

LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL EQUIPO DE ORDEÑO.

IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS DE LIMPIEZA

Antonio Callejo Ramos. .
Virginia Díaz Barcos
EUIT Agrícola-U.P.M.

1.-INTRODUCCIÓN

No puede negarse que en la dos últimas décadas, la calidad de los productos alimenticios ha cobrado una enorme importancia; la leche no ha sido una excepción. Por un lado, la industria demanda un producto con las características adecuadas para una correcta transformación. Por otra, el consumidor es cada vez más exigente y apuesta por un producto libre de agentes contaminantes y con unas determinadas propiedades organolépticas, si bien es verdad que las fuertes campañas publicitarias en el sector de los productos lácteos pueden dirigir de una forma interesada y no siempre correcta el gusto y las exigencias del consumidor.

Los consumidores demandan productos lácteos de más calidad en un mercado cada vez más competitivo, en el que se pueden encontrar productos de casi cualquier parte del mundo. Satisfacer estas necesidades requiere por parte del productor un alto nivel de calidad sostenida, sostenimiento que solo puede producirse si la materia prima que da origen a dichos productos es también de la mejor calidad posible.

La presión del consumidor se transmite finalmente al ganadero de tres formas posibles:

- 1.- *Exigencias legales para lograr los estándares básicos de calidad.*
- 2.- *Incentivos o penalizaciones en el pago, basados en la calidad de la leche.*
- 3.- *Precios de la leche que reflejan el acceso ó rechazo de mercados que requieren leche de alta calidad.*

El término “calidad” no es fácil definirlo por cuanto puede englobar distintos conceptos, muchos de ellos de apreciación totalmente subjetiva. No obstante, y aceptando que cualquier globalización o generalización es discutible, podemos

considerar que la **calidad es el grado de aptitud para el uso** y que, por tanto, valor nutritivo, características organolépticas, conservabilidad y elementos contaminantes van a condicionar dicha aptitud y, por ello, la calidad

Hoy hablamos de leche de calidad cuando los componentes naturales de la misma se encuentran en porcentajes normales y preestablecidos, alterándose lo menos posible a lo largo de la larga cadena de producción de leche y productos lácteos hasta su llegada al consumidor.

De entre las posibles causas de insuficiente calidad de la leche, la contaminación de origen microbiano es la principal, asociándose a instalaciones de ordeño con limpieza deficiente como resultado de un programa de lavado ineficaz. Para la consecución de leche de máxima calidad es fundamental seguir un programa exigente de higiene en la instalación.

2. LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DEL EQUIPO DE ORDEÑO

2.1. Consideraciones previas

La **limpieza** puede definirse como la eliminación de la suciedad y otros residuos extraños. Normalmente, se consigue mediante lavado con agua a la que se añade un detergente para aumentar su eficacia. A pesar de que esta limpieza elimina gran parte de las bacterias, la evidente posibilidad del crecimiento de cualquier resto bacteriano, es preciso eliminarlo o inhibir su crecimiento, para lo que se requiere poner en marcha procesos de esterilización o desinfección

La **esterilización** consiste en la eliminación de todos los organismos vivos, lo cual se consigue mediante el calor.

La **desinfección** es un proceso que permite dejar aceptablemente bajos los niveles de contaminación bacteriana, de forma que no den lugar a ningún tipo de patología. Para desinfectar se utilizan compuestos químicos conocidos con el nombre genérico de *desinfectantes*. Se denominan *sanitizantes* cuando se combinan con un detergente. **Sanitización** es, por tanto, el proceso que deja las superficies tratadas aceptablemente limpias y libres de microorganismos, al menos, los patógenos.

La limpieza y desinfección de la instalación de ordeño es uno de los factores claves en la producción de leche de calidad por lo que deben ser cuidadosamente realizadas para lograr los mejores resultados y evitar aumentos indeseados en el contenido de bacterias y que tan costosos son para el ganadero.

La limpieza como concepto se basa en seis principios:

- | | |
|-------------|--------------------------------|
| 1. Suciedad | 4. Tiempo |
| 2. Agua | 5. Drenaje |
| 3. Energía | 6. Mantenimiento de la máquina |

2.2. Suciedad

Aquí, el término suciedad se refiere a restos de leche que quedan en la instalación después de haber ordeñado. Si bien es cierto que el enjuague con agua tibia elimina la mayor parte de estos restos, es imprescindible eliminarlos en su totalidad. Eliminar los restos de leche tropieza con el inconveniente de las distintas propiedades de sus componentes, en lo que se refiere a su mejor o peor movilización con agua fría, el pH óptimo de actuación de los productos de limpieza para su eliminación, la posible desnaturalización por efecto del calor, etc. (Tabla 1)

Por otra parte, esta suciedad supone un excelente caldo de cultivo para el desarrollo de microorganismos, bacterias fundamentalmente, las cuales, por sí mismas, o por las enzimas que producen, pueden provocar numerosas alteraciones en la leche. La clasificación de las principales bacterias implicadas según la temperatura óptima para su desarrollo, así como los posibles daños que originan en la leche se sintetizan en la Tabla 2.

Tabla 2. Principales bacterias causantes de alteraciones en la leche

Características	Denominación	Daños posibles en la leche
Resistentes al frío (Psychrophiles)	<i>Pseudomonas</i> <i>Flavobacterium</i>	- Sabor - Cuajada de queso viscosa - Leche viscosa - Caducidad corta - Trazas de enzimas
Adaptadas a la temperatura del cuerpo (Mesophiles)	<i>Staphylococcus</i> <i>E-coli</i>	- Caducidad corta - Podría formar ácido & gas
Resistentes al calor (Thermophiles)	<i>Bacillus</i> <i>Streptococcus</i>	- Frecuente formación esporas - Puede sobrevivir a la pasteurización - Caducidad corta - Trazas de toxinas

2.2. Agua

En el apartado 4 abundaremos en la importancia del agua en el proceso de limpieza. Ahora nos limitaremos a comentar un aspecto que, en muchas ocasiones, no se tiene en cuenta: el de cuánto agua, fría y caliente, se necesita para lavar.

