

**PRACTICA 3 Medida de la densidad de la leche****A) Objetivos**

-Determinar la densidad de la leche mediante dos métodos: mediante lactodensímetro y mediante picnómetro

-Conocer las causas que pueden influir en este parámetro físico y la importancia de su medición.

**B) Fundamento teórico**

Al realizar un control de calidad de la leche, no sólo son importantes las características químicas, (ej., g Ac. Láctico/100ml, las microbiológicas (ej., *E. coli*), sino también lo son características físicas, como la densidad, pues todas ellas son importantes para la determinación de la calidad y seguridad de un alimento.

Existen diversas causas que pueden modificar la densidad de la leche, tales como, la composición química de la leche, la temperatura a la que se mide la densidad, la temperatura de almacenamiento de la leche, el tiempo transcurrido desde el ordeño (adquiere su valor más bajo poco después del ordeño y va aumentando lentamente), la centrifugación o cualquier otra operación realizada sobre ella. En este sentido debemos de tomar en cuenta unas consideraciones previas:

- La densidad no debe determinarse inmediatamente después del ordeño. Hay que esperar unas tres horas para que se vaya el aire incorporado durante el mismo. Además. Durante este periodo de tiempo se produce una reducción del volumen dependiente de la solidificación e los glóbulos grasos.
- La densidad debe determinarse en leche bien homogenizada y sin burbujas incorporadas
- La determinación de la densidad da un valor mayor cuando se calienta una leche fría hasta la temperatura en la que se realiza la medición, que cuando se enfría una leche caliente hasta esa misma temperatura. Este fenómeno se denomina “efecto Recknagel” y se debe a los cambios que se producen el agua ligada a las proteínas presentes en la leche, a la precipitación de las sales y las variaciones en el estado de la grasa.
- **la densidad de la leche se ve modificada fundamentalmente por dos operaciones: el aguado y el desnatado. Al añadir agua la densidad de la leche disminuye, mientras que al sustraer grasa la densidad aumenta. En este sentido, la determinación de la densidad es útil para descubrir estos fraudes y también para otros fines. Así, la densidad aumenta cuando se descrema (se retira la materia grasa) o se baja la temperatura, y se reduce, cuando se adiciona agua, materia grasa o se aumenta la temperatura.**
- **La densidad de la leche se mide a 15°C, y esta puede variar, entre otros, según el tipo de leche:**
  - **La densidad de la leche de vaca es 1,030 g/ml (1,027-1,034 g/ml)**
  - Leche de cabra 1,031 g/ml (1,028 g/ml -1,035 g/ml)
  - Leche de oveja 1,038 g/ml (1,035 g/ml -1,042 g/ml)
- Para expresar la densidad en grados Quevenne o lactodensimétricos, se suprime el entero y la primera cifra decimal, Así, una densidad de 1,032 g/ml corresponde a 32 °Q.

**La densidad puede expresarse de dos maneras:**

**Densidad absoluta o densidad normal, también llamada densidad real:** expresa la masa por unidad de volumen (ejemplo; g/ml). Cuando no se hace ninguna aclaración al respecto, el término densidad suele entenderse en el sentido de densidad absoluta.

$$\rho = m/V$$

Donde,  $\rho$  es la densidad absoluta, m la masa y V el volumen.

Aunque la unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es  $\text{kg/m}^3$ , también es costumbre expresar la densidad de los líquidos, y en nuestro caso de la leche en  $\text{g/cm}^3$  o  $\text{g/ml}$ .

**Densidad relativa o aparente:** expresa la relación entre la densidad de una sustancia y una densidad de referencia, resultando una magnitud adimensional y por tanto sin unidades.

$$\rho_r = \rho / \rho_0$$

Donde la  $\rho_r$  es la densidad relativa, la  $\rho$  es la densidad absoluta y es la  $\rho_0$  densidad de referencia.

La densidad de referencia es habitualmente la densidad del agua líquida, cuando la presión es 1 atm y la Temperatura es de 4°C. En esas condiciones, la densidad absoluta del agua es de  $1000 \text{ kg/m}^3$ , es decir 1 kg/L.

## B) Materiales

- 4 Muestras: leche entera, leche desnatada, leche aguada y leche con 2% de NaCl
- NaCl (Cloruro sódico)
- Termómetro
- Baño María laboratorio o Placa calefactora
- Refrigerador
- Probeta graduada de 250 ml
- Lactodensímetro
- Picnómetro
- Balanza analítica (de precisión)

\*Leche aguada: diluida (dilución 1:2)

\*Leche con 2% de NaCl: 2 g NaCl + 100 ml agua destilada

## C) Procedimientos

### 1 Determinación de la densidad de la leche con Lactodensímetro

Para la determinación de la densidad de la leche, vamos a utilizar la técnica de lactodensimetría. Los lactodensímetros son aerómetros, cuerpos flotadores de vidrio lastrados en su parte inferior, con un lastre de mercurio, que le hace sumergirse parcialmente en la leche y con varilla graduada con unidades de densidad. En ocasiones, pueden llevar incorporado un termómetro, permitiendo la lectura paralela de la densidad y la temperatura. Cuando el densímetro se introduce en la leche sufre un impulso hacia arriba igual al peso del líquido (leche) que desaloja (principio de Arquímedes), quedando el valor de densidad reflejado en la varilla graduada.



