

# Caracterización de estabilidad de proteína de hatos lecheros en la planta Funza

Erika M. Rodríguez T  
Química de Alimentos  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos  
Universidad Nacional de Colombia  
erirodri333@hotmail.com  
Colombia

▲ Foto: Sebastián Botero T.



## Abstract

In this work, the ionic calcium and phosphorus content of the different samples were evaluated; and its correlation with the thermal stability test, in the presence of alcohol and the Ramsdell test, that are industrially employed to establish procedures to assess protein stability. This work's goal is to enable the industry to make assertive decisions on rejection and treatment of milk, in order to avoid defects (sweet clotting or gelation of milk) that are presented during the shelf life of UHT products.

Milk has many uses in industry, therefore it is important to characterize its composition and the factors that affect it, verifying the relationship between physicochemical parameters and thermal stability in raw milk.

## Resumen

En el presente trabajo se evaluarán los contenidos de calcio iónico y fósforo iónico de las diferentes muestras, así como la correlación que existe con las pruebas de estabilidad térmica, en presencia de alcohol y el test de Ramsdell, empleadas industrialmente. El objetivo de este análisis es establecer procedimientos, en la evaluación de la estabilidad de proteína, que permitan a la industria tomar decisiones asertivas en el rechazo y tratamiento de la leche, con el fin de evitar los defectos (gelificación o coagulación dulce) que se presentan durante la vida en anaquel de los productos larga vida.

La leche posee diversos usos en el ámbito industrial, por lo tanto es importante caracterizar su composición y los factores que la afectan, y verificar las relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y la estabilidad térmica en la leche cruda.

## Introducción

La estabilidad de cada tipo de proteína y de las micelas se encuentra dado por diferentes factores, algunos son los siguientes.

- **Polimorfismo genético**

**D**e acuerdo con Robitaille (1995), el polimorfismo genético afecta la producción de leche y también su composición. Este le otorga a la leche diferencias en las características tecnológicas, como por ejemplo, la estabilidad frente a tratamientos térmicos y el tiempo de coagulación, entre otros, los cuales son de suma importancia para la industria láctea. Estas diferencias, que aún se encuentran entre las diversas variantes genéticas, también corresponderían a factores influyentes como la alimentación de las vacas, la edad, el estado fisiológico, su estado de salud, la raza y la estación del año, entre otros (NG-Kwal-Hang, 1997; McLean, Graham, Ponzoni & McKenzie, 1984).

- **Minerales de la leche**

**L**os minerales en la leche se presentan en dos estados: disolución y coloidal. En el estado de disolución se encuentran cloruros, fosfatos solubles e indicios de sulfatos, yoduros, fluoruros y bromuros, sodio y potasio; además, también se encuentra parte de calcio. En tanto, dentro de la fase coloidal, los minerales que se encuentran en mayor proporción son el calcio y el fósforo, los que

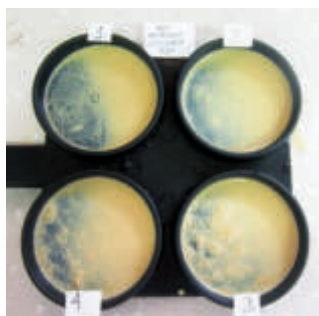


▲ Foto: Sebastián Botero T.

se acompañan de pequeñas cantidades de magnesio y ácido cítrico (Casado & García, 1982; 1985; Renner, 1983).

El calcio y el fósforo presentes en la leche se encuentran formando las micelas de fosfocaseinato cálcico, las cuales tienen una participación clave en la termoestabilidad de la leche (Casado & García, 1985). La Fao (1981) agrega que el calcio y el fósforo forman el fosfato cálcico en la leche. Esta sal disminuye su solubilidad a medida que se incrementa la temperatura, hasta que a temperaturas altas comienza a precipitar (efecto de leches sobrecalentadas o sobre pasteurizadas) y, en consecuencia, se producen coagulaciones defectuosas.





Resultados test de Ramsdell, tubos 1 al 4 positivos.



Resultados test de Ramsdell, muestra de leche, tubos 5 y 6 negativos, 7 y 8 positivos.



Resultado negativo a prueba de alcohol al 75%.



Resultado positivo a prueba de alcohol al 75%.



▲ Fotos: Archivo COLANTA

Prueba de alcohol comparativa. Izquierda prueba positiva de alcohol al 80% y derecha prueba negativa al 80%, para muestra de leche cruda.