2.3.1. Volumen de agua

El agua es el medio en el que se disuelven los productos de limpieza para realizar el lavado y la desinfección de la instalación. Con relación a él se deben tener en cuenta aspectos como el volumen de agua necesario, su calidad y la temperatura que debe alcanzar para garantizar la eficacia del proceso.

El lavado correcto de la instalación requiere una cantidad de agua de la que debe disponerse en el momento de la limpieza. Es decir, la necesidad de agua tiene un pico muy importante en el momento del lavado de la instalación, por lo que es recomendable disponer de depósitos de almacenamiento de agua, más aún si el caudal que aporta la fuente de abastecimiento no es suficiente.

Estimar la cantidad de agua que se necesita para cada ciclo de lavado del equipo de ordeño depende, en gran medida, de las características de la instalación, esto es, del número tipo y volumen de los componentes por los que circula la leche y que es preciso limpiar. Como cifras orientativas, podemos dar las que figuran en la Tabla 3.

Tabla 3. Volumen de agua necesario para lavar las conducciones de leche

Elemento	Volumen de agua
Tubería de leche	30-50 % de su capacidad
Tubería de lavado	50 %
Tubo de descarga al tanque de frío	100%
Margen adicional (*)	10 %
(*) Para mantener en la pileta de lavado una suficiente y constante cantidad de agua a lo largo de cada ciclo de lavado	

Debemos tener en cuenta que en el cálculo del volumen de la tubería de leche se incluyen diversos componentes, cuya capacidad más habitual incluimos en la Tabla 4.

Tabla 4. Capacidad de algunos componentes de la instalación de ordeño

Componente	Capacidad(*) (litros)
Depósito sanitario	7,5 - 15
Unidad Final	25 - 75
Medidores volumétricos(**)	25 - 40
(*) Para una mayor precisión se debe consultar al fabricante	
(**) Para lavar los medidores volumétricos se considera un volumen de agua adicional de 4 litros por cada medidor	

Para lavar automáticamente el tanque de refrigeración se considera necesario un volumen de agua del 3-5% de la capacidad del tanque, aunque no se lo sumaremos al volumen de agua para limpiar el equipo de ordeño porque, en general, son dos procesos que no se suelen realizar simultáneamente.

Tabla 1. Porcentaje de los principales componentes de la leche en el residuo y en la piedra de leche

Componentes de la leche	Solubilidad	Facilidad de movilización en frío	Alteraciones por calor	% en leche	% en depósitos de leche de nueva formación	% en piedra de leche	Microorganismos degradativos	Alteraciones microbianas
Agua				87	20	3		
Grasa	Pobre en agua y soluciones alcalinas o ácidas	Buena con agentes tensioactivos	Polimerización	4	25	3 - 18	<i>Pseudomonas</i>	ÁGL (olor y sabor)
Proteína Caseína: 80% Suero: 20%	Pobre en agua Media en solución ácida Buena en solución alcalina	Pobre en agua Mejor con soluciones alcalinas	Desnaturalización	3	20	4 - 44	<i>Pseudomonas</i> <i>Bacillus</i>	Corta caducidad (olor y sabor)
Lactosa	Buena en agua, tanto en soluciones alcalinas como ácidas débiles	Buena	Posible caramelización	5	25	0	<i>Lactobacillus</i> <i>Streptococos</i>	Ácido láctico Ácido propiónico Ácido acético
Minerales Ca, P, NA, MG y Cl Fe, Mn y otros (H ₂ O)	Depende de la sal. En general, bien	Bastante buena	Precipitación	1	10 Eliminación con detergente ácido	42-67		

En la Tabla 5 podemos ver un ejemplo de cálculo del volumen necesario de agua por cada fase del ciclo de lavado para una instalación de ordeño en espina de pescado, en línea baja, con 12 unidades de ordeño y sin medidores volumétricos.

Si consideramos que esta instalación cuenta con un tanque de 3.000 litros, el lavado automático de éste requeriría un volumen entre 90 y 150 litros de agua.

En el caso de que la instalación de ordeño disponga de un preenfriador de placas o de otro tipo, la limpieza de éste aumentaría ligeramente la capacidad del tubo de descarga.

Tabla 5. Ejemplo de cálculo del volumen de agua necesario para el lavado

Componente	Capacidad (litros)	Litros agua/ciclo
Tubería de leche (20 m; 75 mm Ø)	90	45 (50%)
Unidad final	50	25 (50%)
Depósito sanitario	10	5 (50%)
Tubería de descarga (13 m; 40 mm Ø)	16	16 (100%)
Tubería de lavado (25 m; 50 mm Ø)	50	25 (100%)
	Subtotal	116
	+ 10%	12
	TOTAL litros/ciclo	128

También habría que considerar el consumo de agua necesario para la limpieza de las diversas zonas o locales de un centro de ordeño: suelos de lechería y sala de ordeño, plataformas de ordeño y patio de espera, aseos y otras dependencias y usos. Estas necesidades son muy variables, en función de las dimensiones de cada zona, de la suciedad que introduzcan los animales y del número de operarios que usan los aseos.

2.3.2. Necesidades de agua caliente

No es posible pensar en un lavado eficaz y correcto sin la utilización de agua caliente, a fin de lograr que el agua y/o la solución de limpieza empleadas en cada fase del proceso alcance la temperatura adecuada. El agua caliente necesaria en cada ciclo será igual al volumen de agua de limpieza calculado anteriormente para el ciclo de lavado (sanitización), y la mitad de dicho volumen en los ciclos de enjuagado previo y aclarado final si éstos se hacen con agua templada. Tomando el ejemplo anterior, podríamos calcular las necesidades de agua caliente del modo que se señala en la Tabla 6.

