo que el mismo llega a los cursos de agua cuando el suelo se erosiona y durante procesos de escorrentía. La llegada de este nutriente a cuerpos de agua puede producir eutrofización.

En este contexto, la gran demanda de agua necesaria y la progresiva pérdida de calidad del recurso vinculada a las decisiones sobre el sistema de producción y los procesos que involucran impactos en la calidad del suelo y aire, se observa la necesidad de contemplar una visión integral de esta actividad productiva para que sea sustentable. En este sentido para lograr una buena gestión del recurso hídrico es necesaria la evaluación del uso y la eficiencia de su manejo como estrategia para lograr una producción sostenible a largo plazo.

1.1. Objetivos

El objetivo de este trabajo fue estudiar el manejo del recurso hídrico llevado a cabo en tambos de la Provincia de Buenos Aires y determinar los criterios básicos para su adecuada gestión con el propósito de aportar información para que el proceso de intensificación existente en este tipo de actividad sea sostenible a lo largo del tiempo.

En concreto, se trabajó los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Desarrollar una metodología sencilla de estimación del consumo de agua que pueda ser utilizada en otros tambos de la provincia.
- ✓ Conformar un indicador que permita evaluar la eficiencia del uso de agua a nivel predial.
- ✓ Evaluar el impacto de las alternativas de reducción y re-uso del recurso en el indicador de eficiencia.
- ✓ Determinar puntos críticos en la gestión del recurso.

Nota: A pesar de su tinte científico, este trabajo comprende una intervención práctica en la temática abordada que tiene como objetivo generar conocimiento necesario para el proceso de evaluación de nuevas normativas (proceso dentro del cual se encuentra vinculado tanto el autor como los tutores de este trabajo, junto al Ministerio de Agroindustria y la Autoridad del Agua de la provincia de Buenos Aires). Es por esto que se pretende generar información para poder ser utilizada como herramienta para la gestión sustentable de los tambos.

2. Metodología

Para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo el proyecto se dividió en 5 etapas. **Etapa 1:** Se seleccionaron tambos piloto donde se evaluó el circuito de agua y los diferentes usos del agua en cada uno. **Etapa 2:** Luego se procedió a desarrollar una metodología de estimación teórica del consumo de agua para constatar con los consumos medidos y así poder validar la estimación para cada uso y tambo. **Etapa 3:** En base a los resultados obtenidos se evaluó el uso de un indicador de eficiencia del uso de agua. **Etapa 4:** Con este indicador de eficiencia fue posible evaluar el impacto de las diferentes alternativas de reducción de consumo de agua. **Etapa 5:** Finalmente, se determinaron los puntos críticos de la gestión del recurso en base a lo observado en el desarrollo de este trabajo. En el siguiente diagrama (Figura 5) se resumen las actividades mencionadas.

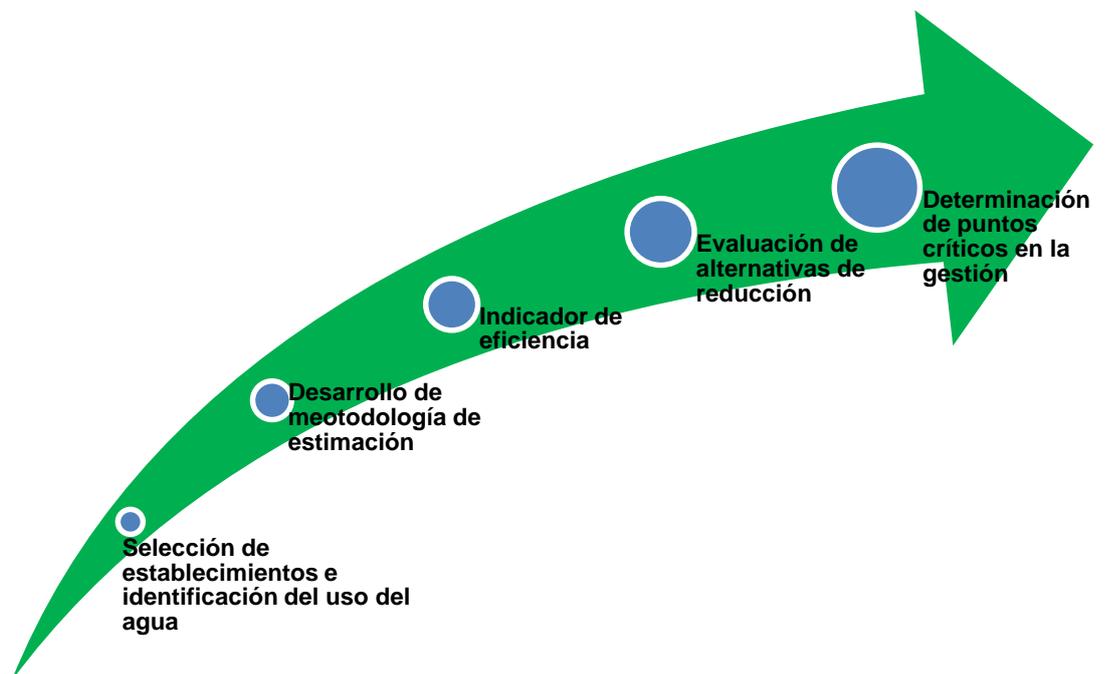


Figura 5 Diagrama de progreso de trabajo.

2.1. Elección de establecimientos

Para la selección de los establecimientos se siguieron cuatro criterios: la localización, la cantidad de vacas en ordeño (VO), el sistema de producción y el nivel de producción de leche individual.

– **Localización:** Los establecimientos seleccionados se encuentran ubicados dentro de las tres cuencas lecheras más importantes de la provincia, responsables de casi el 80% de la producción en la misma: Cuenca Abasto Norte (Partido de Luján), Cuenca Abasto Sur (Partido de 9 de Julio y la Cuenca Oeste (Partido de Lincoln) (Figura 6).



Figura 6 Localización de los tambos pilotos seleccionados

Las unidades bajo estudio definidas se ubican en la pradera pampeana. Los suelos de esta zona corresponden al orden de los Molisoles, principalmente al gran grupo de los Hapludoles; los mismos son suelos moderadamente profundos y de topografía con pendientes pronunciadas. El clima es templado húmedo con precipitaciones medias anuales de entre 900 y 1.000 mm y temperaturas medias anuales entre 16 y 17 °C (Figura 7).

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

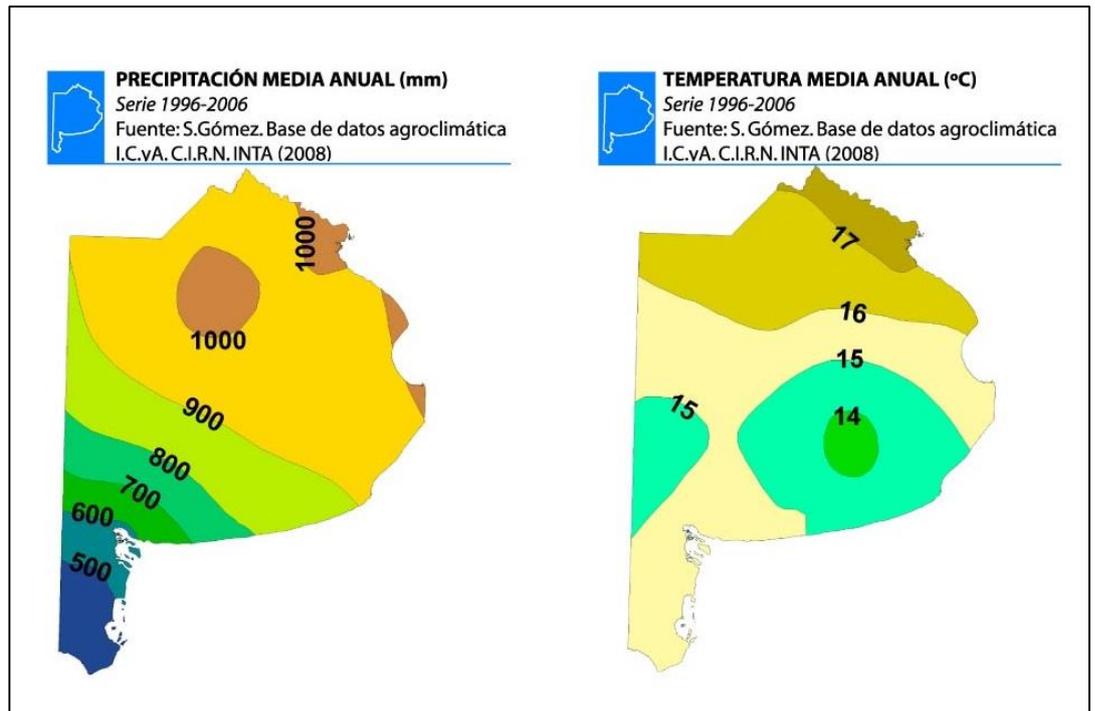


Figura 7 Precipitación media anual y temperatura media anual de la provincia de Buenos Aires. (Cruzate et. al., 2008)

– **Cantidad de VO:** De acuerdo a las estadísticas del SENASA, la gran mayoría de los establecimientos de la provincia presentan un tamaño de rodeo entre 101 y 500 vacas (Figura 8), por lo que se seleccionaron para este trabajo tambos con un número de VO dentro de este rango con el objetivo de que los mismos sean representativos de la mayor cantidad de establecimientos de la provincia y puedan ser comparados entre sí.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

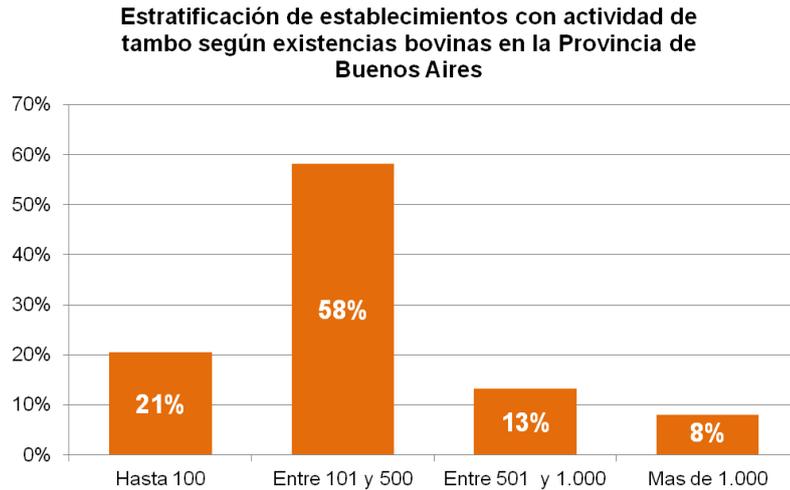


Figura 8 Estratificación de establecimientos con actividad de tambo según existencias bovinas en la Provincia de Buenos Aires.

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Sistema de Gestión Sanitaria/SIGSA - Dirección de Control de Gestión y Programas Especiales - Dirección Nacional de Sanidad Animal – SENASA para el año 2015.

– **Nivel de producción:** También fue considerado el nivel de producción de los tambos, tomando como referencia un rango de producción individual entre 20 y 30 L vaca⁻¹.día⁻¹; que corresponde a valores de buena productividad, superior a la media nacional (17,5 L vaca⁻¹.día⁻¹, Gastaldi *et al.*, 2017). Estos valores sitúan a los establecimientos estudiados dentro de los estratos de producción entre 4.000 – 6.000, 6.000 – 10.000 y más de 11.000 litros diarios identificados por el Observatorio de la Cadena Láctea Argentina, representando de este modo al 15% de los tambos del país (OCLA, 2018).

– **Sistema productivo:** los sistemas de producción predominantes en la región son los pastoriles con suplementación, por lo que esta condición también fue considerada en la selección (Gastaldi *et al.*, 2016; Chimicz y Gambuzzi, 2007).

En la siguiente tabla se resumen las características de los establecimientos elegidos siguiendo los criterios de selección mencionados.

Tabla 3 Descripción de características productivas de tambos bajo estudio

	Tambo Lujan	Tambo 9 de Julio	Tambo Lincoln
Sistema de producción	Pastoril con suplementación		
Vacas en ordeño	178	298	410
Producción individual (Lts/d)	30	24	27
Producción del tambo (lts/día)	5.535	7.152	11.070

2.2. Evaluación del circuito de agua

Con el objetivo de comprender el uso del agua en los tambos fue necesario caracterizar el circuito de agua en los mismos. A grandes rasgos, el circuito fue similar en los tres establecimientos. El mismo se grafica en la siguiente figura.