- 1.- Calentar la muestra a 37 °C y homogenizar con un agitador
- 2.- Mantener en reposo la muestra durante 30 minutos dejando enfriar hasta los 15 °C
- 3.- Llenar la probeta con la leche problema cuidadosamente y dejar reposar hasta que la espuma que se haya podido crear desaparezca.
- 4.- Introducir cuidadosamente el Lactodensímetro mediante un giro y esperar a que flote en equilibrio (que permanezca en reposo), sin que toque las paredes de la probeta.
- 5.- Para realizar la lectura; colocarse de forma que los ojos estén a la misma altura que el nivel de la leche.
- 6.- Leer en la escala del vástago el nivel de la leche correspondiente al menisco superior, es decir, si el menisco queda entre dos medidas nos quedamos con la medida de arriba. Tomar la temperatura de la leche (si esta fuera diferente de 15 °C).

## Lectura

Si la temperatura de la leche es de 15 °C, el número indicado en la escala del Lactodensímetro indica la densidad de la leche expresada en grado Quevenne (°Q); 15° equivale a 1,015 g/mL. Si la temperatura es distinta hay que hacer una corrección:

- Por cada grado de temperatura por encima de 15°C, la densidad disminuye en dos décimas de grado densimétrico por cada grado termométrico de diferencia, luego habrá que sumar a la lectura.
- Por el contrario, cuando la temperatura es inferior a 15 °C la densidad de la leche aumenta en dos décimas de grado densimétrico por cada grado termométrico de diferencia, luego habrá que restar a la lectura.

Es decir:

$$D = d \pm n \times 0,2$$

**D= Densidad real (en °Q), d= densidad indicada por el lactodensímetro (°Q), n la diferencia en °C respecto a 15°C.**

- Si la Tª a la que se efectúa la medida es superior a 15°C calculamos la Densidad real en °Q así:

$$D = d + n \times 0,2$$

- Si la Tª a la que se efectúa la medida es inferior a 15°C calculamos la Densidad real en °Q así:

$$D = d - n \times 0,2$$

Para hacer una correcta medida de la densidad la temperatura de la leche debe estar comprendida entre 13 y 18 °C.

**Artículo y videos relacionado:** <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/el-lactodensimetro-permite-medir-grasa-y-solidos-de-la-leche-en-segundos>

<https://www.youtube.com/watch?v=PeDF44NFTWQ>

## 2 Determinación de la densidad de la leche con Picnómetro

(Video relacionado: <https://www.youtube.com/watch?v=-j62jrp44yY>)

- 1.- En la balanza analítica, pesar el Picnómetro limpio y seco.
- 2.- Llenar el Picnómetro con agua destilada a 20 °C, de modo que el agua rebose y el capilar quede completamente lleno. Secar bien las gotas del exterior y volver a pesar. La diferencia de pesada proporcionará la masa de agua contenida en el Picnómetro.
- 3.- Vaciar el Picnómetro y lavarlo 2-3 veces con la leche problema (a la que vamos a medir la densidad) a 20 °C. Llenarlo de la leche problema, del mismo modo que se hizo con el agua y volver a pesar. Restando a esta pesada el valor del Picnómetro vacío, obtendremos la masa de leche.



Picnómetro

4.-Calcular el volumen del Picnómetro:

Densidad= masa (peso)/volumen, despejando el volumen queda:

Volumen del Picnómetro=P/D

Donde P es el peso del agua= la diferencia entre el Picnómetro lleno de agua y el Picnómetro vacío

D= densidad del agua en °C, que consultaréis en la tabla anexa (“Propiedades del agua a diferentes temperaturas”).

En base a los datos anteriores calculo el volumen del Picnómetro\* V= Peso del agua/Densidad del agua a x°C

5.- Conociendo el peso de la leche\*\* y el Volumen del Picnómetro\*, la densidad de la leche es:

$$\text{Densidad de la leche (g/ml)} = \text{peso de la leche (g)} / \text{Volumen del Picnómetro (ml)}$$

\*\*Peso de la leche: la diferencia entre el picnómetro lleno de la leche problema y el Picnómetro vacío

Otra forma de hacer los cálculos es:

$$\text{Densidad de la leche} = (\text{m Picnómetro con leche} - \text{m Picnómetro vacío}) / (\text{m del Picnómetro con agua} - \text{m Picnómetro vacío}) * \text{Densidad del agua a x °C}$$

**Expresión de los resultados: la Densidad se expresa en g/ml de leche**

#### **PREGUNTAS PROCEDIMENTALES**

- 1) Ordena los valores de densidad obtenidos en las distintas muestras de leche analizadas y explica los resultados, teniendo en cuenta los factores que afectan a la densidad de la leche. La densidad de la leche de vaca es 1,030 g/ml (1,027-1,034 g/ml). ¿Los resultados obtenidos están dentro de ese rango?, ¿qué ocurre con la leche aguada y la leche con 2% de NaCl?.
- 2) Las leches analizadas (entera y desnatada) ¿cumplen con lo establecido por la legislación, en relación con la densidad?
- 3) En base a los datos obtenidos de densidad de la leche, medidos con el Lactodensímetro, ajusta el cálculo de la densidad de la leche entera, suponiendo que la hubieras medido a 13 °C y 18 °C. Explica brevemente los resultados.
- 4) Si al medir la densidad de la leche con el Picnómetro el capilar no se llena totalmente o si, por el contrario, el Picnómetro está totalmente lleno de leche y además, el exterior del Picnómetro tiene gotas de leche que has olvidado secar antes de pesarlo ¿afectarán estas situaciones al cálculo de la densidad de la leche?, y si es así, ¿cómo afectará al cálculo cada una de las dos situaciones?
- 5) Presenta los resultados de las densidades de las muestras medidas en grados Quevenne (°Q) y en g/ml, con los dos métodos (puedes hacer una tabla) y observa si el orden es el mismo con los dos métodos (de menos a más densas) y si son similares para la misma muestra, si no coinciden, formula hipótesis sobre las causas, por ejemplo, errores al pesar el Picnómetro, que no se ha llenado el capilar con la muestra, etc.

Razona las respuestas.