## • Presencia de células somáticas y plasmina

El Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche (Cofocalec) menciona que la leche con células somáticas altas contiene menor cantidad de componentes deseables como lactosa, proteína, caseína y grasa, y mayor cantidad de enzimas indeseables, como lactasa, plasmina y lipasa. Esto coincide con los resultados de Philpot y Nickerson (1991); Korhonen y Kaartinen (1995) y Kelly, Tiernan, O'Sullivan y Joyce. (2000), quienes encontraron que un elevado recuento de células somáticas puede alterar la distribución de la fracción proteica, es decir disminuir los niveles de caseína y lactosa en leche. Kelly y McSweeney (2002) reportaron que las células somáticas son la principal función fisiológica con la cual se defiende la ubre de infecciones, contiene lisosomas que aumentan la actividad proteolítica de las enzimas, es decir: elastasa, colagenasa y catepsina.

La plasmina juega el papel principal dentro de las enzimas proteolíticas en la leche. La plasmina puede rápidamente desnaturalizar ambas caseínas ( $\beta$ ,  $\gamma$ ) y pequeños polipéptidos (Le Bars & Gripon, 1993).

El incremento en la actividad de la plasmina es el principal factor responsable de características indeseables en la coagulación y degradación de la caseína en la leche (Urech, Puhan & Schällibaun, 1999), y la posterior reducción en la producción de queso, además de los cambios en funcionalidad de las proteínas durante el cuajado.

## Materiales y métodos

Se analizaron muestras de 200 hatos, que correspondían a la leche recibida para su industrialización en la planta de COLANTA ubicada en Funza (Cundinamarca). A la leche se le realizaron pruebas de estabilidad térmica, estabilidad de alcohol y test de Ramsdell. Para objeto de este ensayo se tomaron todas las muestras de los productores recibidos en la planta Funza y se establecieron hatos que se encontraban en un rango bajo de estabilidad (test de Ramsdell positivo tubo 1-3), rango medio (test de Ramsdell positivo tubo 4-5) y rango alto (test de Ramsdell positivo tubo 6-8). A estos hatos se les realizó seguimiento por tres meses consecutivos, por medio de análisis de contenido de proteína, pH, calcio iónico, termoestabilidad de la leche, prueba de alcohol y test de Ramsdell. El muestreo se realizó al tomar 500 mililitros de leche, después de agitar por 10 minutos el tanque que contenía la leche, para asegurar la uniformidad de la composición y propiedades en toda la masa de la leche.

### • Análisis de estabilidad de proteína

Las muestras se les realizó la prueba de estabilidad de alcohol. Se pudo observar la desestabilización coloidal de la micela de caseína, al emplear adición de volúmenes iguales de alcohol a diferentes concentraciones y de leche (Decreto 616 de 2006, Ministerio de la Protección Social).

Se empleó también la prueba de termoestabilidad o tiempo de coagulación térmico (TCT), método propuesto por Davies y White (1996). En este se mide el tiempo

transcurrido de una muestra de leche a una temperatura de 140 grados centígrados, desde que la muestra es inmersa en baño de glicerina hasta la aparición de los primeros signos de coagulación.

La tercera prueba empleada para determinar la estabilidad de proteína fue la del test de Ramsdell, método sugerido por Tetra Pak. Con este se midió la estabilidad de los tubos con diferentes dosificaciones de fosfato diácido de potasio al 68%, se sometió a calentamiento y luego a choque térmico, y se determinó la cantidad de estabilizante a dosificar.