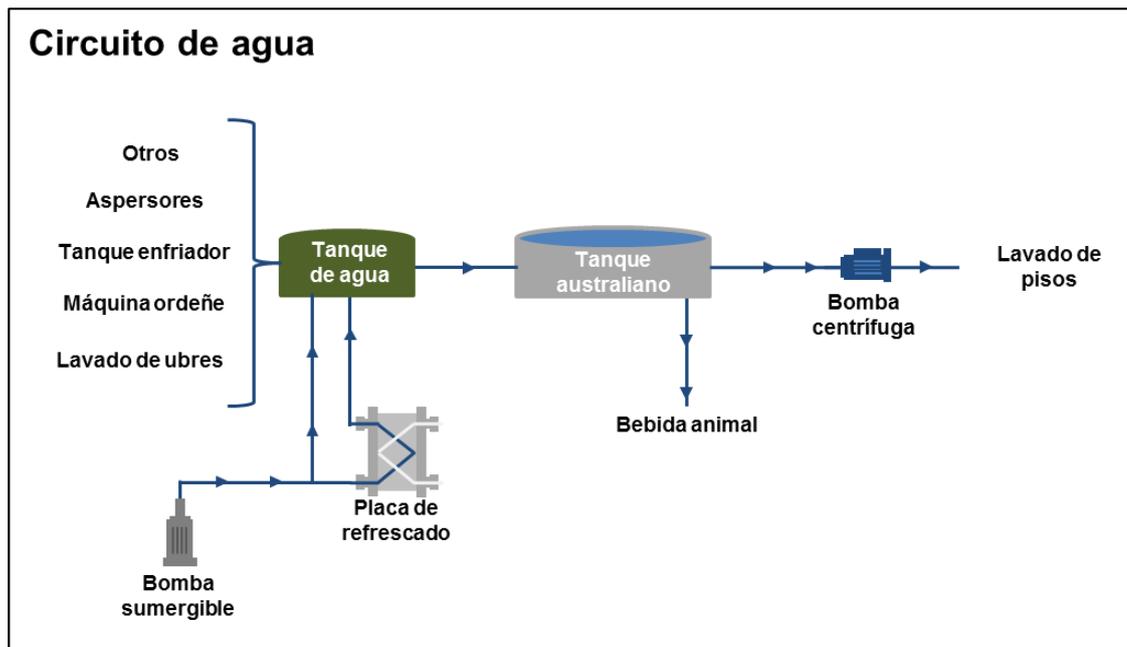


Figura 9 Diagrama del circuito de agua en tambos.

En resumen:

1. El agua se extrae de pozo mediante una o varias bombas sumergibles.
2. Luego es utilizada para el pre-enfriado de la leche o puede ser direccionada directamente a un tanque de almacenamiento.
3. Desde este tanque es utilizada para otros usos como la limpieza de la máquina de ordeño, el tanque enfriador, la preparación de ubres y aspersores si los hubiese, entre otros.

4. El sobrante dirigido hacia un tanque australiano, del cual se extrae agua para limpieza de pisos, y bebida animal.

2.3. Identificación de usos de agua

Luego se procedió identificar los diferentes usos del agua, los cuales se detallan a continuación:

- **Agua para bebida:** Fue considerada el agua consumida por las vacas en ordeño durante todo el día.
- **Rutina de ordeño:** Se consideró el agua utilizada para el pre-enfriado de la leche (en el equipo ICP), el consumo para la higienización de la máquina de ordeño y el tanque enfriador, el agua utilizada para la limpieza de pisos de la sala de ordeño y corrales, y la consumida para la preparación de las ubres de las vacas al ingresar a la sala para ser ordeñadas (Nosetti et. al., 2002, Bonta et al, 2011).

2.4. Desarrollo de metodología de estimación y su validación

Una vez identificados los diferentes usos del agua, se procedió a desarrollar una metodología para la estimación teórica del consumo. La premisa planteada para el desarrollo de la misma fue que esta simplifique la cantidad de información necesaria para realizar la estimación, y que los datos necesarios sean registrados normalmente en los establecimientos. Luego se procedió a validar los resultados obtenidos con esta metodología comparándolos con datos recopilados y/o medidos a campo. A continuación se detalla la metodología de cálculo utilizada para estimar el consumo de agua para cada uso, los parámetros en los cuales se basa la estimación y el procedimiento de validación con los datos tomados a campo.

2.4.1. Agua para bebida animal (B)

A pesar de que el número de vacas en ordeño nos da un indicador de la cantidad agua necesaria para bebida animal, la misma también depende de numerosos factores (cantidad y calidad de los alimentos, producción de leche, temperatura ambiente, estado fisiológico, entre otros) (Nickisch, 2012). Es por esto que para calcular el consumo individual de agua se realizó una estimación siguiendo la ecuación de predicción desarrollada por Murphy que considera el consumo de materia seca, la producción de leche, la temperatura mínima media ambiental y el consumo de sodio en la ración diaria (Murphy *et al.*, 1983). Finalmente, este consumo de agua individual fue multiplicado por el número total de vacas en ordeño del establecimiento.

En síntesis:

$$B\left(\frac{L}{d}\right) = VO \times (15,99 + 1,58 \times CMS\left(\frac{kg}{d}\right) + 0,9 \times PL\left(\frac{kg}{d}\right) + 0,05 \\ \times Na\left(\frac{g}{d}\right) + 1,2 \times TMM (^{\circ}C))$$

Dónde, B es el consumo de bebida en L/día; VO es la cantidad de vacas en ordeño del establecimiento; CMS es la ingesta de materia seca del alimento en kg/d; PL es la producción promedio mensual expresada en kg. leche/día; Na es el contenido total promedio de sodio de la ración en gramos/día y TMM es la temperatura ambiental mínima media diaria en °C.

Para el cálculo se recabó la información de la cantidad de animales, la dieta de los mismos y la leche producida en cada establecimiento; mientras que la temperatura fue obtenida de los datos promedios para la zona bajo estudio registrados en las estaciones experimentales del INTA.

Luego, el valor de consumo para bebida animal estimado fue cotejado con valores presentados por otros autores en diversos estudios.

2.4.2. Agua para el pre-enfriado de leche (P)

En un ICP, el intercambio térmico se produce por la diferencia de temperaturas existentes entre un medio caliente (leche) y uno frío (agua). El calor fluye del más caliente al más frío siendo el flujo más rápido cuando mayor es la diferencia de temperatura (Figura 10).

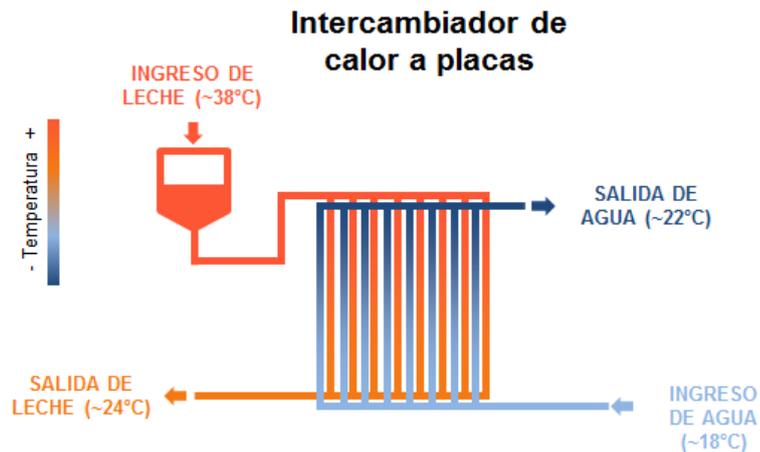


Figura 10 Diagrama del pre-enfriado de leche por intercambio de calor en equipo ICP.
Fuente: elaboración propia en base a Loobuyck et al, 2012

Es por esto que el consumo para el pre-enfriado de la leche se calculó en base a los litros de leche producidos diariamente y a la cantidad de agua utilizada por litro de leche enfriado.

$$P \frac{\text{L agua}}{\text{día}} = PL \frac{\text{L leche}}{\text{d}} \times rAL \frac{\text{L agua}}{\text{L leche}}$$

Dónde P es el consumo de agua para pre-enfriado de la leche expresado en L agua/día; PL es la producción de leche del establecimiento en L leche/día y rAL es la relación de la cantidad de agua utilizada por los litros de leche pre-enfriados, expresada en L agua/ L leche.

La producción de leche diaria fue relevada en cada establecimiento mientras que la relación agua-leche teórica considerada fue la recomendada por los fabricantes de equipos intercambiadores a placas.

Para constatar los valores estimados se instaló un caudalímetro en la entrada de agua del equipo de ICP en cada establecimiento. Fueron elegidos

caudalímetros de turbina con display digital, tal y como se observa en la siguiente figura.



Figura 5 Caudalímetro instalado en el circuito de agua para el pre-enfriado de la leche y el lavado de pisos y corrales.

Luego se proveyó planillas a los encargados de los establecimientos en donde registraron diariamente a la misma hora del día durante aproximadamente un mes el consumo observado.

2.4.3. Lavado de máquina de ordeño (M)

Otro consumo considerado fue el agua utilizada para la higienización interna de las cañerías, recipientes y bajadas de la máquina de ordeño.

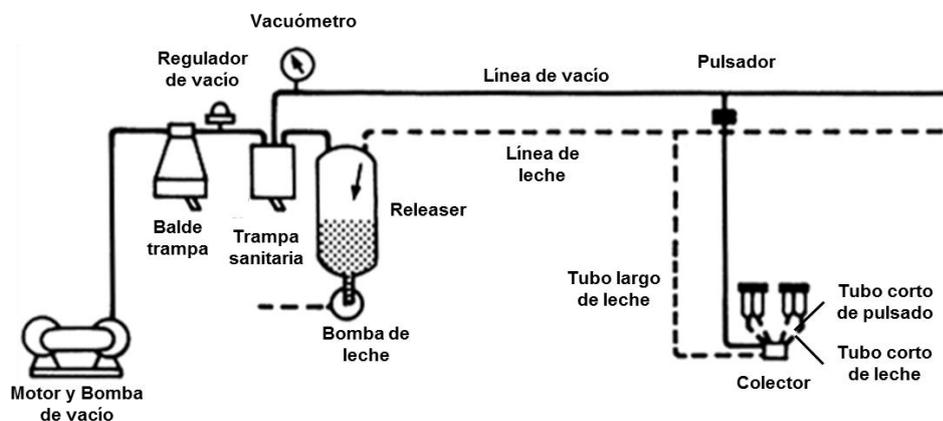


Figura 6 Diagrama de máquina de ordeño estándar.
Fuente: FAO, 1989

La limpieza de la máquina de ordeño se realiza luego de cada ordeño, y consta de los siguientes pasos:

- Enjuague inicial: El agua ingresa por un extremo, recorre todo el circuito y sale arrastrando impurezas. El volumen de este empuje debería ser igual al volumen de todo el circuito. Este paso se realiza diariamente.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

- Lavado alcalino-clorado: Se llena la totalidad del circuito con agua caliente y producto químico. Luego se cierra el circuito y se hace recircular esta agua. El volumen de este paso consistirá también en la totalidad del volumen del circuito. Esta fase de lavado se realiza diariamente.
- Lavado ácido: Se llena la totalidad del circuito con agua caliente y producto químico. Luego se cierra el circuito y se hace recircular esta agua. El volumen de este paso consistirá también en la totalidad del volumen del circuito. Este lavado se realiza aproximadamente una o dos veces por semana según las recomendaciones de los proveedores.
- Enjuague final: Al igual que el inicial, para el enjuague final se necesitará al menos un volumen de agua igual al volumen del circuito de leche. Este paso se realiza diariamente.
- En ciertos casos puede realizarse una desinfección del circuito.

El volumen de agua utilizado para cada uno de estos ciclos puede variar; en general, se considera entre 5 y 10 litros de agua por racimo por ciclo por lavado. Es decir, tres ciclos de lavado (empuje, lavado y enjuague) luego de cada ordeño (Department of Primary Industries, 2009).

A pesar de esto, el volumen utilizado para el lavado de la máquina es muy estable y depende fundamentalmente del tamaño de la máquina; por lo que normalmente es informado por el vendedor. En este sentido para realizar el cálculo de este consumo se consideró un valor fijo de 134,4 litros para la limpieza de la tubería de leche, el descargador, el colector, la trampa sanitaria y el balde sanitario; y un valor variable de 27,8 litros por cada bajada para la limpieza del tubo largo y corto de leche, el casquillo, la pezonera y el colector (Según información provista por empresas proveedoras de equipos para tambos); de este modo se logra independizar el lavado del racimo del lavado del resto de las partes del equipo de ordeño.

En síntesis, la estimación quedaría representada como:

$$M\left(\frac{L}{d}\right) = 134,4\left(\frac{L}{d}\right) + n^{\circ} \text{ bajadas} \times 27,75\left(\frac{L}{\text{bajada}} \text{ día}\right)$$

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Donde M es la cantidad de agua utilizada para la limpieza de la máquina de ordeño, y el número de bajadas es la cantidad de racimos que posee la máquina de ordeño.

Para el lavado de la máquina de ordeño en general los proveedores de insumos de limpieza recomiendan al productor sobre cómo deben realizarse los lavados, confeccionando programas de limpieza/recetas. En estas “recetas” se especifican la dosis de productos de limpieza a utilizar, los tiempos de lavado y el agua necesaria, de acuerdo al tamaño de las instalaciones y características puntuales. Por lo que esta información, disponible en los establecimientos estudiados, fue utilizada para validar el consumo estimado teóricamente.

2.4.4. Lavado de tanque enfriador (T)

La higienización del equipo se realiza luego de cada retiro de leche, por lo que para la estimación se debió considerar la cantidad de retiros diarios. El agua requerida para la limpieza del tanque es del 3% al 5% del volumen total del mismo (Department of Primary Industries, 2009 y consultas realizadas a empresas proveedoras de equipos para tambo). De este modo la estimación del consumo para este uso queda representado de la siguiente forma:

$$T\left(\frac{l}{d}\right) = V (L) \times 3\%$$

Donde T es el consumo de agua utilizada diariamente para la higienización del tanque de frío expresado en L/día, V es el volumen del tanque expresado en litros, y 3% corresponde a la cantidad de agua necesaria para la limpieza en relación al volumen del tanque. Por lo que para la estimación fue necesario relevar el volumen del tanque de frío en cada establecimiento.

Al igual que en el caso de la máquina de ordeño, el volumen de agua utilizada para el lavado del tanque esta seteado por la receta de lavado, por lo que considerando esta información disponible en cada establecimiento pudo corroborarse los resultados obtenidos mediante la estimación realizada.