Tabla 6. Cálculo de volumen de agua caliente necesario

Operación	Agua caliente (litros)
Enjuagado previo	64
Ciclo de lavado	128
Aclarado final	0
Subtotal	192
+ 10%	19
Total	211
Enjuagado, lavado y aclarado del tanque (2 % x 3.000 l)	60
TOTAL AGUA CALIENTE	271

2.3. Energía

Son 4 los factores que tienen especial influencia en el lavado. Los 4 son fundamentales, si bien hasta cierto punto pueden compensarse las deficiencias de unos con el exceso de otros:

- Energía Mecánica
- Energía Química
- Tiempo
- Temperatura

2.4.1. Energía Mecánica

El flujo de agua en las tuberías puede ser “laminar” o “turbulento” (figura 1). Sus características vienen determinadas por cierto número de factores como diámetro de la tubería, temperatura y velocidad.

La acción de la solución de limpieza será más eficaz en cuanto sea capaz de ponerse en contacto con la suciedad, empaparla, separarla y retirarla. La intensidad de la secuencia “contacto-penetración-desprendimiento” crecerá en la medida que lo haga el factor mecánico de la turbulencia.

En las instalaciones de ordeño actuales, cada vez más grandes y donde se ordeñan animales de mayor producción, se hace necesario utilizar tuberías de leche de gran longitud y mayor diámetro que las empleadas hace años. Estas circunstancias, sin embargo, complican considerablemente el proceso de limpieza.

Este hecho ha sido contemplado en la última revisión de la Norma UNE 68050:1998, donde, para calcular el caudal de la bomba necesario en cada instalación, se debe tener en cuenta que éste caudal debe ser suficiente para que la solución de lavado circule a una velocidad entre 6-8 m/s para facilitar la formación de tapones de agua que posibiliten el contacto del agua de limpieza con toda la superficie interior de la conducción de leche.

También, por ello, se recomienda la instalación de inyectores de aire, los cuales provocan la formación y el mantenimiento de los tapones a lo largo de la tubería de leche, hasta la unidad final. Se forma un “tapón” cuando se admite en el sistema un gran volumen de aire detrás de un volumen de agua. La velocidad de la admisión de aire determina la velocidad del tapón (7 - 10 m/seg).

Debe controlarse el volumen de agua de lavado con el fin de evitar que un elevado caudal pueda inundar el depósito sanitario y causar una excesiva caída de vacío en la instalación.

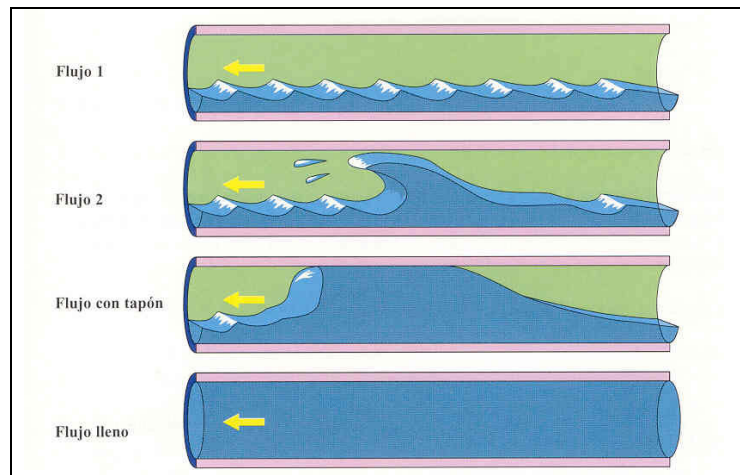


Figura 1. El flujo de la solución de limpieza debe ser turbulento, favoreciéndose la formación de tapones.

Con flujo laminar la fricción con el tubo es mínima; en la medida que aumenta la velocidad del flujo, éste cambia sus características de laminar hasta un punto crítico en el que se producen turbulencias, aumentando la fricción de forma importante.

2.4.2. Energía Química

Las reacciones entre la suciedad y el detergente se producen para aumentar la solubilidad de la suciedad y facilitar su eliminación. Las características físicas y químicas de la suciedad van a determinar el tipo de producto químico y la temperatura a utilizar.

El detergente realiza las funciones de:

- ◆ Mojante
- ◆ Disolvente
- ◆ Emulsión y dispersión
- ◆ Ablandamiento del agua
- ◆ Facilidad de eliminación
- ◆ Propiedades desinfectantes

Los detergentes comúnmente usados en los equipos de ordeño son:

ACIDOS: para disolver principalmente los depósitos de base mineral. Su pH debería estar entre 2,5 y 3,5. No están afectados por el agua dura. No obstante su dosificación deberá garantizar un pH dentro de la gama indicada.

ALCALINOS: para disolver los depósitos de base orgánica (grasas y proteínas). Su pH debería estar entre 11,5 y 12,5 (detergentes clorados y al menos en 12 (detergentes no clorados). Están afectados por la dureza del agua, por lo que es preciso ajustar la dosificación para garantizar unos valores óptimos de pH, de nivel de cloro y de alcalinidad activa (Tabla 7). Los niveles de cloro mínimos (detergentes clorados) se cifran en 70 ppm, mientras que los niveles de cloro para que la actividad bactericida sea suficiente se elevan a 100 ppm.

Tabla 7. Niveles de alcalinidad según el grado de suciedad

Condiciones de suciedad	Alcalinidad activa
Mínimo	500 ppm
Medio	700 ppm
Alto	1.000 ppm

2.4.3. Tiempo

El tiempo debe ser el suficiente para eliminar la suciedad. Existen muy variados periodos de lavado (entre 2 y 10 minutos). Cuando se utiliza poca agua se puede tener más tiempo en circulación; cuando esta es abundante, el tiempo de contacto está asegurado por el volumen y no por la circulación. Este segundo método consume más energía, agua y detergente.

2.4.4. Temperatura

La temperatura del agua utilizada en las distintas fases del proceso de limpieza será la más adecuada a cada una de esas fases.

En la fase de enjuagado previo se utilizará agua templada, entre 32 y 49 °C. Esta agua debe circular en circuito abierto (es decir, dejando abierto el desagüe de la pileta) hasta que el agua salga clara. El agua templada elimina mejor la suciedad que el agua fría. Además, la tubería no se enfriará y, de este modo, no absorberá calor del agua utilizada en la siguiente fase.