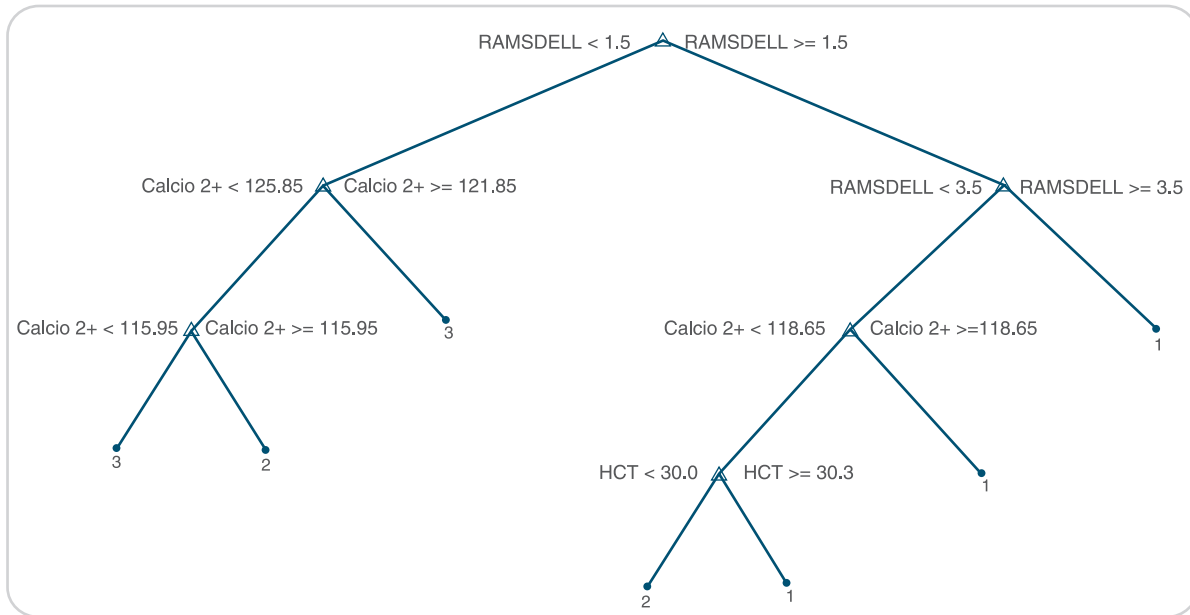
### • Resultados obtenidos

Teniendo en cuenta los datos obtenidos, se seleccionó la técnica de Árboles de Clasificación y Regresión - Cart, para la clasificación de los datos. Esta técnica es conocida por su robustez, la facilidad de análisis y la capacidad de esta técnica para escoger las variables óptimas.

Para esta técnica se recogieron todos los datos. El resultado obtenido se presenta en la Figura 1. Ese gráfico se interpreta de manera similar a un árbol de decisión. A manera de ejemplo se inicia con el valor de Ramsdell, si este es mayor o igual a 1,5 se sigue por el lado derecho del gráfico hasta el nuevo nodo, si Ramsdell es mayor o igual a 3,5, la categoría de la muestra será 1, de lo contrario se sigue hasta el otro nodo.

Como se observa, esta técnica es muy sencilla de aplicar. Adicionalmente la técnica realiza automáticamente una reducción de variables, en la cual los parámetros seleccionados son:

- Ramsdell
- HCT
- Calcio<sup>2+</sup>



**Figura 1.** Árbol Cart para clasificación de estabilidad de leche, a partir del test de Ramsdell.

Es decir, con la medición de estas variables únicamente es posible determinar la estabilidad de la leche.

En la clasificación de las muestras analizadas se evidenció que el 60% de los hatos, evaluados en la Planta Funza de COLANTA se encuentran en la categoría 2, considerada medianamente estable, un 20% de los hatos se encuentra en la categoría 1, o sea altamente termoestables (Tabla 1). Estos resultados pueden encontrarse asociados a factores de genética, nutrición, suplementación mineral, clima, tiempos de lactancia de las vacas, entre otros factores.

Estos resultados pueden encontrarse asociados a factores de genética, nutrición, suplementación mineral, clima, tiempos de lactancia de las vacas, entre otros factores.

**Tabla 1.** Clasificación de estabilidad de los hatos lecheros de la Planta Funza de COLANTA, a partir del árbol Cart para clasificación de estabilidad de leche.

Número de muestras analizadas	Categoría 1	Categoría 2
200	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestras con Ramsdell superior a 4: 6 hatos</li> <li>Muestras con Ramsdell superior a 3: 30 hatos</li> <li>Muestras con HTC superior a 30 min: 4 hatos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestras con Ramsdell Inferior a 3,5, calcio menor a 118,65 ppm y con HTC menor a 30 min: 40 hatos</li> <li>Muestras con Ramsdell Inferior a 1,5, calcio mayor a 115,45 y menor a 118.65: 80 hatos</li> </ul>
Porcentaje total de hatos en la categoría	20%	60%

## Recomendaciones

Debido a que el alcance de este estudio era la clasificación de los hatos por termoestabilidad a nivel industrial, no se realizó evaluación ni se correlacionaron las diferentes variables que se presentan en los hatos. Por lo tanto, se debe realizar una ampliación del estudio, donde se incluyan evaluación del estado clínico de los animales, las dietas suministradas, los tiempos de lactancia y el balance nutricional, como mínimo para uno de los hatos de cada categoría obtenida, siguiendo el cuadro de clasificación establecido en el presente trabajo.

También es necesario realizar procesamiento industrial de esta leche en lotes pilotos individuales, para evaluar el comportamiento iónico y composicional de los mismos durante su tiempo en anaquel. Las anteriores recomendaciones serán tenidas en cuenta en el trabajo que realizará próximamente la Universidad Nacional de Colombia en asocio con la Cooperativa COLANTA y Colciencias.

## Conclusiones

- Fue posible crear un modelo con una capacidad predictiva del 82%. Se observa entonces que el análisis de calcio<sup>2+</sup> es fundamental para evaluar la estabilidad de la leche.
- El análisis del modelo de clasificación permite establecer que es suficiente con la medición de los parámetros de calidad HCT y Ramsdell y del parámetro fisicoquímico calcio<sup>2+</sup>, para determinar la estabilidad de la leche.
- El modelo empleado es de tipo Árbol de Clasificación y Regresión – Cart. Es importante establecer que esta técnica no es del tipo regresión  $Y = \sum b_i X_i$ . El modelo Cart es un árbol de decisión con base en los parámetros descritos en la Figura 1, mostrada para esta técnica.