2.4.5. Limpieza de sala de ordeño y corrales (L)

La limpieza de la sala de ordeño y el corral conlleva la necesidad de utilizar gran cantidad de agua. Representa el mayor consumo cuando no se realiza el enfriado de la leche con un intercambiador a placas, en estos casos Willers *et. al.* (1999) han determinado que el agua utilizada para ese fin representa el 51% del consumo total en el tambo. En tambos con sistema de lavado convencional donde el operario limpia las instalaciones utilizando mangueras, existen diversos trabajos que han medido consumos de 6,5 a 13,5 L/V.O.día (Charlón *et. al.*, 2000) y 13 a 31 L/VO.día (Nosseti, *et. al.*, 2002); esta variabilidad resulta como consecuencia del tipo de manguera (a presión o no, con válvula de corte o no, etc.), la suciedad (cantidad de estiércol generado por el ganado), tipo de piso (con mayor o menor adhesión), el operario y la forma de lavado. Para la estimación de este consumo se consideró el valor promedio entre los valores más bajos del rango hallados por Charlón (6,5 L/VO.día) y los más altos medidos por Nosseti (31 L/VO.día).

$$L\left(\frac{l}{d}\right) = n^{\circ}VO \times 18,8\left(\frac{L}{VO}\right)$$

Donde L es el consumo de agua para el lavado de la sala de ordeño y corrales en L/día, VO son las vacas en ordeño y 18,8 es la cantidad de litros utilizados por vaca en ordeño, promedio de valores registrados en los trabajos mencionados previamente.

Al igual que en el caso del agua para el pre-enfriado de la leche, para el lavado de la sala de ordeño y corrales también se instaló un caudalímetro y se registraron los consumos diariamente a la misma hora del día, durante aproximadamente un mes. Los datos recabados se compararon con los estimados teóricamente.

2.4.6. Preparación de ubres (Pu)

El consumo de agua para la preparación de las ubres previo al ordeño depende de dos factores fundamentales; el número de vacas y el sistema de

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

corte de la manguera; siempre y cuando sea práctica habitual del establecimiento la utilización de agua para este fin. A pesar de que la cantidad de agua requerida para esta operación es muy variable, se han medido consumos de 0,5 a 0,7 litros por vaca en tambos que contaban con dispositivo de corte mientras que los mismos se elevaban a 1,4 litros en los que no se poseía corte (Herrero, 2014).

Para la estimación del consumo se consideró un promedio de 0,6 para tambos que poseían corte y de 1,4 para los que no.

$$Pu \text{ (con corte)} = VO \times 0,6 \left(\frac{L}{VO}\right) \quad \text{o} \quad Pu \text{ (sin corte)} = VO \times 1,4 \left(\frac{L}{VO}\right)$$

Donde Pu es el consumo de agua diario para realizar la preparación de las ubres, VO el número de vacas en ordeño, 0,6 la cantidad de litros diarios promedio utilizados en tambos que cuentan con dispositivo de corte y 1,4 en tambos en los que no se cuenta con dispositivo.

Para corroborar los resultados obtenidos en la estimación, se determinó a campo el volumen de agua utilizado cronometrando el tiempo necesario para llenar un recipiente con volumen conocido con la manguera utilizada para realizar la limpieza, y luego cronometrando el tiempo que demoraba el operador en limpiar cada animal durante diferentes ordeños.

2.5. Indicador de eficiencia de uso del agua

Luego se definió un indicador de consumo de agua que describa razonablemente la realidad observada a campo y pueda ser utilizado para comparar distintos establecimientos entre sí y determinar su eficiencia en relación a la gestión del recurso hídrico.

Para esto se evaluaron diferentes indicadores de consumos de agua, como por ejemplo “agua/día”, “agua/litro de leche”, “agua /vaca ordeño”, entre otros. Diversos autores han realizado mediciones del consumo de agua en tambos, por ejemplo Nosseti *et al* (2002) estima el agua total mediante la suma de los consumos en las distintas actividades del tambo y lo expresa en L/día. Por

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

otro lado Moyano Salcedo *et al.* (2015) mediante la estimación de la Huella Hídrica establece consumos de agua por los litros de leche producidos. En otros trabajos, tanto Charlón *et al.* (2000) como Felice G. (2014) también establecen el consumo de agua por litro de leche. Herrero *et al.* (2003) realizó una aproximación de los consumos de agua en donde los diferentes consumos del tambo son transformados a litros diarios para un tambo tipo de 100 vacas estandarizado a una producción por vaca diaria de 20 litros de leche.

Para la construcción del indicador en nuestro caso se evaluaron las características que debería tener el mismo para que considere no solo el agua utilizada, sino que en el mismo este representado indirectamente el nivel de producción del tambo, el correcto dimensionamiento de las instalaciones y las buenas prácticas de manejo y gestión en general.

2.6. Evaluación de alternativas de reducción

Utilizando la metodología desarrollada, se estimaron los consumos para un tambo promedio (OCLA, 2017) de 144 VO, produciendo 17,5 litros de leche diarios por VO, con un tanque de frío acorde a la leche de 2.500 litros y una máquina de ordeño con diez bajadas, para las siguientes alternativas.

- Re-uso de agua de placa para otros destinos (como por ejemplo, para bebida animal).
- Aprovechamiento de agua de lluvia para lavado de corrales, considerando un promedio de 1.040 mm de precipitaciones anuales distribuidos uniformemente a lo largo del año y una superficie de 200 m² de techos recolectando agua.
- Re-uso de efluente para limpieza de corrales exteriores.
- Uso de rabasto previo al lavado con agua (considerando que el uso de rabasto reduciría aproximadamente un 50% del consumo de agua en esta actividad, de 18,8 a 9,4 L/VO/día).
- Corte de agua en manguera para preparación de ubres, (considerando valores de 0,6 L/VO publicados por Herrero, 2014).

- Preparación en seco de ubres previo al ordeño.

2.7. Puntos críticos en la gestión del recurso hídrico

Finalmente se identificaron puntos críticos, es decir, fases, procedimientos o etapas del sistema que deberían ser consideradas como ejes centrales en la gestión del recurso, para poder optimizar el agua en el tambo, lograr un manejo eficiente del recurso y una producción sostenible en el tiempo.

3. Resultados y discusión

3.1. Desarrollo de metodología de estimación y su validación

3.1.1. Agua para Bebida animal (B)

Para el cálculo de consumo de agua mediante la ecuación de Murphy, se estimo el CMS según la ecuación recomendada por el National Reserch Council (NRC, 2001) para vacas Holstein en lactancia:

$$CMS\left(\frac{kg}{d}\right) = (0,372 \times LCG\left(\frac{kg}{d}\right) + 0,0968 \times PV(kg)^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (SEL+3,67))})$$

Donde, CMS es el consumo de materia seca por vaca en kg/d, LCG es la producción de leche en kg/d corregida al 4% de grasa, PV es el peso vivo del animal y SEL la semana de lactancia en la que se encuentra el animal.

En este sentido se recabaron los datos de porcentaje de grasa promedio de la leche para cada establecimiento y se corrigió la producción de leche al 4% de grasa. La PL fue establecida como la producción de leche en litros promedio por VO en cada tambo multiplicada por la densidad de la leche (1,032 kg/litro).

Al no disponer del peso de los animales, pero teniendo en cuenta que los tres establecimientos manejan animales Holando Argentino de tamaño intermedio, se considero un peso promedio de 575 kg. En relación a la SEL, se consideró la semana media de una lactancia de 305 días, es decir la semana 22.

Al no contar con información del sodio incluido en la dieta, se consideró un valor de 30 gramos diarios, basándose en recomendaciones para vacas lecheras (Lange. A., 1973).

La TMM considerada fue de 15°C, resultante del promedio de las temperaturas existentes durante el período donde fue realizado este trabajo (Noviembre = 14°C y Diciembre = 16°C). Las mismas fueron obtenidas de publicaciones del Instituto de Clima y Agua del INTA.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Temperatura mínima media
Serie 1960 – 2011

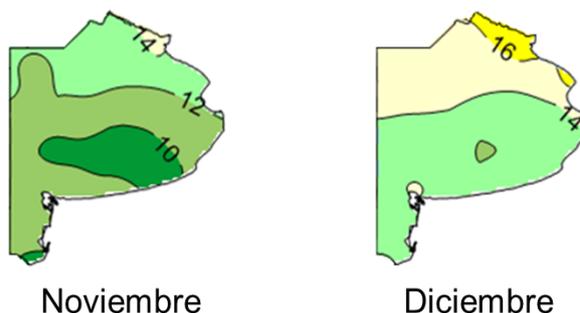


Figura 7 Temperatura mínima media de la serie 1960 – 2011.
Fuente: Estaciones meteorológicas SMN y EEAS de INTA

En la tabla 4 se presentan los datos utilizados, el CMS calculado y el consumo de agua estimado.

Tabla 4 Estimación del CMS en base a National Reserch Council (NRC, 2001) y el consumo de agua para bebida animal estimado en base a la ecuación propuesta por Murphy (Murphy et al., 1983).

	Tambo Lujan	Tambo 9 Julio	Tambo Lincoln
Grasa en leche (%)	3,4%	3,6%	3,7%
PL (kg/d)	31	24,8	27,9
LCG a 4% (kg/d)	26,0	22,1	25,5
PV (kg)	575	575	575
SEL	22	22	22
CMS (kg/d)	20,9	19,4	20,7
Na (g/d)	30	30	30
TMM (°C)	15	15	15
Consumo individual (L/d)	96,4	88,5	93,3
VO	178	298	410
Consumo total (L/d)	17.154	26.378	38.247

Estos consumos estimados son similares a valores hallados por otros autores, por ejemplo los publicados por el Grupo Instalaciones INTA Rafaela, el cual detalla consumos promedio de 94,5 litros si consideramos el promedio de los consumos estimados para vacas que producen más de 20 y más de 30 L/día a distintas temperaturas ambientales. También, se encuentran en el rango de 70 a 140 litros por día para vacas en lactancia los consumos estimados por Ward y Mckague (NRC, 1974 Ward y Mckague, en Herrero, 2014). Por otro lado Salcedo (Salcedo, 2015) publica valores de entre 75 y 90 litros para octubre y noviembre

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

y 100 L/VO/día en diciembre para tambos ubicados en las tres cuencas de Abasto Norte, Abasto Sur y Oeste.

De acuerdo a estos resultados, y considerando que la metodología de estimación del consumo de agua en el tambo que se desarrolla en este trabajo pretende ser aplicada en los diferentes tambos de la provincia de Buenos Aires, y que como premisa para su desarrollo se contempló simplificar la cantidad de información requerida para el cálculo; se propone optar por utilizar un consumo individual de agua por VO estratificado para 5 niveles de producción de leche:

- PL < 10 → 8,6 litros de agua por litro de leche
- PL 10 -14 →: 5,5 litros de agua por litro de leche
- PL 15 – 19 → 4,3 litros de agua por litro de leche
- PL 20 – 24→ 3,7 litros de agua por litro de leche
- PL > 25→ 3,1 litros de agua por litro de leche

Estos valores surgen como promedios de los consumos de agua estimados en base a las ecuaciones planteadas previamente (NCR para CMS y Murphy para agua) para una PL entre 5 - 9, 10 - 14, 15 – 19, 20 - 24 y 25 - 35² y considerando una temperatura mínima media anual promedio de 10,4 °C para las cuencas lecheras de la provincia de buenos aires (estimaciones propias basadas en datos de temperatura publicados por el instituto de clima y agua del INTA).

De este modo, con estos valores tendremos una manera sencilla para incluir en la metodología de estimación el consumo de agua para bebida animal y podremos extrapolarla a los demás tambos de la provincia.

² Considerando estos rangos de PL, se logra mantener una metodología de cálculo sencilla, tolerando un error bajo (menor al 5% en todos los rangos) en comparación con los consumos de agua estimados para cada PL individualmente sin agrupar.

3.1.2. Agua para el pre-enfriado de la leche (P)

En general, el valor recomendado por los fabricantes para el correcto intercambio calórico en la placa de refrescado es de tres litros de agua por un litro de leche (3:1), por lo que se consideró este valor para efectuar la estimación del consumo de agua. En este sentido en diferentes trabajos se han medido valores de entre 2,5 y 3 litros de agua por litro de leche refrescada (Taverna *et al.*, 2004; Willers *et al.*, 1999), aunque cabe aclarar que hay trabajos en los que se han medido hasta 10 litros de agua por litro de leche (Nosetti *et al.*, 2002). Estas diferencias pueden estar dadas por el tipo y caudal de las bombas de agua y leche, por el dimensionamiento y estado de los equipos intercambiadores de calor y por la existencia o no de válvulas reguladoras de caudal, entre otras variables.

Por otro lado, el dato de la cantidad de litros de leche promedios producidos en el establecimiento fue brindado por los productores.

Considerando entonces los valores de litros de leche producidos y la relación agua-leche para pre-enfriado, se calcularon los consumos para cada tambo (Tabla 5).

Para validar esta información teórica se recurrió a la instalación de los caudalímetros. Su colocación dependió de la estructura preexistente en cada establecimiento. A continuación se ilustra la instalación en el tambo "Luján".

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

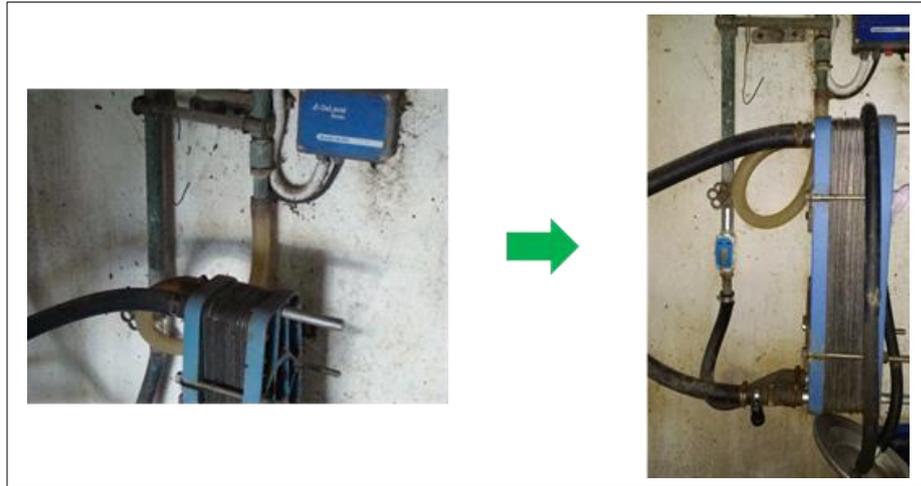


Figura 8 Caudalímetro instalado en el circuito de agua para el pre-enfriado de leche.