En la fase de lavado propiamente dicho, la solución sanitizante (detergente + desinfectante) debe estar a una temperatura comprendida entre 68 y 80 °C, teniendo en cuenta que al final de esta fase, la solución de limpieza (que circulará en circuito cerrado) no deberá estar a una temperatura inferior a 40-45 °C si queremos asegurar la eficacia del proceso. Esta premisa puede ser difícil de lograr en instalaciones grandes, con tuberías de gran longitud.

También es aconsejable que el aclarado final se haga con agua templada para eliminar todos los restos de solución sanitizante. El agua fría puede originar la solidificación de residuos grasos que aún puedan quedar en las conducciones.

Cuando la temperatura de la solución de lavado alcanza valores excesivamente altos, se puede ocasionar:

- Desnaturalización de las proteínas
- Caramelización de la lactosa
- Polimerización de las grasas
- Pérdidas de cloro, ó
- Precipitación de sales minerales,

alteraciones que harán disminuir la eficacia del proceso de limpieza y pueden deteriorar alguno de los materiales con los que se fabrican los equipos de ordeño (figura 2), amén de originar un gasto innecesario de energía.

En algunas instalaciones, se efectúa una desinfección de las conducciones justo antes del ordeño, debiéndose garantizar el perfecto drenaje de esta solución antes de empezar a ordeñar para evitar el paso de residuos de ésta a la leche. Debe asegurarse un tiempo de contacto mínimo de 1 minuto de una solución de, al menos, 50 ppm de cloro activo cuando la temperatura es de 24 °C.

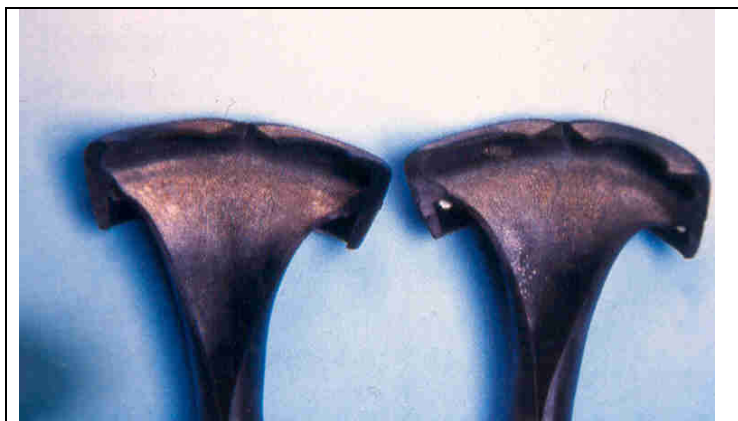


Figura 2. Pezoneras agrietadas por un uso demasiado prolongado son difíciles de limpiar y un importante foco de contaminación microbiana

Por cada 10 °C menos de temperatura, es necesario aumentar al doble el tiempo de exposición o aumentar la concentración de cloro para lograr una acción bactericida similar.

Si se utilizan compuestos yodados, su concentración debe ser de, al menos, 12,5 ppm y la temperatura de la solución no superior a 50 °C, ya que el yodo se volatiliza a altas temperaturas y disminuye su poder bactericida.

2.4. Drenaje

Un drenaje deficiente puede conducir a dos situaciones problemáticas:

- 1°. El agua que permanece en la instalación puede ser fuente de contaminación. El agua caliente se considera prácticamente libre de bacterias, pero los pocos microorganismos que pueden estar presentes en ella después del lavado, se multiplican durante el periodo entre ordeños.
- 2°. Cuando se usa agua contaminada en el enjuague previo al ordeño, parte de la misma llegará al tanque de leche causando contaminación.
- 3°. Por ello, debemos asegurarnos que no quede agua en el sistema después del lavado, amén de comprobar la existencia de puntos bajos en los tubos, equipados con válvulas de drenaje automático.

2.5. Mantenimiento de la máquina

Todos los componentes de goma se deben cambiar con regularidad. Una instalación con un buen mantenimiento resulta más fácil de limpiar y una instalación limpia tiene una vida útil más larga. Los elementos que más se deterioran son los de goma, pues son los que más sufren la acción de los detergentes y desinfectantes (figura 3).



Figura 3. Piedra de leche en la bomba de leche

El deterioro se manifiesta fundamentalmente en un aumento de la rugosidad interior, además de una pérdida de elasticidad. Ello provoca que con el tiempo estos componentes sean más difíciles de limpiar. La investigación indica que la contaminación en pezoneras de 4.000 ordeños es seis veces mayor que en aquellas con 2.000 ordeños.

La Tabla 8 constituye una primera lista de comprobaciones mecánicas, con distintos puntos a verificar, como requisito básico de un adecuado programa de mantenimiento.

Tabla 8. Lista de comprobaciones mecánicas

Punto de comprobación	Corrección
Copas taponadas	1) inspeccionar y limpiar 2) cambiar juntas de goma para evitar succión de aire
Copas mal ajustadas	1) ajustar por el método de los cántaros 2) ajustar para que todas las copas tengan un flujo igual para un lavado eficaz
Inyector de aire taponado	1) desmontar y limpiar
Inyector de aire mal ajustado	1) ajustar la entrada de aire
Insuficiente capacidad de la bomba de leche	1) reducir la cantidad de agua de lavado 2) reducir la velocidad del flujo en las copas 3) instalar una bomba de leche de más capacidad
Calentador de agua defectuoso	1) combinar elementos
Válvula de deflexión defectuosa	1) cambiar la válvula (o repararla)
Filtros de leche sucios	1) instalar siempre filtros de leche al lavar 2) desmontar el intercambiador de placas y limpiar

3. PROGRAMAS Y SISTEMAS DE LAVADO

En prácticamente todos los sistemas de lavado que se utilizan hoy en día, el programa de lavado se basa en 3 pasos:

- Enjuagado previo
- Lavado - desinfección
- Aclarado posterior

Muchos programas incluyen lavado y desinfección en un solo paso y otros aconsejan una desinfección inmediatamente antes del ordeño.

De entre los diversos sistemas de lavado, quizá el más frecuente sea el de recirculación (C.I.P.) con uso de agua caliente. En no pocas instalaciones de este tipo, falta la lavadora automática para ser una auténtica CIP. A nuestro juicio, el bajo coste de la lavadora y sus indudables beneficios (ver párrafo siguiente), no justifican esta frecuente carencia por lo que recomendamos su instalación.