## Glosario

**Análisis de calcio 2+:** determinación de la concentración de calcio libre (calcio iónico) que no se encuentra unido a las proteínas ni a ningún otro compuesto en la leche.

**Estado coloidal:** mezcla que está compuesta por dos partes: una continua, normalmente fluida, y otra dispersa en forma de partículas; por lo general sólidas. Las partículas de este tamaño no son apreciables a simple vista. El nombre de coloide proviene de la raíz griega *kolos* que significa que puede pegarse. Este nombre hace referencia a una de las principales propiedades de los coloides: su tendencia espontánea a agregar o formar coágulos.

**Estado en disolución:** hace referencia al estado de una mezcla de sustancias. Una mezcla se encuentra disuelta cuando sus componentes se encuentran mezclados homogéneamente, es decir, no se pueden diferenciar a simple vista cada uno. Este es el caso de la leche donde no se puede ver fácilmente la proteína, lactosa, grasa y sus otros componentes.

**Estabilidad de proteína:** capacidad que tienen las proteínas para no precipitarse (separarse de parte acuosa de la leche) y formar coágulos o hilos en la leche.

**Micelas:** estructuras microscópicas que se forman cuando se agrupan los diferentes tipos de caseínas presentes en la leche.



**Termoestabilidad:** capacidad de las proteínas de la leche de no precipitarse ante las altas temperaturas a las que son sometidas durante los procesos como pasteurización y ultrapasteurización.

## Referencias

Casado, P. & García, J. (1985). La calidad de la leche cruda y los factores que la influyen. *Industrias Lácteas Españolas*, 81: 1-294.

Casado, P. & García, J. (1982). Composición química de la leche. *Industrias Lácteas Españolas*, 40: 56-60.

Davies, D. & White, J. (1966). The stability of milk protein to heat. I Subjective measurement of heat stability of milk. *Journal of Dairy Research*, 33: 67-81.

Fao - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1981). *Composición y propiedades de la leche. Equipo regional de desarrollo y capacitación en lechería de FAO para América latina*. Santiago de Chile.

Kelly, A.L., Tiernan, D., O'Sullivan, C. & Joyce, P. (2000). Correlation between bovine milk somatic cell count and polymorphonuclear leukocyte level for samples of bulk milk from individual cows. *Journal of Dairy Science*, 83(2), 300-304.

Kelly, A.L. & McSweeney, P.L.H. (2002) Indigenous proteinases in milk. *Adv. Dairy Chem.*, 1, 494-519.

Korhonen, H. & Kaartinen, L. (1995). *Cambios en la composición de la leche inducida por la mastitis*. Finlandia: Universidad de Helsinki, Facultad de Veterinaria.

Le Bars, D. & Gripon, J.C. (1993). Hidrolysis of as1-casein by bovine plasmin. *Lait*, 73, 337-344.

McLean, D., Graham, E., Ponzoni, R. & McKenzie, H. (1984). Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition. *Journal of Dairy Research*, 51, 531-546.

Ministerio de la Protección Social. (2006). *Decreto 616 de 2006*. Bogotá.

NG-Kwal-Hang, K.F. (1997). A review of the relationship between milk protein polymorphism and milk composition/milk production. En *Seminar Milk protein polymorphism* (pp. 22-37). Palmerston North, New Zealand: International Dairy Federation.

Philpot, W.N. & Nickerson, S.C. (1991). *Mastitis: counter attack, a strategy to combat mastitis*. Illinois, USA: Babson Brothers.

Renner, E. (1983). *Milk and dairy products in human nutrition*. Munich: VV-GmbH Volkswirtschaftlicher Verlag.

Robitaille, G. (1995). Influence of k-casein and b-lactoglobulin genetic variants on the heat stability of milk. *Journal of Dairy Research*, 62, 593-600.

Urech, E., Puhán, Z. & Schällibaun, M. (1999). Changes in milk protein fraction as affected by subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 82(11), 2402-2411. ■

En AyC COLANTA® Créditos con las cuotas más bajas por millón

COMPRA VIVIENDA  
\$15.601 (8 AÑOS)  
EDUCATIVO  
\$ 46.254 (2 AÑOS)

y más

PRODUCTIVOS  
\$21.647 (5 AÑOS)  
LIBRE INVERSIÓN  
\$ 22.856 (5 AÑOS)



(4) 445 55 55  
www.ayccolanta.coop