A continuación, se presentan los datos utilizados, el consumo de agua estimado, el medido a campo, su desvío estándar y la diferencias entre ambos.

Tabla 5 Consumo (estimado y medido) del agua utilizada para el pre-enfriado de la leche

	Tambo Lujan	Tambo 9 de Julio	Tambo Lincoln
Vacas en ordeño	178	298	410
Producción individual (L/día)	30	24	27
Producción del tambo (L/día)	5.340	7.152	11.070
Relación agua-leche (3:1)	3	3	3
Consumo de agua (L agua/día)	16.020	21.456	33.210
Consumo de agua medido (L agua/día)	15.395± 2.277	14.301± 2.942	58.671*
Diferencia promedio estimado/real (%)	4%	50%	-43%

**Solo se obtuvo un registro del consumo de agua de para el pre-enfriado de la leche en el tambo Lincoln ya que luego el caudalímetro presentó problemas mecánicos y el consumo utilizado corresponde a un único dato registrado y corroborado con un muestreo puntual. Es por esto que para este tambo no se expresa variabilidad.*

Puede observarse que el Tambo Lujan presentó gran similitud entre el consumo estimado y el consumo medido, mientras que en el Tambo 9 de Julio y en Lincoln las diferencias fueron importantes. En este sentido, el tambo Lujan presenta una relación agua/leche promedio adecuada de 3:1. En el tambo 9 de Julio la relación observada fue un tanto menor de 2:1; esto podría ser explicado por una reciente modificación de las cañerías que podría haber afectado el correcto desempeño de la bomba de agua diseñada para una situación inicial diferente. Por el contrario, en el tambo de Lincoln la relación fue de 5:1. Esto puede ser explicado ya que este tambo fue diseñado para un mayor número de

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

vacas que las que se ordeñan actualmente, por lo que probablemente los equipos sobredimensionados (bomba y equipo ICP) generen este mayor consumo de agua por litro de leche enfriado.

Podríamos concluir que a pesar de que la placa de refrescado debería tener una relación agua-leche recomendada (3 L agua: 1 L leche), se obtienen valores más elevados de consumo de agua. Esta situación está relacionada con diversos factores. Por un lado el diseño del tambo, en el cual muchas veces se observan instalaciones con bombas y cañerías mal dimensionadas, o la normal inexistencia de válvulas de corte del paso de agua hace que cuando no pasa la leche, sigue pasando agua. Esto incrementa ésta relación agua/leche, aumentando el consumo de agua por litro de leche. Por otra parte existen factores de manejo en los cuales la influencia del operario en esta operación, como consecuencia del desfasaje entre el encendido/apagado de la bomba de agua y el inicio/finalización del ordeño, es importante. También las variaciones en el tiempo de ordeño producidas por una inadecuada rutina de trabajo o mala relación entre el rodeo manejado y la cantidad de bajadas de ordeño repercuten directamente en el agua consumida.

Esto es consistente con diversas mediciones realizadas en trabajos a campo que han determinado consumos variables, como por ejemplo el relevamiento realizado por Nosetti e Iramain (2001) en establecimientos en provincia de Buenos Aires en donde se registraron consumos de 4,5 a 9 litros de agua por litro de leche refrescada.

De este modo utilizar la relación 3:1 para estimar el consumo de agua, no siempre reflejará lo que sucede en la realidad, pero podría considerarse como el objetivo del uso de agua a lograr en los establecimientos para este fin. Por otra parte, sería recomendable medir en cada tambo este consumo para que los productores puedan dimensionar el problema. Se sugiere tomar el tiempo total de encendido de la bomba en 3 ordeños consecutivos. Paralelamente medir el consumo de agua por minuto (en recipientes de volumen conocido y cronómetro). Estas mediciones le darán claramente la situación real a este tambo y con el manejo local. Sin embargo y como sugerencia podría considerarse el

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

valor de 3 L para establecimientos bien dimensionados y que poseen válvula de corte de paso de agua cuando no pasa leche, pero debería utilizarse relaciones superiores en establecimientos sin válvula y prolongadas rutinas de ordeño (superior a 2 horas). En estos casos se podría utilizar un factor que considere la duración del tiempo de ordeño incrementando de forma lineal los litros de agua consumidos después de las 2 horas óptimas recomendadas por especialistas. De este modo, cada media hora extra de ordeño el consumo de agua aumentará un 25%. Por ejemplo, un establecimiento con una rutina de ordeño de 3,5 horas, consumirá un 75% más de agua que otro con dos horas, llegando a observarse una relación agua leche de 5:1 en estos casos.

3.1.3. Lavado de máquina de ordeño (M)

Los tambos estudiados poseían 8, 14 y 21 bajadas en uso (Lujan, 9 de Julio y Lincoln respectivamente), dato que fue utilizado para realizar la estimación, tal y como se describió en el desarrollo de la metodología.

Adicionalmente para validar esta estimación, se establecieron los consumos de agua para este uso en cada establecimiento siguiendo las indicaciones de los proveedores de insumos de limpieza recopiladas a campo.

En la tabla 6 se presentan los consumos para lavado de la máquina de ordeño estimados, los recopilados a campo y sus diferencias.

Tabla 6 Consumo de agua (estimado y recopilado a campo) para el lavado de la máquina de ordeño y las diferencias observadas

	Tambo Lujan	Tambo 9 Julio	Tambo Lincoln
n° de bajadas	8	14	21
Consumo de agua estimado (L agua/día)	356	523	717
Consumo de agua recopilado (L/ día)	360	504	720
Diferencia promedio estimado/real (%)	-1%	4%	0%

Como se observa en la tabla anterior, no hubo gran variación entre el consumo de agua estimado para este proceso y los litros registrados a campo en base a las recetas de lavado (diferencias menores al 5%). Estas diferencias

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

confirman que la metodología utilizada es fiable para estimar el uso de agua para el lavado de la máquina de ordeño.

En este punto es importante aclarar que a pesar de estar determinada la cantidad de agua necesaria para realizar los diferentes ciclos del lavado (por el tamaño de la máquina de ordeño, diámetro de la cañería, número de bajadas, etc.), por lo general al no ser un proceso totalmente automático, depende fundamentalmente del control que el operario realice sobre el lavado; pudiendo observarse a campo situaciones que producen gran cantidad de pérdidas de agua por ejemplo como consecuencia de rebalses de tanques de alimentación de agua para lavado (ver foto) y/o enjuagues excesivamente prolongados. De este modo el consumo realmente utilizado para estos lavados podría ser mucho mayor al necesario.



Figura 9 Rebalse en tanque de almacenamiento de agua para lavado de máquina de ordeño.

3.1.4. Lavado de tanque enfriador (T)

En la tabla 7 se presenta el tamaño de los tanques enfriadores existentes en cada tambo y el consumo de agua estimado utilizado para su lavado diario (considerando un 3% del volumen total del tanque como agua necesaria para el lavado). Adicionalmente se detalla la información recopilada a campo sobre el

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

volumen de agua recomendado para realizar el lavado en cada establecimiento y las diferencias observadas entre esta y las estimaciones realizadas.

Tabla 7 Consumo (estimado y recopilado a campo) de agua utilizada para la limpieza del tanque de enfriador y diferencias observadas entre ambos

	Tambo Lujan	Tambo 9 Julio	Tambo Lincoln
Tamaño de tanque (lts)	6.000	6.750	11.913
Consumo estimado (L agua/día)	180	203	357
Consumo recopilado (L/ día)	180	200	360
Diferencia promedio estimado/real (%)	0,0%	1,3%	-0,7%

Al igual que en el caso de la máquina de ordeño, el agua necesaria para realizar el lavado del tanque enfriador también está determinado para cada receta de lavado, por lo que las diferencias observadas entre el consumo estimado y lo observado en cada uno de los establecimientos fueron ínfimas. En este sentido, podría considerarse que en los casos en los que se respeten las indicaciones de los fabricantes de tanques y los productos de limpieza, este dato será útil para realizar la estimación.

3.1.5. Limpieza de sala de ordeño y corrales (L)

Al igual que en el caso del equipo de placas, la instalación de los caudalímetros utilizados para el registro de agua para la limpieza de la sala de ordeño y corrales dependió de la estructura de cada tambo en particular. A continuación se ilustra la instalación en el tambo “Luján”.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires



Figura 10 Caudalímetro instalado en el circuito de agua para lavado de pisos y corrales.

En la siguiente tabla se presenta el consumo de agua por día estimado en base a 18,8 litros de agua por vaca en ordeño definido según el promedio de información proveniente de datos publicados en trabajos realizados en esta región (Nosseti *et. al.*, 2002 y Charlón *et. al.*, 2000), los consumos registrados con los caudalímetros y la diferencia porcentual presentada entre ambos.

Tabla 8 Consumo (estimado y medido a campo) de agua utilizada para la limpieza de la sala de ordeño y corrales, y diferencias porcentuales entre ambos

	Tambo Lujan	Tambo 9 de Julio	Tambo Lincoln
VO	178	298	410
Consumo estimado (L/día)	3.338	5.588	7.688
Consumo medido (L agua/día)	3.272 ± 1.863	5.179 ± 2.553	7.363*
Diferencia promedio estimado/real (%)	2,0%	7,9%	4,4%

**Para el agua utilizada en la limpieza de pisos en la sala de ordeño y los corrales, al igual que en el pre-enfriado de la leche, solo se obtuvo un registro del consumo de agua en el tambo Lincoln ya que luego el caudalímetro presentó problemas mecánicos y el consumo utilizado corresponde un único dato registrado y corroborado con un muestreo puntual. Es por esto que para este tambo no se expresa variabilidad.*

A pesar de que el volumen de agua estimado y el observado a campo presentaron una diferencia del 2,0% en el tambo Lujan y 4,4% en Lincoln, las diferencias fueron mayores en 9 de Julio (7,9%). Esto puede deberse a que este consumo depende fundamentalmente del operario (usos, costumbres, día, etc.), el manejo de los animales (estrés) y el clima (temperatura, y precipitaciones); tal

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

y como se observa en los consumos registrados día a día, los cuales mostraron una gran variabilidad, como puede observarse en la figura 17.

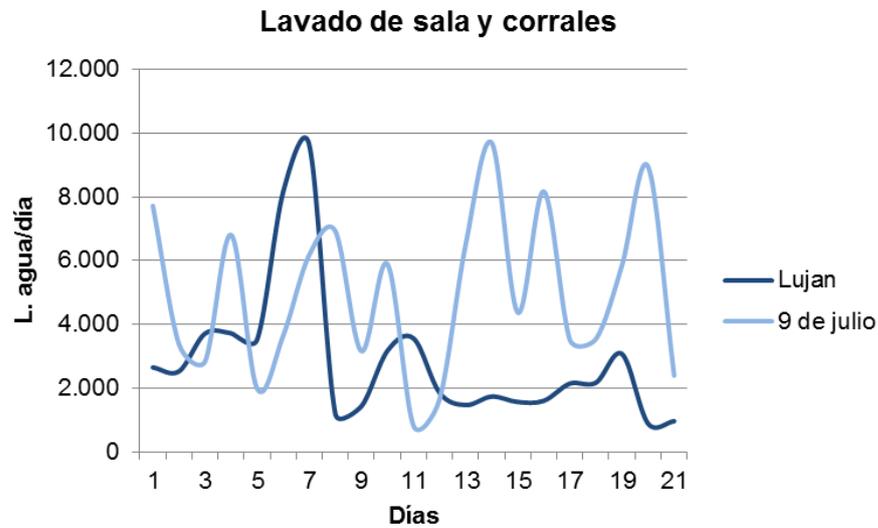


Figura 11 Variabilidad del consumo de agua para lavado de sala de ordeño y corrales

Es decir, el valor utilizado para la estimación, de 18,8 L/VO no es representativo para cada tambo en particular, pero podría ser utilizado como una referencia general para extrapolar la metodología de estimación al resto de los tambos de la provincia, siempre y cuando se acepte incurrir en un error (2 al 7,9% según nuestra experiencia).

3.1.6. Preparación de ubres (Pu)

El tambo Lujan realizaba la preparación de las ubres en seco por lo que solo se estimó el consumo de los otros dos establecimientos. Ambos poseían dispositivo de corte en las mangueras por lo que el factor utilizado fue de 0,6 litros de agua por vaca en ordeño.

Para validar esta estimación se realizó la medición a campo, observándose un consumo de 0,55 litros de agua por vaca en ordeño en el tambo 9 de Julio y 0,45 litros en Lincoln. Extrapolando estos resultados a la totalidad del rodeo, se calcularon los siguientes consumos y las diferencias presentadas respecto al consumo estimado previamente.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Tabla 9 Consumo de agua (estimado y medido) utilizada para la preparación de ubres y las diferencias observadas

	Tambo Lujan	Tambo 9 de Julio	Tambo Lincoln
VO	178	298	410
Consumo estimado (L/día)	Preparación en seco	178,8	246
Consumo medido (L/día)	-	163,9	184,5
Diferencia promedio estimado/real (%)	-	9%	33%

Las diferencias observadas se encontraron entre el 9% (9 de Julio) y el 33% (Lincoln).