Este sistema permite una total automatización del proceso, lo que deja tiempo para realizar otras labores como la propia limpieza de la sala de ordeño. Es fácil de usar, los resultados son fiables si la lavadora está bien ajustada y los productos

químicos se manejan de una forma segura y efectiva, puesto que el sistema ajusta la temperatura del agua, los tiempos de circulación y la dosificación de los productos de limpieza y desinfección.

En función de la dureza del agua, caben dos sistemas de lavado:

Lavado alternativo, cuando las aguas son duras

- detergente alcalino por la mañana
- detergente ácido por la tarde

Lavado alcalino dominante, en el caso de contar con aguas blandas

- detergente alcalino 11-13 veces/semana ^(*)
- detergente ácido desde 1-3 veces/semana hasta 1 vez/mes ^(*)

^(*) En el caso de 2 ordeños/día.

4. EL AGUA EN LA LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES

4.1. Calidad del agua

Aunque, en principio, el agua utilizada en la limpieza de las instalaciones de ordeño no está destinada al consumo humano, el R.D. 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, en su artículo 2º, apartado 1.b, nos dice que *“Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como a las utilizadas en la limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos.”*

Aunque las granjas de producción lechera no están catalogadas como industrias alimentarias, nos parece imprescindible tratarlas como tales (en aspectos como la instalación de ordeño y de refrigeración de leche), pues así se tienen mayores garantías de producción, manipulación y conservación en condiciones higiénicas. Por tanto, deben cumplir la Normativa que afecta a las industrias alimentarias.

Los caracteres de las aguas potables (organolépticos, físico-químicos, relativos a sustancias no deseables, relativos a sustancias tóxicas, microbiológicas y relativos a radioactividad) deben cumplir una serie de prescripciones que se recogen en diversos anexos del Real Decreto citado. De hecho, el Real Decreto 1679/1994, de 22 de julio¹, en el Capítulo II (Higiene de la explotación), apartado 2, párrafo d), dice que *“los locales en los que se realice el ordeño o en los que la leche sea almacenada, manipulada o enfriada ... dispondrán al menos de : ...un sistema de abastecimiento de agua potable apropiado y suficiente, que cumpla los parámetros indicados en los anexos D y E de la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el*

¹ Por el que se establece las condiciones sanitarias aplicables a la producción y comercialización de leche cruda, leche tratada térmicamente y productos lácteos.

abastecimiento y control de calidad de las aguas de consumo público, aprobada por el R.D. 1138/1990, que era la reglamentación anterior al Real Decreto 140/2003, actualmente vigente y que sustituyó a aquél. El RD 140/2003 se adjunta como Anexo.

Cuando el agua utilizada en la granja procede de la red de abastecimiento público, cabe pensar que el Ayuntamiento o Empresa abastecedora, responsables del suministro de agua cumplen la legislación en todo lo referente a la captación, el tratamiento y cloración, el mantenimiento de los depósitos y de la red así como al control analítico pertinente. No obstante, es recomendable que las granjas realicen periódicamente sus propios controles, como si realmente de una industria agroalimentaria se tratase.

La calidad del agua puede verse comprometida con más probabilidad en el caso de que el suministro de agua a la granja se realice mediante una captación particular de agua subterránea, manantiales y pozos. En este caso, la naturaleza del terreno puede llegar a ser muy importante. Los terrenos arenosos permiten una mayor filtración y, por tanto, menor contaminación. Por el contrario, los arcillosos, más impermeables, por lo general, darán lugar a aguas más contaminadas.

Toda captación ha de contar con unas condiciones estructurales mínimas, que impidan la contaminación del agua extraída:

- ◆ Se ha de garantizar un perímetro de protección, con un vallado que impida cualquier tipo de contaminación por ganado, vertido de residuos sólidos, etc.
- ◆ Los pozos han de tener un cierre hermético en brocal y una zona cementada alrededor.
- ◆ Hay que evitar los vertidos de aguas residuales o vertidos industriales que por permeabilidad pudieran contaminar el acuífero donde se hace la captación.

Quizá menos frecuente sea la captación de aguas superficiales pero, de realizarse, también debe cumplir unos requisitos mínimos:

- ◆ En los ríos, la captación debe realizarse aguas arriba del punto a abastecer para evitar contaminación por vertidos que puede provocar la propia granja. Se captará el agua de la zona central del canal y próxima a la superficie.
- ◆ En los embalses o lagos se hará alejado de las orillas a una profundidad de 20 cm de la superficie, para tomarlo de una zona aireada, con lo que se favorece la autodepuración. Lagos y embalses son masas de agua con poca movilidad y, por tanto, con menos posibilidades de autodepuración.

La calidad del agua en el proceso de sanitización es un factor determinante: debe ser potable, limpia, transparente, blanda (no precipitará los jabones ni formará incrustaciones), libre de microorganismos y no corrosiva.

La presencia de hierro, azufre o cobre en el agua de lavado puede transferir sabor y olor a oxidado a la leche.

El agua debe contener entre 0,3-0,5 mg/l de cloro activo. El agua de lavado, 1 mg/l y el agua que se utiliza en las labores de limpieza y desinfección, 25 mg/l de cloro activo.

Asimismo, la legislación exige que el agua de cualquier punto de la red de abastecimiento ha de tener un contenido mínimo de 0,1 mg/l de cloro residual en todo momento, haciéndose las determinaciones mediante análisis con o-toluidina o N.N-Dietil-para-fenildiamonio, como mínimo pasadas doce horas tras la cloración.

Es importante reseñar que puede usarse lejía para la cloración de agua de utilización industrial, aunque deberá ser lejía de “uso alimentario” si se pretende hacer llegar al consumidor consumo.

En algunas zonas el agua puede ser ácida, esto es, tiene un pH inferior a 7. Este agua puede atacar las tuberías de cobre, transfiriendo sabor a oxidado a la leche. Por tanto, en estas zonas debe evitarse la utilización de tuberías de cobre en la instalación de fontanería del centro de ordeño.