El uso del agua en la preparación de pezones, al igual que en los ítems anteriores, depende del factor humano, además de otros factores tal y como si la manguera posee corte o no, y las condiciones de enlodamiento del establecimiento principalmente. A pesar de que una correcta preparación no debería llevar más de medio litro de agua en una manguera con corte se han relevado variaciones muy grandes para este uso a lo largo de la bibliografía consultada; por ejemplo, Herrero identifica volúmenes de 0 (preparación en seco) a 15 litros (uso de mangueras sin corte y que quedaban abiertas durante los ordeños) por VO (Herrero, 2014) y Nosetti identifica de 0 (preparación en seco) a 3 (uso de manguera sin corte) litros por VO para este fin (Nosetti, 2002).

De este modo, utilizar estos datos para la estimación solo permitirá contemplar valor de referencia del consumo necesario para esta actividad pero no estará representando en la estimación el consumo real utilizado en cada tambo.

3.1.7. Síntesis de resultados

En resumen, de acuerdo a lo planteado en el desarrollo de la metodología establecida, para la estimación teórica fue necesario disponer con la información detallada a continuación (Tabla 10).

Tabla 10 Datos recabados para realizar la estimación teórica del consumo hídrico

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Datos requeridos	Unidad	Tambo Lujan	Tambo 9 de julio	Tambo Lincoln
Vacas en ordeño	VO	178	298	410
CMS*	kg/d	20,9	19,4	20,7
Grasa en leche	(%)	3,4%	3,6%	3,7%
Na*	g/d	30	30	30
TMM*	°C	15	15	15
Litros de leche producidos	L leche/día	5.340	7.152	11.070
Instalación: bajadas de ordeño	n° bajadas	8	14	21
Instalación: tamaño de equipo de frío	litros	6.000	6.750	11.913
Prepara ubres con agua	Si/No	No	Si	Si
Posee corte de agua en mangueras utilizadas para el lavado de ubres	Si/No	No	Si	Si

* Los datos de CMS fueron estimados según la ecuación del NRC, (NRC 2001). La Na y TMM fueron promedios estimados para la zona bajo estudio.

En base a estos datos se estimaron los siguientes consumos teóricos para cada uso del agua en los establecimientos estudiados (Tabla 11).

Tabla 11 Consumos estimados para cada destino

Destino	Consumo (L agua /día)		
	Tambo Lujan	Tambo 9 de julio	Tambo Lincoln
<i>Bebida animal</i>	17.154	26.378	38.247
Pre-enfriado de leche	16.020	21.456	33.210
Lavado de máquina ordeño	356	523	717
Lavado tanque enfriador	180	203	357
Lavado de sala de ordeño y corrales	3.338	5.588	7.688
Preparación de ubres	0	179	246

Por otro lado, los consumos de agua obtenidos en base a datos recopilados y mediciones realizadas en los tres tambos se muestran en la tabla 12.

Tabla 12 Consumos medidos y/o recopilados a campo para cada destino

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Destino	Consumo (L agua /día)		
	Tambo Luján	Tambo 9 de Julio	Tambo Lincoln
<i>Bebida animal</i>	17.154	26.378	38.247
Pre-enfriado de leche	15.395	14.301	58.671
Lavado de máquina ordeño	360	504	720
Lavado tanque enfriador	180	200	360
Lavado de sala de ordeño y corrales	3.272	5.179	7.364
Preparación de ubres	<i>En seco</i>	163,9	184,5

En este sentido es importante destacar el gran coeficiente de variación observado en la cantidad de agua consumida para el pre-enfriado de la leche (CV: 15 y 21%) y el lavado de pisos (CV: 57% y 49%) en los Tambo Luján y 9 de Julio respectivamente, entre los diferentes días registrados durante este trabajo.

A continuación se resumen las diferencias porcentuales que surgieron de la comparación entre los consumos estimados con la metodología y la información recopilada y medida a campo.

Tabla 13 Diferencias entre consumos estimados teóricamente y los recopilados/medidos a campo para cada uso

Destino	Diferencias (estimado/real)		
	Tambo Luján	Tambo 9 de Julio	Tambo Lincoln
<i>Bebida animal*</i>	<i>n/a</i>	<i>n/a</i>	<i>n/a</i>
Pre-enfriado de leche	4,0%	50,0%	-43,3%
Lavado de máquina ordeño	-1,0%	3,8%	-0,4%
Lavado tanque enfriador	0,0%	1,3%	-0,7%
Lavado de sala de ordeño y corrales	2,0%	7,9%%	4,4%
Preparación de ubres	<i>En seco</i>	9,1%	33,3%

**Estimado y cotejado con valores presentados por otros autores en diversos estudios por lo que no se presentan valores porcentuales de diferencias específicas.*

A pesar de que lo estimado teóricamente y lo observado a campo para el tambo Lujan no varió significativamente, las diferencias observadas en los otros tambos fueron mayores, por ejemplo 43,3% en Lincoln y 50% en 9 de Julio para el pre-enfriado de la leche o 33,3% en la preparación de ubres también en este último. Es decir, que las estimaciones teóricas realizadas con la metodología no representaron la realidad observada a campo. Estas diferencias pueden ser

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

explicadas, como consecuencia de la variabilidad diaria del consumo de agua observada a lo largo de este trabajo en las actividades que presentan mayor dependencia del factor humano. Esta variación del consumo de día en día y de tambo en tambo, también puede verse reflejada en el relevamiento realizado por el Departamento de Industria Primaria de Australia (Callinan, L., 2009) en 780 tambos, en donde se evaluó el tamaño del rodeo y el consumo diario de agua. En dicho trabajo se observó que a pesar de que existe una relación entre el tamaño del rodeo y el uso del agua, esta presentaba grandes variaciones dependiendo del tambo (Figura 18). La enorme variabilidad en el consumo de agua para un mismo tamaño de rodeo nos confirma que a pesar de que efectivamente existe una relación entre la cantidad de vacas ordeñadas y el agua consumida, también las actividades y prácticas llevadas a cabo en el establecimiento modifican notablemente el consumo.

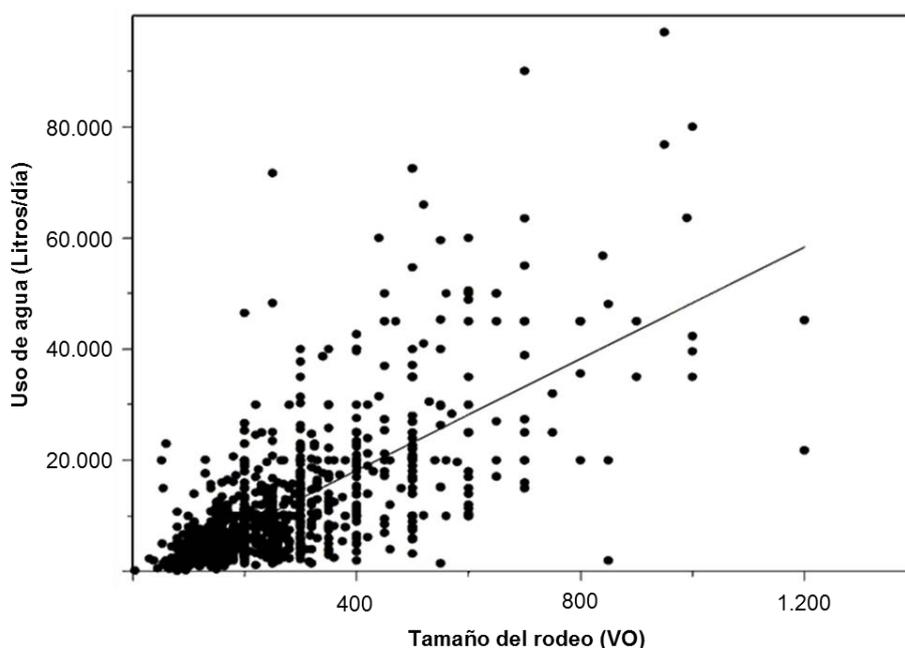


Figura 12 Variabilidad del uso de agua en relación al tamaño del rodeo relevado por el Departamento de Industria Primaria de Australia.

Fuente: Departamento de industria Primaria de Australia (Callinan, L., 2009).

Considerando esta situación, una metodología de estimación que represente el consumo de agua real para ser utilizada en los diferentes tambos de la provincia de Buenos Aires (tal y como era el objetivo de este trabajo desarrollar) no lograría estimar exactamente el consumo en cada uno de ellos. Esto pudo comprobarse realizando una prueba de la metodología desarrollada

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

en seis tambos de la región, de los cuales ya se disponía los resultados de las mediciones de consumo de agua realizadas a campo y los datos necesarios para realizar la estimación teórica (Herrero, 2014). Las diferencias promedio del total del consumo de agua por tambo estimado teóricamente con respecto al medido fueron grandes, y siempre negativas ($-50 \pm 13\%$), es decir que en todos los casos se subestimó el consumo de agua real. Los valores por actividad pueden apreciarse en la tabla 14. La variabilidad de las diferencias en cada uso fueron elevadas, principalmente en los procesos de pre-enfriado de la leche (20%), preparación de ubres ($\pm 39\%$) y en el lavado de la sala y corral (± 61), tal y como se presenta a continuación.

Tabla 14 Diferencias promedio entre estimaciones teóricas y datos medidos en doce tambos de la provincia de Buenos Aires

	Pre-enfriado de leche	Preparación de ubres	Lavado de sala y corral	Lavado de máquina de ordeño	Lavado de tanque enfriador
Diferencia estimado/real	$-51\% \pm 20\%$	$-35\% \pm 39\%$	$1\% \pm 61\%$	$3\% \pm 17\%$	$-3\% \pm 3\%$

Es por esto que utilizar la metodología desarrollada exclusivamente para identificar el consumo de agua que efectivamente está realizando un tambo en particular, sería poco realista. Por un lado, se debería recomendar que los productores midan alguna vez su consumo real. Para realizar esto existen desde formas de medición muy sencillas (balde y cronómetro) a formas más sofisticadas (caudalímetros con diferente tecnología). Por otro lado, resignificando los objetivos de este trabajo, y teniendo en cuenta que es fundamental conocer **cuánto deberían consumir**, la metodología podría ser de utilidad. En este sentido, la metodología propuesta además de permitir estimar un uso de agua de referencia en condiciones óptimas de diseño y manejo, y consecuentemente ser de utilidad para el diseño de nuevos establecimientos; también servirá en nuestro objetivo de construir un indicador que permita evaluar la eficiencia del uso de agua para una mejor gestión.

3.2. Indicador de eficiencia de uso del agua

Un indicador tiene que ser cuantificable, comparable, útil, reproducible y medible (ISO 9001). En este sentido, considerar solo los litros de agua consumidos por unidad de tiempo (por ejemplo “L agua/día”), no sería útil para realizar evaluaciones a lo largo del tiempo por las variaciones que puedan presentar los establecimientos (por ejemplo cambio del tamaño de rodeo) ni tampoco sería útil para comparar diferentes tambos ya que cada establecimiento presenta particularidades distintas que hacen que este consumo difiera. Por otro lado si solo se considera la cantidad de agua por vaca ordeñada (L agua/VO) tampoco podría ser utilizado para comparar diferentes establecimientos con diferente nivel de producción.

Por lo general los indicadores en sistemas productivos relacionan la cantidad de recursos utilizados por unidad de producto generado, como por ejemplo la relación insumo – producto “kilogramos de maíz o soja por litro de leche” o “litros de leche por cada 1.000 litros de gasoil” entre otros indicadores típicos del sector. Es por esto que se consideró razonable utilizar la cantidad de litros de agua consumida (insumo/recurso) por litro de leche producido (producto).

El indicador agua/leche dará una medida de eficiencia global del sistema productivo, que considerará la producción individual de leche, el correcto dimensionamiento del establecimiento y buenas prácticas de manejo y gestión en general. Para la construcción del mismo será necesario estimar el consumo diario de agua y dividirlo por la cantidad de leche producida.

Con este indicador pueden realizarse evaluaciones de eficiencia interprediales; por ejemplo para el caso de los tambos bajo estudio (considerando el consumo efectivamente realizado según las prácticas de manejo en cada establecimiento) se observa en la tabla 15 que el tambo “Luján” es el más eficiente, seguido por el de “Lincoln” y finalmente “9 de Julio”.

Tabla 15 Indicador de eficiencia de uso del agua en los tambos estudiados

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Concepto	Tambo Luján	Tambo 9 de julio	Tambo Lincoln
Consumo neto (L agua)	21.028	32.371	47.255
Producción (L leche)	5.340	7.152	11.070
Indicador de eficiencia (L agua/L leche)	3,9	4,6	4,3

A continuación se presenta un gráfico con los valores de referencia estimados en base a tambos teóricos con distintos niveles de producción por vaca en ordeño, que realizan un uso del agua medianamente eficiente (re-uso de agua del ICP en otras actividades, sin pérdidas en el circuito de agua, con manguera de preparación de ubres con corte y con máquina de ordeño y tanque de frío dimensionados acordes al nivel de producción y número de animales).