4.2. Dureza del agua

La dureza del agua hace referencia a la cantidad de sales de calcio y de magnesio que ésta tiene. Se expresa habitualmente en peso de carbonato cálcico que de estar disuelto tendría el mismo efecto que el conjunto de sales de calcio del agua analizada.

Como **dureza temporal** se entiende la que corresponde a los bicarbonatos, y que desaparece después de hervir el agua.

La es la que permanece después de hervir el agua y corresponde principalmente a los sulfatos.

La dureza total es, por tanto, la suma de las sales de Ca^{2+} y Mg^{2+} . Se expresa normalmente como grado hidrotimétrico, que puede ser:

- Grado hidrotimétrico francés (H_f) o inglés, que corresponden a 0,01 g CaCO_3/l (10 mg/l).
- Grado hidrotimétrico alemán, que corresponde a 0,01 g CaO/l (10mg/l).

Su equivalencia es:

$$1^\circ \text{ F} = 1,78^\circ \text{ alemanes}$$

Para la clasificación de las aguas en función del grado de dureza (grados franceses) se puede hacer uso de las tablas 9 y 10.

Tabla 9. Clasificación de las aguas en función del grado de dureza en grados franceses (H_f)

Tipo	Dureza (grados franceses)
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy Dura	>54

Tabla 10. Clasificación de las aguas en función del tipo de dureza en ppm de CaCO₃.

Tipo	Dureza (mg CaCO ₃ /l)
Buena calidad	150
Calidad media	300
Calidad aceptable	500
Difícilmente utilizable	>600

Una dureza excesiva reduce la eficacia de algunos detergentes y desinfectantes (las sales de amonio cuaternario sobre todo) y contribuye a la formación de incrustaciones en la superficie del equipo tras la evaporación.

El uso de aguas blandas esta particularmente indicado en las operaciones de limpieza química (enjuague después de la aplicación de productos químicos, detergentes y desinfectantes).

Por todo lo dicho anteriormente es aconsejable realizar análisis del agua que se utiliza en las prácticas higienizantes, como es la limpieza de la instalación de ordeño.

Los iones Ca²⁺ y Mg²⁺ forman sales insolubles (jabones) con los ácidos grasos presentes en la suciedad (restos de leche), precipitados que se adhieren fuertemente a las conducciones provocando incrustaciones que dificultan la eliminación de la materia orgánica, actuando como reservorios de microorganismos por su elevada porosidad y, además, favoreciendo la corrosión y reduciendo la transferencia de calor.

La reacción importante que tiene lugar con relación a la dureza del agua es la siguiente:



El bicarbonato cálcico, sal inestable en solución acuosa, se mantiene en solución gracias al CO₂ disuelto, tal y como muestra la ecuación.

Se denomina CO_2 equilibrante al CO_2 necesario para que este equilibrio se mantenga. De esta manera, cuando la cantidad de CO_2 disuelto supera a la equilibrante se le denomina CO_2 agresivo, que impide la formación de precipitados de CaCO_3 , pero corroe los materiales.

Por otro lado, también se puede dar el caso en que la concentración de CO_2 disuelto es inferior a la equilibrante, denominándose agua incrustante. Este fenómeno se ve facilitado con un aumento de la temperatura.

La eliminación del CO_2 de la anterior ecuación por medio de aireación, pulverización y neutralización del CO_2 (sosa, cal, etc.) provoca la formación de incrustaciones de CaCO_3 .

Como existe una relación entre dureza y alcalinidad que influye en el equilibrio precipitación/disolución del carbonato cálcico es interesante disponer de algún índice de estabilidad de las aguas carbonato-cálcicas. Estos índices serán muy útiles para prever los riesgos de incrustaciones o de agresividad en función de la composición de calcio, bicarbonato y carbonato del agua.

Los dos índices más utilizados son los de Langelies (LSI) y de Ryznan (RSI), que se calculan de acuerdo a estas ecuaciones:

- ♦ $\text{LSI} = \text{pH}_{\text{medido}} - \text{pH}_{\text{saturación}}$
- ♦ $\text{RSI} = 2 \text{pH}_{\text{saturación}} - \text{pH}_{\text{medido}}$

El $\text{pH}_{\text{saturación}}$ es el pH que mantiene una distribución de anhídrido carbónico, bicarbonato y carbonato tal que no permite la reacción con el calcio para la precipitación de CaCO_3 . Para calcular su valor hay que tener en cuenta la temperatura y la concentración salina total del agua, y se suele obtener de forma aproximada a partir de la expresión:

$$\text{pH}_{\text{saturación}} = 9,3 + A + B - (C + D)$$

donde A, B, C y D son unos coeficientes cuyos valores pueden encontrarse en la tabla 11, a partir de los datos de temperatura, sólidos totales disueltos, dureza cálcica y alcalinidad total; estas últimas expresadas como ppm de CaCO_3 .

Tabla 11. Coeficientes para el cálculo del pH de saturación.

Sólidos totales disueltos	Coefficiente A	Temperatura en °C	Coefficiente B	Dureza Ca (en ppm de CaCO ₃)	Coefficiente C	Alcalinidad Total (TAC) (ppm de CaCO ₃)	Coefficiente D
50	0.07	0	2.60	10	0.6	10	1.00
100	0.10	5	2.46	12	0.68	12	1.08
200	0.13	10	2.34	14	0.75	14	1.15
400	0.16	15	2.21	17	0.83	17	1.23
600	0.18	20	2.09	20	0.90	20	1.30
800	0.19	30	1.88	25	1.01	25	1.40
1000	0.20	40	1.71	30	1.06	30	1.48
2000	0.22	50	1.55	40	1.20	40	1.60
4000	0.25	60	1.40	50	1.30	50	1.70
		70	1.27	60	1.38	60	1.78
		80	1.16	780	1.51	80	1.90
				100	1.60	100	2.00
				150	1.78	150	2.18
				200	1.90	200	2.30
				300	2.08	300	2.48
				500	2.30	500	2.70
				700	2.45	700	2.85
				1000	2.60	1000	3.00

En la tabla 12 se indica la estabilidad del agua en función de los valores obtenidos en los dos índices anteriores.

Tabla 12. Interpretación de los índices de estabilidad del agua.

LSI	RSI	Tipología
3	2,5	Extraordinariamente incrustante
2	4	Muy incrustante
1	5,5	Incrustante
0,5	6,5	Ligeramente incrustante
0	7	Agua estable
-0,5	8	Ligeramente agresiva
-1	9	Agresiva
-2	10,5	Fuertemente agresiva
-3	12	Muy fuertemente agresiva

Agua muy duras neutralizan parcialmente los detergentes de base ácida, disminuyendo su eficacia, por lo que se hace necesario aumentar las dosis de éstos.

5. PROBLEMAS DE LIMPIEZA CON ORIGEN EN EL AGUA

La detección, identificación, origen, eliminación y prevención de residuos depositados en forma de película, más o menos fina, en el equipo de ordeño deben ser incluidos en el mantenimiento de un buen control sobre la calidad del proceso de ordeño. Estos residuos no sólo dan un mal aspecto sino que, además,

incrementan los conteos bacterianos y pueden desarrollar olores y sabores anómalos en la leche.

Alguno de los residuos o depósitos que pueden aparecer en la superficie de las conducciones o del tanque también pueden tener su origen en el agua utilizada para limpiarlos.

Asimismo, la forma de empleo del agua puede ser la causa de que el proceso de limpieza de la instalación de ordeño sea menos eficaz de lo deseado. Entre estas causas podemos citar las siguientes:

- Temperatura inadecuada del agua de enjuagado, tal y como se explico en el punto 3.1.
- Temperatura insuficiente de la solución sanitizante, lo que puede deberse a:
 - *Capacidad insuficiente del calentador, bien en volumen o en potencia, o en ambos*
 - *Deficiente funcionamiento del calentador*
 - *Enfriamiento demasiado rápido de la solución sanitizante debido a la longitud de la tubería o por haber realizado el enjuagado previo con agua fría. Las “fugas” de aire también contribuyen a enfriarla.*
- Volumen de agua insuficiente
- Funcionamiento defectuoso del inyector de aire.
- Velocidad insuficiente del agua y, por tanto, no hay un contacto suficiente y efectivo de ésta con toda la superficie de las tuberías, al no formarse correctamente los tapones de agua.

a) Residuos de color blanco.

Pueden aparecer si se añade agua caliente sobre detergentes alcalinos sin una inmediata mezcla posterior.

También aparecen si el aclarado final que debe eliminar restos de componentes de limpieza no es adecuado. Una película de color blanco aparece según se seca la superficie lavada.

La existencia de tramos ascendentes y descendentes de la tubería de leche puede ralentizar el drenaje y provocar precipitación de elementos en suspensión o disolución, sobre todo minerales.

Los residuos que forman la “piedra de leche” son fácilmente identificables por el elevado grosor que pueden alcanzar en las conducciones y otros componentes. Son consecuencia del empleo de aguas duras sin la utilización de detergentes ácidos con la frecuencia adecuada.

b) Residuos de color naranja o rojo

Estos residuos están asociados, generalmente, al uso de agua con contenidos anormalmente altos de hierro y/o manganeso. Aparecen únicamente en la tubería de lavado ya que el pH ligeramente ácido de la leche es suficiente para prevenir su depósito en la tubería de leche. Puede prevenirse con una adecuada elección de compuestos de cloro compatibles con este tipo de agua.

c) Residuos blanquecinos o rojo-anaranjados

Pueden aparecer no sólo en la tubería de leche sino también en los componentes de goma o caucho de la instalación, con una textura limosa. Su origen puede deberse a:

- Temperatura del agua de enjuagado demasiado alta, que desnaturaliza las proteínas.
- Temperatura del agua en la fase de lavado demasiado baja, que reduce la acción emulsionante, suspensora y peptizante del detergente. Una temperatura demasiado baja al final de esta fase provoca una sedimentación de las proteínas en suspensión.
- Subestimar el volumen de agua necesario.

d) Residuos de grasa

Se manifiesta en el aspecto grasiento de la superficie interior de los componentes, en particular los de material de caucho o goma. Se observan gotas de agua adheridas a estas superficies. Ello se debe a:

- Agua de enjuagado previo demasiado fría
- Agua de lavado también fría, por debajo de los 45-50 °C al final del ciclo.
- Insuficiente volumen de agua

e) Residuos de sílice

Tienen un aspecto blanco o grisáceo brillante. Su origen es diverso, incluyendo la composición del agua.

6. SEGUIMIENTO Y SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Para mantener buenas condiciones de limpieza se requiere un seguimiento periódico. Es obvio que en un programa de limpieza hay muchas cosas que pueden ir mal. Por ello, la detección, identificación, origen, eliminación y prevención de residuos depositados en forma de película, más o menos fina, en el equipo de ordeño deben ser incluidos en el mantenimiento de un buen control sobre la calidad del proceso de ordeño. Estos residuos no sólo dan un mal aspecto sino que,

además, incrementan los conteos bacterianos y pueden desarrollar olores y sabores anómalos en la leche.

Alguno de los residuos o depósitos que pueden aparecer en la superficie de las conducciones o del tanque también pueden tener su origen en los productos químicos utilizados o en el agua. (Tablas 13 y 14)

Tabla 11. Lista de comprobaciones relacionadas con los productos químicos utilizados para limpiar la instalación de ordeño