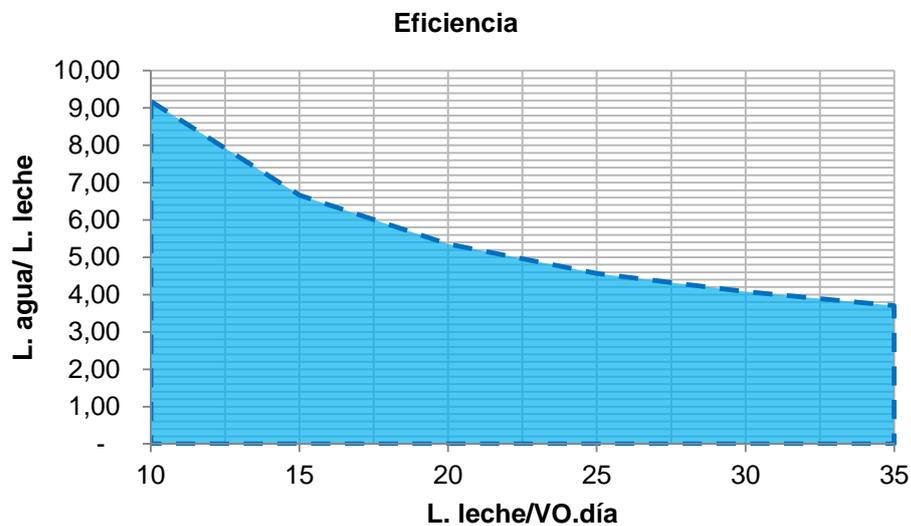


Figura 13 Indicador de eficiencia de referencia (eje y) estimados en base a tambos teóricos con distintos niveles de producción por vaca en ordeño (eje x), que realizan un uso del agua medianamente eficiente (re-uso de agua de ICP, sin pérdidas en el circuito de agua, con manguera de lavado de ubres con corte y con máquina de ordeño y tanque de frío dimensionado acorde al nivel de producción y número de animales).

Puede observarse que a medida que la producción aumenta, el valor del indicador disminuye, es decir que es más eficiente el uso de agua por unidad de producto. Del gráfico puede observarse que cualquier consumo de agua ubicado en el área coloreada en azul indicará una eficiencia al menos razonable, valores por encima serán indicador de una mala gestión del recurso y presencia de derroche.

Si se considera un tambo medio argentino, con una productividad media de 17,5 litros/día y 144 vacas en ordeño (Según los últimos datos publicados por el Observatorio de la Cadena Láctea Argentina), puede estimarse un consumo

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

desde 8,6 L agua/L leche si no reutiliza el agua del intercambiador de calor por placas en otro uso, a un consumo de 5,9 L agua/L leche cuando si lo hace. Adicionalmente este indicador también puede utilizarse para evaluar la eficiencia intra-predial comparando el consumo real (medido a campo) con el estimado que debería tener el tambo siguiendo buenas prácticas, re-uso, etc; las diferencias positivas observadas entre lo medido y estimado darán indicio de que el consumo puede ser mejorado para lograr una óptima eficiencia.

3.3. Evaluación de alternativas de reducción

En el siguiente gráfico se observa el cambio en el indicador de eficiencia calculado para un tambo tipo (OCLA, 2017) de 144 VO, produciendo 17,5 litros de leche diarios siguiendo cada una de las alternativas de reducción de consumo de agua planteadas anteriormente.

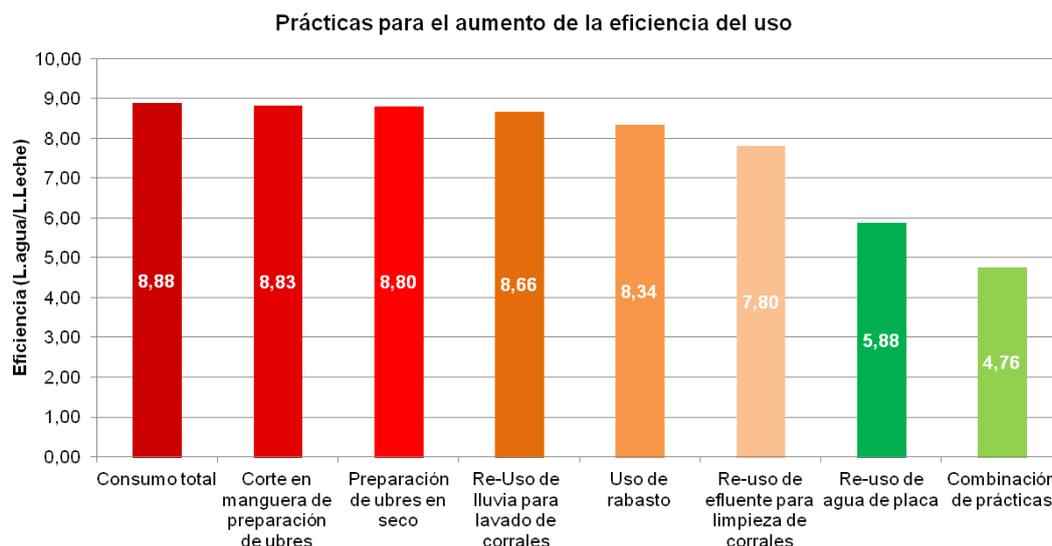


Figura 20 Impacto de diferentes alternativas de reducción en el indicador de eficiencia.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Tabla 16 Impacto de diferentes alternativas de reducción de consumo de agua en el consumo total, la reducción.

Alternativa	Consumo (L agua/día)	Reducción (L agua/día)	Reducción de consumo (%)
Consumo total	22.368	-	-
Corte en manguera de preparación de ubres	22.253	-115	-0,50%
Preparación de ubres en seco	22.167	-202	-0,90%
Re-Useo de lluvia para lavado de corrales	21.828	-540	-2,40%
Uso de rabasto	21.018	-1.350	-6,00%
Re-uso de efluente para limpieza de corrales	19.668	-2.700	-12,10%
Re-uso de agua de placa	14.808	-7.560	-33,80%
Combinación: re-uso de agua de ICP + re-uso efluentes y agua de lluvia en lavado de corrales + corte en manguera de lavado de ubres	11.993	-10.375	-46,40%

Puede observarse que dentro de todas las alternativas evaluadas, la que produce mayor reducción del consumo es el re-uso del agua de pre-enfriado de la leche en otras actividades (33,80%), y que esta reducción puede ser mayor si se combina con el resto de las prácticas (hasta 46,40%).

En relación al re-uso del agua proveniente del equipo ICP, la reducción en el consumo de agua y por ende el aumento de la eficiencia del manejo del agua se verá beneficiado a medida que aumente la producción individual de cada animal, ya que aumentará el agua utilizada para el pre-enfriado en mayor medida que el resto de los usos y por ello existirá mayor cantidad de agua con posibilidad de ser reutilizada. Cabe destacar que se estima que se pierde un 26% del agua de bebida por fugas en la conducción y desbordes de bebederos (Higham et al, 2017) causando desperdicios, áreas enlodadas, mayores consumos de agua y costos de bombeo, por lo que es imprescindible que al realizar un re-uso del agua se efectúe de manera adecuada y a conciencia, evitando incurrir en estas pérdidas. También es necesario para realizar un correcto re-uso de este agua, poseer disponibilidad de almacenamiento ya que los volúmenes se acumulan en pocas horas y deberán ser almacenados para ser utilizados por el resto del día, de modo que es indispensable a la hora del ordeño, disponer suficiente capacidad de almacenamiento.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

En cuanto al uso de efluentes es importante recordar que por cuestiones sanitarias solo podrá ser reutilizado en el lavado de los corrales externos, no así en la sala de ordeño. Esta es una medida que a pesar de representar una reducción del 11,68% en nuestro ejemplo, implica incurrir en una gran inversión para lograr un efluente con calidad adecuada para su re-uso. En este sentido, por ejemplo, el uso de rabasto previo al enjuague es una medida muy sencilla que en nuestro ejemplo tiene la capacidad de reducir el consumo de agua casi un 6%. Esta simple alternativa consiste en una inversión mínima, mucho menor que la necesaria para adecuar el sistema de almacenamiento de efluentes para poder reutilizarlos en la limpieza y produce un impacto importante en cuanto a la disminución del uso del agua. Cabe destacar que a pesar de ser una buena medida para la reducción del consumo hídrico, el uso del rabasto podría traer aparejado un incremento en la dificultad del trabajo diario en el tambo e ir en detrimento de las condiciones laborales de los trabajadores. Es por esto que es importante considerar varios aspectos antes de implementar ciertas medidas.

El uso de agua de lluvia también podría ser una alternativa redituable ya que tiene doble propósito; por un lado, reduce el aporte hídrico por escurrimiento desde techos y pisos al efluente, y por otro reduce el consumo de agua en la limpieza de corrales. La inversión para esta práctica es baja (canaletas/zinguería) y en nuestro ejemplo produjo una disminución de 2,40%.

A pesar de que toda actividad tendiente a la reducción del consumo de agua es favorable, puede observarse como la instalación de corte en la manguera de lavado para preparación de ubres, o incluso preparación en seco no produce un impacto importante en el consumo de agua y la generación de efluentes, por lo que a pesar de que estas medidas pueden ser útiles por otros motivos, no serían contundentes a la hora de realizar una disminución del consumo hídrico.

Una práctica no evaluada en nuestro ejemplo es la instalación de una válvula de corte que regule la entrada de agua para el pre-enfriado solo cuando la leche este pasando por el equipo de placas. Actualmente el tiempo de encendido de la bomba de leche no supera el 10% del tiempo total en el que esta la bomba de agua en funcionamiento (Taverna *et. al*, 2016). De modo que la

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

recomendación de 3:1 litros de agua por litro de leche parecería no cumplirse en todos los casos. Este es un tema que deberá evaluarse con mayor detalle en otros trabajos de eficiencia en el pre-enfriado de la leche.

Como puede observarse, es importante evaluar el ahorro de agua antes de realizar una inversión y conocer las mejoras que esta producirá en el total del consumo. Adicionalmente, es de suma importancia que las instalaciones se encuentren en buenas condiciones, sin pérdidas de agua y mantenidas en forma adecuada.

3.4. Puntos críticos en la gestión del recurso hídrico

Durante el desarrollo de este trabajo se han logrado identificar diferentes puntos o aspectos que se consideran que deberían ser tomados en cuenta inicialmente, es decir a la hora de planificar el uso eficiente del recurso. A estos se los ha denominado puntos críticos, y se los detalla a continuación:

- El agua utilizada en el pre-enfriado de la leche se ubica sin duda como el principal consumo del tambo y por ende la reducción generada como consecuencia de su **re-uso** para otros destinos, implica que sea considerado como el primer punto a tener en cuenta durante la planificación del manejo del agua.
- Un correcto **diseño del tambo**, implicará tener por ejemplo una máquina de ordeño con un número de bajadas adecuadas para el tamaño del rodeo, generando de este modo un menor tiempo de estadía de las vacas en el tambo y por ende un menor tiempo de ordeño, uso de bombas de agua para pre-enfriado y menor uso de agua para la limpieza de corrales. También, corrales dimensionados adecuadamente implicarán no solo menor consumo de agua para su limpieza sino que también una menor recolección y posterior escurrimiento del agua de lluvia al efluente en comparación con corrales sobredimensionados. Otro ejemplo de cómo el diseño del tambo impacta directamente en el manejo del recurso es el

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

consumo de agua para el lavado del tanque enfriador, el cual está relacionado con el tamaño del mismo, por lo que tener un tanque sobredimensionado aumentará el consumo de agua (aunque en pocos litros).

- Como se mencionó anteriormente, la importancia del **factor humano** en el manejo del agua en el tambo es fundamental. El consumo de agua en tareas como la limpieza puede variar drásticamente de tambo a tambo, o el encendido y apagado de la bomba de agua para el pre-enfriado de la leche, pueden determinar un consumo exacerbado para la misma eficiencia de enfriado. También el lavado de la máquina de ordeño, a pesar de tener un volumen necesario determinado, puede variar mucho dependiendo de cómo el tambero realice la operación.

El trato a los animales durante el arreo al tambo y dentro del mismo, la presencia de extraños en la sala de ordeño y cambios de las rutinas habituales, determinarán el volumen de excretas depositadas en las instalaciones y por ende el agua necesaria para realizar la limpieza. (Por ejemplo un arreo respetando el paso de las vacas, sin gritos y sin utilizar elementos que puedan ocasionar estrés en los animales favorecerá a que las excretas sean depositadas en el camino y no en las instalaciones).

Adicionalmente, por lo general, en los tambos puede observarse un excesivo derroche de agua (mangueras abiertas innecesariamente, limpiezas excesivas y otros usos no necesarios) que también dependerá indudablemente del nivel de concientización y capacitación que presente el personal involucrado.

Todos estos puntos mencionados a modo ilustrativo, demuestran que el factor humano es determinante a la hora de lograr una correcta gestión del agua en el tambo, por lo que la inclusión, capacitación y concientización del personal involucrado sobre su influencia en el consumo del recurso es un punto crítico fundamental a la hora de realizar un correcto manejo.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

- Aumentar la **eficiencia productiva del rodeo**, es decir, producir mayor cantidad de litros de leche por vaca, implicará una mejora en el indicador “agua/leche” y un menor consumo de agua global ya que ciertos consumos como la limpieza de la sala y los corrales, la máquina de ordeño, tanque de frío y preparación de ubres se incrementarán en poca cantidad, como puede observarse en la figura 21.