Parámetros	Gama
1. Dureza del agua	Determinar nivel
2. Contenido en hierro	Determinar nivel
3. Temperatura del agua del calentador	Debería ser de 85°C
4. Temperatura del agua en el prelavado	Debería ser 35°C
5. Cantidad de agua en el lavado alcalino	Determinar nivel
6. Temperatura del agua en el lavado alcalino	Inicio a 85°C, descarga >40°C
7. Nivel de pH en el lavado alcalino	11,5 - 12,5
8. Alcalinidad activa	500 ppm poca suciedad 700 ppm suciedad media 1000 ppm mucha suciedad
9. Nivel de cloro	70 ppm poca suciedad 110 ppm suciedad media 140 ppm mucha suciedad Nota: 100 ppm mínimo para desinfección
10. Temperatura de descarga del agua de lavado	Determinar el nivel (>40°C)
11. Cantidad de agua en el lavado ácido	Determinar nivel
12. Nivel de pH en el lavado ácido	2,5-3,5
13. Tiempo de recirculación	Ciclo alcalino Ciclo ácido
14. Formación de tapones	Inspección visual del receptor Método de la entrada de leche
15. Control de flujo	Velocidad de flujo: 7-8 m/s
16. Inyección de aire	Comprobar
17. Bomba de leche	Receptor con líquido en menos de un 30% de su capacidad
18. Pendientes de la tubería de leche	Comprobar

7. Resumen

Creemos que en las páginas anteriores ha quedado suficientemente claro el importante papel que juega el agua en la limpieza de la instalación de ordeño. Hemos querido poner de manifiesto que el hecho de disponer de agua no es garantía suficiente de que el lavado de los equipos se esté realizando correctamente, sino que hay que tener en cuenta otros parámetros y condicionantes, en general, escasamente considerados. Confiamos en haber aportado alguna luz al respecto.

Tabla 14. Guía de identificación de problemas a partir de los residuos que aparecen en las conducciones de leche

Película/depósito	Descripción	Causa	Eliminación	Prevención
Proteína	colores azul-arco iris o apariencia de “salsa de manzana”	1-uso de detergente no clorado 2-prelavado incorrecto 3-proceso de lavado incorrecto	lavado alcalino energético con suficiente cloro	1-suficiente cloro en la solución de lavado 2-prelavado hasta obtener agua clara en la descarga 3-seguir los pasos correctos
Piedra de leche	blanco a amarillo	1-minerales de la leche 2-dureza del agua	lavado ácido energético	proceso de lavado regular y correcto con aumento en la frecuencia de lavados ácidos
Grasa	gotas de agua colgando, apariencia grasa	1-la misma que la proteína 2-uso de agua a baja temperatura 3-concentración errónea de detergente	lavado alcalino energético	rutinas de lavado adecuadas y regulares, periódicamente comprobar la temperatura del agua
Minerales (calcio o magnesio)	aspecto banco calcáreo a veces grisáceo	1-prelavado inadecuado 2-agua muy dura 3-falta de lavado ácido 4-detergentes no compatibles	lavado ácido energético	1-lavados ácidos regulares 2-detergentes fosfatados para un mejor ablandamiento del agua 3-equipos para ablandar agua-descalcificador
hierro	rojo a marrón, a veces negro	1-suministro de agua inadecuado 2-rutina de lavado incorrecta	lavado ácido energético	1-aumentar la frecuencia de los lavados ácidos 2-aumentar la dosificación del lavado ácido 3-tratamiento del agua
silice	apariencia blanca a gris vidrioso	1-lavado deficiente 2-suministro de agua inadecuado	lavado ácido energético	1-aumentar la frecuencia de los lavados ácidos 2-tratamiento del agua
negro	negro proveniente de piezas de goma	1-reacción entre el cloro y las piezas de goma	lavado ácido energético	1-lavado ácido adecuado 2-dejar que la instalación drene adecuadamente 3-reducir la concentración de cloro en los lavados 4-cambiar las piezas de goma a su debido tiempo
suciedad de fábrica	grasa, suciedad proveniente de fábrica: óxido,..	limpieza inicial insuficiente o carencia de ella	correcta limpieza inicial	1-efectuar lavados regularmente
corrosión/agua fuerte	óxido	uso inadecuado de los productos químicos, solución del producto congelada en los rincones del tanque/depósito	1-lavado ácido energético 2-pulir de nuevo si fuese necesario 3- sustituir componentes	1- reducir la concentración de cloro 2- adecuado aclarado

Tabla 12. (Cont.)

Película/depósito	Descripción	Causa	Eliminación	Prevención
plásticos opacos	decoloración perdida de transparencia blanco no transparente	drenaje incorrecto absorción de humedad	exposición al calor o ambiente seco	buen drenaje buena ventilación
amarillo	color amarillo	componentes sobreutilizados uso de yodóforos	ninguno	1-cambiar los componentes 2-uso correcto de los agentes de limpieza
rojo	color rojo	<i>Serratia marcesens</i>	ninguno	1-proceso correcto con regularidad
rosa o púrpura	color rosa o púrpura	<i>rubriticuli</i>	lavado enérgico alcalino	1-seguir procesos correctos con regularidad

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9.

ADAMS R.S. y BARNARD S.E. *Correcting farm oxidized flavor problems*. www.inform.umd

AVELLO A. (Coord.) y otros. 1998. *Manual de mantenimiento para abastecimientos de agua de consumo público*. Comunidad de Madrid

B.O.E. 24 de Septiembre de 1994. *Real Decreto 1679/1994, de 22 de julio*.

CHILTON D. Y PETERSON R.A. 1997. *Guidelines for sizing dairy farm water heater systems*. The Dairy Practice Council. USA.

DERSAM P. 1990. *Guidelines for potable water on dairy farms*. . Northeast Practices Council. USA.

GODWIN W. y TURNER R.W. 1995 *Guidelines for installation, cleaning and sanitizing of larger parlor milking system*. The Dairy Practice Council. USA

HAYES G.D. 1992. *Manual de datos para ingeniería de los alimentos*. Ed. Acribia.

PUIG DURAN J. 1999. *Ingeniería, autocontrol y auditoría de la higiene en la industria alimentaria*. A. Madrid Vicente Ed. y Ed. Mundi-Prensa (Coedición)

REINEMANN D.J. y SPRINGMAN R. 1992. *Water quality, quantity and distribution*. National Milking Center Design Conference. Pennsylvania, USA.

SANCHO J. Y otros. 1996. *Autodiagnóstico de la calidad higiénica en las instalaciones agroalimentarias*. Ed. Mundi-Prensa.

SCRUTON D.L. y DRAGON A.E. 1990 *Guidelines for cleaning and sanitizing of milking machines and farm milking tanks*. Northeast Practices Council. USA