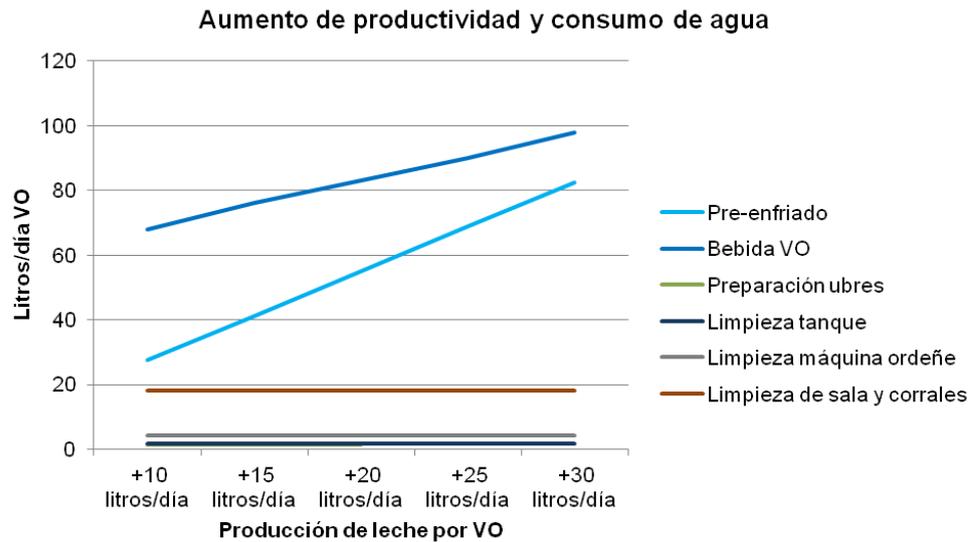


Figura 14 Productividad y consumo de agua

Es por esto que, aumentando la producción del producto (leche) en mayor medida que los consumos de agua, se logra una disminución en el indicador, tal y como se observa a continuación.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

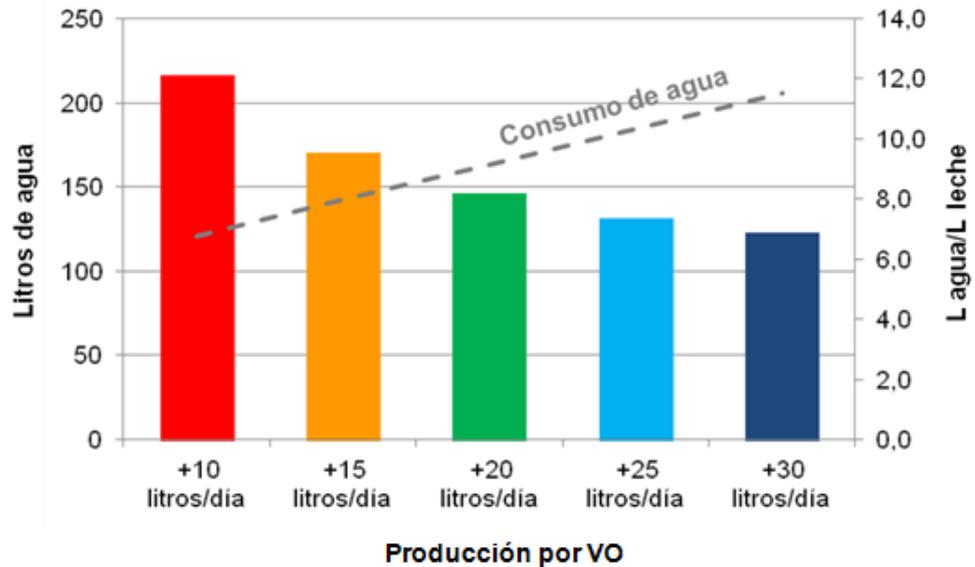


Figura 15 Consumo de agua (línea punteada) e indicador de eficiencia (en barras)

- Otro punto crítico identificado en el manejo del agua en el tambo son las **pérdidas o fugas**. Al no ser considerado este recurso como fundamental dentro de la gestión del tambo, pueden existir a lo largo de todo el circuito de agua, numerosas fugas que no son reparadas y se mantienen generando pérdidas durante todo el año. Es común observar canillas abiertas o con pérdidas, cañerías o juntas goteando, desbordes de bebederos y aspersores con constante caída de agua, entre muchas otras pérdidas.

Por ejemplo en el tambo Lincoln, se registraron las pérdidas que se presentan en la tabla 17. Si se comparan estas pérdidas con todo el esfuerzo que se realiza para disminuir el consumo se observa como la suma de las pérdidas alcanza el 9,1% de consumo neto de agua estimado para el mismo tambo (Consumo neto: Consumo considerando las prácticas de re-uso existentes en el tambo).

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Tabla 17 Pérdidas identificadas en el tambo Lincoln

Pérdida	Volumen (L agua/día)	Consumo neto (L agua/día)	Pérdida/Total (%)
Canilla con pérdida	2.160	47.477	4,5%
Manguera en sala de ordeño con pérdida	1.440		3%
Manguera patio con pérdida	720		1,5%
Total	4.320		9,1%

De este modo, se puede comprender como simples fugas de agua, comunes en los establecimientos lecheros, pueden transformarse en grandes volúmenes a lo largo de todo el día. Adicionalmente, debe considerarse también que muchas veces estas pérdidas son encausadas hacia el sistema de tratamiento, generando mayor volumen de efluente y mayores gastos a la hora de tratarlo o aplicarlo a campo. Una manera de corregir este punto es realizar un correcto mantenimiento de las instalaciones, particularmente las cañerías, válvulas, canillas, mangueras y bebederos; también es necesario mantener al personal capacitado y alertado por cartelería en las instalaciones.

- Finalmente y de manera transversal a los puntos ya mencionados, se detectó la **falta de gestión** de este recurso dentro de la empresa. El agua es un gran condicionante de la producción individual de cada animal, generando mermas en la misma cuando la cantidad o mala distribución del agua ocurre o actuando como causante de enfermedades y padecimientos en los casos que el agua no presenta una adecuada calidad. Un mal manejo de la misma también puede ocasionar situaciones de enlodamiento, que a su vez hacen más propensos los contagios de enfermedades e infecciones entre animales. También es importante considerar cuestiones económicas aparejadas a este recurso como por ejemplo el costo energético incurrido durante el bombeo de agua y/o efluentes, el tratamiento de los efluentes en los casos en los que exista, el costo del servicio de esparcido del efluente tratado a campo, etc.

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Otro punto a tener en cuenta son las normativas regulatorias que se están generando para la Provincia de Buenos Aires en las cuales se exige una adecuada gestión del recurso hídrico y de los efluentes generados en el tambo.

Es entonces que para alcanzar una gestión sostenible del recurso hídrico se han identificado los siguientes aspectos que deben ser tenidos en cuenta:

- Es necesario asegurar la provisión de agua segura para la bebida del ganado y el uso dentro del tambo tanto en calidad como en cantidad, para esto se deben seguir buenas prácticas en la construcción de pozos y la extracción de agua. Será imprescindible realizar análisis correspondientes para conocer la calidad del recurso.
- Una cuestión fundamental en cualquier sistema de gestión del agua será conocer el circuito de la misma en el tambo para identificar el modo de medición de consumos, posibilidades de mejoras y detectar pérdidas existentes con rapidez. Es recomendable realizar un esquema gráfico del agua para comprender de manera adecuada el mismo. Un ejemplo de esto puede ser el de la figura 23.

Circuito de agua y efluentes

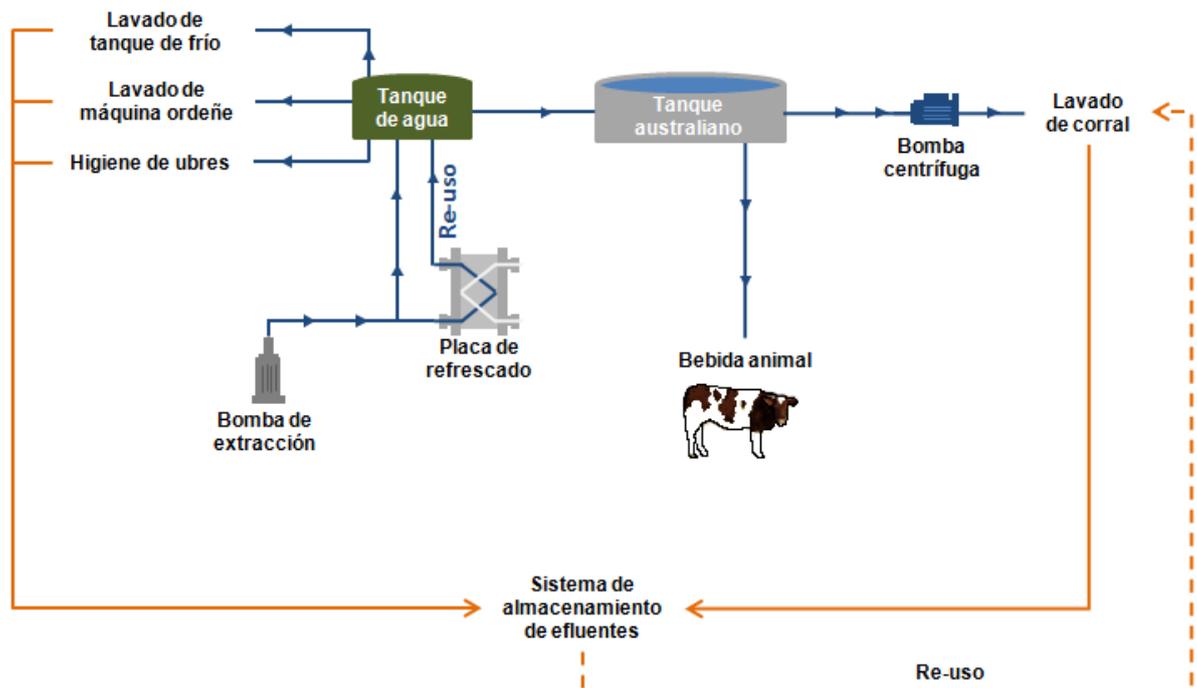


Figura 16 Diagrama de flujo de agua en un tambo (con posibilidades de reuso)

Con el circuito establecido sería más sencillo detectar lugares donde pueden realizarse las correspondientes mediciones o instalaciones de caudalímetros, identificar posibilidades de re-uso (punto crítico) y planificar mantenimientos preventivos con el fin de evitar pérdidas (punto crítico).

- En pos de lograr una correcta gestión, será indispensable conocer, monitorear y evaluar los volúmenes utilizados en cada destino con el objetivo de evaluar la eficiencia del sistema. En este sentido, se pueden establecer indicadores de gestión como el planteado anteriormente (L agua/L leche). Una vez determinada la eficiencia del tambo se puede establecer una evaluación de la situación del establecimiento comparándolo con los valores de referencia (indicados en el punto “Indicador de eficiencia de uso del agua” de este trabajo). A modo de referencia, en base a lo estimado anteriormente, puede considerarse un promedio de 6 litros de agua por litro de leche producido (incluyendo la bebida de las VO) en un

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

tambo medio argentino con un uso medianamente eficiente del agua (re-uso de agua de placas, sin pérdidas en el circuito de agua y con manguera de lavado de ubres con corte).

- Todo el personal involucrado en las diferentes actividades llevadas a cabo en el tambo debe estar concientizado acerca de la influencia que ejercen sus prácticas sobre el recurso hídrico y debe ser capacitado adecuadamente ya que como se ha mencionado anteriormente, el factor humano es un punto central a la hora de lograr un correcto manejo del recurso.
- Otra cuestión importante es que los efluentes generados pueden impactar en la calidad del agua de la cual se abastece el establecimiento en el caso de no ser tratados de manera adecuada. La planificación del sistema de tratamiento y/o disposición de los mismos a campo debe ser apropiada a las circunstancias geográficas del establecimiento.
- Finalmente, es importante identificar y comprender los co-beneficios asociados al buen manejo del recurso (ahorro energético, aumento de la productividad, disminución de frecuencia de enfermedades, etc.) para poder valorar la implicancia de esta gestión en la administración general de la empresa.

4. Conclusiones y consideraciones finales

A partir de la experiencia llevada a cabo durante el desarrollo de este trabajo se concluye que:

- A pesar de que la metodología desarrollada no representó el consumo real de los tambos estudiados, como consecuencia principalmente de la influencia del factor humano en el consumo de agua de cada tambo, la misma puede implementarse para estimar el consumo basal/óptimo que debería tener cada tambo en base a su eficiencia productiva y el diseño de las instalaciones.
- A pesar de que la información necesaria para realizar para cálculos más sofisticados es difícil de obtener (como por ejemplo, para calcular la Huella Hídrica), el consumo puede ser estimado en forma relativamente fácil con la metodología desarrollada, lo que permitiría utilizarla para realizar estimaciones preliminares en un gran número de establecimientos.
- Para simplificar aún más los datos requeridos por la metodología, pueden utilizarse valores de consumo de agua para bebida animal por defecto para la provincia según nivel de producción.
- Al estimar de manera simple el consumo de agua en el establecimiento, es factible construir el indicador agua/leche para cada tambo, pudiendo así efectuar una comparación del nivel de eficiencia de los distintos establecimientos a lo largo de toda la provincia.
- La reducción del consumo de agua en actividades relacionadas al ordeño es posible; en el ejemplo realizado sobre un tambo tipo se observaron reducciones del 45% del consumo de agua.
- Durante las visitas realizadas pudo observarse como los trabajadores y encargados de los tambos no contemplan el uso del recurso hídrico dentro de la gestión del establecimiento.
- Por lo mencionado anteriormente, los puntos críticos detectados y que deben ser considerados durante la gestión del recurso en el tambo, establecidos luego de esta experiencia se resumen en: realizar un re-uso del agua limpia, tener un tambo diseñado acorde al nivel de producción,

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

concientizar al factor humano, elevar la eficiencia productiva del rodeo, gestionar las pérdidas a lo largo del circuito de agua e incorporar la gestión del agua a la gestión general del establecimiento.

En síntesis, la actividad lechera está fuertemente vinculada al consumo de agua por lo que lograr un crecimiento sostenible en el tiempo implicará considerar el recurso hídrico dentro del planeamiento estratégico de cada establecimiento.

Durante la experiencia realizada en este trabajo y los diferentes estudios realizados con anterioridad por muchos especialistas nos permiten afirmar que ninguno de los 10.722 tambos que existen en la actualidad en el país es igual a otro. Los establecimientos aumentaron en el número de animales pero no necesariamente el diseño de las instalaciones acompañó este crecimiento. Sumado a esto, los diferentes planteos y estrategias de producción, las costumbres y mentalidades de las más de 45.000 personas empleadas en este sector influyen de manera determinante en la variabilidad existente entre los establecimientos. Esto se ve reflejado, entre otros aspectos, en el consumo de agua que realizan los tambos. En este contexto, el uso de la metodología de estimación propuesta podrá servir para identificar inicialmente y de manera sencilla el consumo de agua básico que tendrá un tambo (sin contar las variaciones debidas al factor humano) y mediante el cual se podrá construir el indicador de eficiencia propuesto (L agua/ L leche) para poder realizar una comparación preliminar de diferentes tambos sin la necesidad de incurrir en mediciones in situ.

Las comparaciones de eficiencia entre tambos podrán servir para realizar evaluaciones a nivel regional del consumo de agua y la detección de establecimientos con situaciones particulares que impliquen un mayor consumo de agua; o utilizarse para determinar la evolución del consumo a lo largo del año. Por otro lado, a nivel establecimiento puede utilizarse para el diseño del mismo, para la evaluación de su situación actual y las distintas posibilidades de mejora.

Para evaluaciones de mayor exactitud deberá adicionarse a esta metodología, otras variables que afectaran el consumo de agua en cada

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

establecimiento, tales y como el consumo de agua por el resto de las vacas (vacas secas, vaquillonas, terneros y toros), el riego, el uso de aspersores para el refrescado de los animales y el consumo de agua para otros usos. Para esto las directrices para el cálculo de la Huella Hídrica (ISO 14046:2014) propuestas por la Organización Internacional de Normalización (ISO), incluyen en el análisis el agua verde (agua para cultivos), agua azul (bebida para todos los rodeos y el uso en las instalaciones) y finalmente el agua gris (efluentes). En este sentido, este trabajo aporta información sustancial para el cálculo del agua azul en el establecimiento y por consiguiente para realizar estimaciones más fehacientes del consumo hídrico durante la producción de leche.

5. Bibliografía

Alfaro, M., Salazar, F. Ganadería y contaminación difusa, implicancias para el sur de Chile. Agricultura Técnica, Chile. 2005; 65 (3):330-340

Andriulo, A., Sasal, C., Améndola, C., Rimatori, F. Impacto de un sistema intensivo de producción de carne vacuna sobre algunas propiedades del suelo y del agua. RIA INTA, Argentina. 2003; 32 (3): 27-56

Bavera, G.A. Suplementación mineral del bovino a pastoreo y referencias en engorde a corral. Editorial del Autor, Río Cuarto, 2000;(9):139-141
http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/05-ingestion_materia_seca.pdf Consultado el 09/01/2018

Berra, G, Finster, L. Emisiones de gases de efecto invernadero; influencia de la ganadería Argentina. 2002. Cadena de la Carne Vacuna, Tecnologías para nuevos escenarios. 2002; 21(2):212-215 http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/50-efecto_invernadero.pdf Consultado el 21/04/2017

Bonta, M.; Pastorino, F, Flores, M.C.; Pol, M; Herrero, M.A. 2011. Caracterización del uso de agua en instalaciones de ordeño en cuencas lecheras de Buenos Aires. Jornada de Jóvenes investigadores en Ciencias Veterinarias, FVET, UBA. Buenos Aires, Argentina. 16 y 17 de Junio de 2011

Burton, CH. y Turner, C. Manure management. Treatment strategies for sustainable agriculture. 2nd. Ed. Silsoe Research Institute; Silsoe Bedford, England, 2003.

Callinan, L. Water use in Victorian dairy sheds. Published by the Department of Primary Industries, 1 Spring Street, Melbourne, Victoria 3000, Australia, 2009.
http://agriculture.vic.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/197085/Dairy-Shed-Water-Use-in-Victoria-2009-Analysis.pdf Consultado el 20/08/2018

Castillo, A.R.; Kebreab, E.; Beever, D.E.; France, J. A review of efficiency of nitrogen utilization in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. Journal of Animal and Feed Sciences, 2000 (9):1-32,

Charlón, V.; Taverna, M.; y Paniggatti C. Cuantificación y caracterización de los efluentes generados en las instalaciones de ordeño. Abstracts 11º Conferencia de la Organización Internacional de la Conservación del Suelo (ISCO´2000). 2000. http://www.aprocal.com.ar/wp-content/uploads/El_agua_en_el_tambo.pdf. Consultado el 21/04/2017

Chimiz J., Gambuzzi E. Recientes cambios y posibles rumbos tecnológicos del tambo argentino. INTA. Proyecto lechero. Centro Regional Santa Fe, 2007

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Cruzate, G.; Panigatti, J.P.; Moscatelli, G. Suelos y ambientes de Buenos Aires, CNIA, INTA, 2008. http://geointa.inta.gov.ar/web/wp-content/uploads/downloads/Laminas_de_Suelos/Buenos-Aires_3.jpg
Consultado el 21/04/2017 Consultado el 25/01/2018

Department of Primary Industries. Dairy shed water, How much do you use? A comprehensive guide to calculating water use in the dairy shed. Published by the Department of Primary Industries, 1 Spring Street, Melbourne, Victoria 3000 Australia, July 2009.
http://agriculture.vic.gov.au/_data/assets/pdf_file/0007/197080/Dairy-shed-water.pdf *Consultado el 25/01/2018*

Diez M. Efluentes de tambo, mucho más que residuos. Producir XXI, Buenos Aires, 2012; 20(251): 30-36

FAO. Milking, milk production hygiene and udder health. FAO Animal production and health paper 78. Recurso Online: <http://www.fao.org/docrep/004/T0218E/T0218E00.HTM> *Consultado el 26/01/2018*

Felice, G. Estimación del consumo de agua en tambos de la cuenca norte de la provincia de la pampa durante la rutina de ordeño. Proyectos PNLEC, PNLEC2, PI72001, PE71082. Informe técnico interno, EEA Anguil, INTA 2014
http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_felice_estimacion_consumo.pdf *Consultado el 21/04/2017*

FunPel. Anuario de la lechería Argentina. Fundación para la Promoción y el Desarrollo de la Cadena Láctea Argentina. Editorial Inforcampo S.A., Vicente López, Buenos Aires, Argentina, 2013.

Gastaldi, L.; Engler P.; Litwin G.; Centeno A.; Maekawa M.; Cuatrin A. El tambo Argentino: Una Mirada integral a los sistemas de producción de leche de la Región Pampeana. PNPA 1126043 "Sustentabilidad de los sistemas de producción de leche bovina", INTA 2016.
http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_encuesta_sectorial_lechera_2014_2015_descriptiva.pdf *Consultado el 26/04/2017*

Gastaldi, L.; Cuatrin, A.; Maekawa, M.; Litwin, G. Marino, M.; Centeno, A.; Moretto, M. Lechería Pampeana, Resultados productivos, Ejercicio 2016 – 2017. PNPA 1126043 "Sustentabilidad de los sistemas de producción de leche bovina", INTA 2017. <http://www.ocla.org.ar/contents/news/details/11839831-encuesta-lechera-inta-2016-2017> *Consultado el 26/04/2017*

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

Herrero, M.A. La importancia del agua en la producción de leche. InfoVet n° 59; Junio, 2003 http://www.fvet.uba.ar/areas/arch_bases_agric/agualech.pdf
Consultado en 21/04/2017

Herrero M.A., Gutiérrez, G., Pazos, D.A., Carbó L.I., Sardi, G.M.I. Distribución de contaminantes naturales y antropogénicos en agua subterránea de tambos en la Región Pampeana. Proceedings V Congreso Iberoamericano de Química y Física Ambiental. Mar del Plata, Argentina. 2008; (1):1-7

Herrero M.A.; Rabuelto, M.; Orlando, A.; Bruni, O.; Charlón, V. y Korol, S. Identificación de contaminantes en aguas subterráneas en sectores de concentración animal en un tambo. Comunicación. Revista Argentina de Producción Animal Vol. 28 Supl. I. 2008b

Herrero M.A., Gil S. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal, Ecología Austral, v. 18 n° 3. 2008

Herrero M.A., Gil S. Manejo del agua en sistemas ganaderos. En BM Press (ed) La producción animal y el ambiente. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, 2014:35-65

Herrero M.A. Manejo de excretas y efluentes ganaderos. En Pascale, C., Zubillaga, M., Taboada, M (ed). Suelos, producción agropecuaria y cambio climático: Avances en la Argentina. 1ra edición. Buenos Aires, Argentina. 2014:365-387

Herrero, M.A. Balances de nutrientes en tambos: El valor de los residuos. N° 42. En BM Editores (ed.) Los Avicultores y su Entorno n° 45. 2014
http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/instalaciones_tambo/34-Balances_Nutrientes.pdf
Consultado en 21/04/2017

Herrero, M.A. Uso y manejo del agua y efluentes en un área rural: Consecuencias sanitarias y ambientales de la intensificación de la producción primaria de leche. Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Salud Pública e Higiene Ambiental. Buenos Aires, Argentina, 2014

Highman C.D.; Horne D.; Singh R.; Kuhn-sherlock B.; Scarsbrook M.R. Water use on nonirrigated pasture-based dairy farms: Combining detailed monitoring and modeling to set benchmarks. Journal of Dairy Science, 2017
[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(16\)30738-X/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30738-X/pdf)
Consultado el 01/05/2017

Hoekstra, A.Y. The hidden water resource use behind meat and dairy. Animal Frontiers, 2012; 2 (2): 3-8

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

IPCC. Climate change and biodiversity. (ed.) H. Gitay, A. Suárez, R. T. Watson & D. J. Dokken. IPCC Technical Paper V. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2002

Iramain, M.S; Nosetti, L; Herrero, M.A; Maldonado V; Flores, M.; Carbó, L. Evaluación del uso y manejo del agua en establecimientos lecheros de la provincia de Buenos Aires, Argentina, oct. 2001. p.1-11, Ilus. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/leche.pdf>, Consultado el 25/10/2017

Lange, A. Sal común para limitar el consume de suplementos. Dinámica Rural, 1973,6(62):75. http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/25-sal_para_limitar_consumo.pdf Consultado el 09/01/2018

Loobuyck, M.; Willame C.; Bazantay, F.; Corbet, V. Economies d'énergie dans le refroidissement du lait á la ferme. Revue Generale du Froid et du conditionnement d'air. 2012 Abril, 39-44.

Ministerio de Agroindustria. Producción de leche cruda a nivel nacional informada por la industria, a partir de la Resolución 7/2014. Fecha de Publicación 15/09/2016. Consultado a través del sistema de Datos Abiertos Agroindustria el 29/04/2017 en <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Lecheria>, Consultado el 21/04/2016

Moyano Salcedo A.; Tieri M.P.; Herrero M.A. Huella hídrica en establecimientos lecheros de Buenos Aires, II Encuentro Argentino de Ciclo de Vida y II Encuentro de la Red Argentina de Huella Hídrica ENARCIV 2015, Argentina. 2015. https://www.researchgate.net/publication/283687662_huella_hidrica_em_establecimientos_lecheros_de_buenos_aires_argentina, Consultado el 01/05/2017.

Murphy, M. R.; Davis, C. L. y McCoy G. C. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. J. Dairy Sci. 1983; 66:35-38.

National Reserch Council, 2001. Nutrient requirements of dairy cattle / Subcommittee on Dairy Cattle. Nutrition, Committee on Animal Nutrition, Board on Agriculture, National Research Council. — 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C. 2001

Nickisch, M. B.; Manejo de los recursos hídricos en zonas áridas y semiáridas para áreas de secano. INTA-EEASE, Santiago del Estero, Argentina, 2012. <https://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-recursos-hidricos-para-areas-de-secano-segunda-edicion>, Consultado el 25/10/2017

Nosetti, L.; Herrero, M. A., Pol, M., Maldonado May, V.; Iramain, M. S., Flores, M., Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos

Consumo hídrico en tambos de la Provincia de Buenos Aires

lecheros I. Demanda de agua y manejo de efluentes. Facultad de Veterinaria. 2002, 4 (1), 37-43. <http://www.fvet.uba.ar/publicaciones/archivos/ant/herrero1.pdf>, Consultado el 21/04/2017

OCDE/FAO. Agricultural Outlook, OECD. Agriculture Statistics (base de datos), en <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>. Consultado el 21/04/2017

OCLA. Observatorio de la Cadena Láctea Argentina. Lechería Argentina – Producción. Producción Nacional de Leche. Consultado a través del sistema web del observatorio el 29/06/2019 en <http://www.ocla.org.ar/contents/newschart/portfolio/?categoryid=12#cbp=/Contents/NewsChart/Details?chartId=10015020>, Consultado el 29/06/2019

Sánchez, C.; Suero, M.; Castignani, H.; Terán, J. y Marino, M. La lechería argentina: estado actual y su evolución (2008 a 2011). Trabajo de investigación presentado en XLIII Reunión Anual de Economía Agraria. Corrientes, Argentina. 2012

SAYDS. Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Argentina, 2015. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/argnc3s.pdf>, Consultado el 21/04/2017

Taverna M.A.; Charlón, V.; Panigatti C.; Castillo A.; Serrano P. Manejo de los residuos originados en las instalaciones de ordeño. Ed. INTA (2004), ISBN 987-521-121-4.

Taverna M.A.; Ruata, R.; García K.; Ghiano, J.; Walter, E.; Costamagna, D. Alternativas para reducir el consumo de energía eléctrica en tambos. Unidad editorial, INTA. 2016

Van Horn, H.H.; Wilkie A.C.; Powers W.J.; Nordstedt R.A. Components of Dairy Manure Management Systems. J. Dairy Sci. 1994; 77(7):2008-2030.

Willers, H.; Karmanlis, X.; Schilte, D. Potential of closed water systems on dairy farms, Wat. Sci.Tech.1999, 39(5):113-119.