# Índice

Contenido

[Índice 1](#_Toc150774521)

[**CAPÍTULO I – “ESTADO DEL ARTE Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA”** 1](#_Toc150774522)

[1.1 Estado actual de la agricultura en Cuba 1](#_Toc150774523)

[1.2 La leche, beneficios e importancia 1](#_Toc150774524)

[1.3 Adulteración de la leche 1](#_Toc150774525)

[1.4 Técnicas para detectar adulterantes 1](#_Toc150774526)

[1.5 Espectroscopia 1](#_Toc150774527)

[1.5.1 Espectroscopía ultravioleta-visible (UV-VIS) 3](#_Toc150774528)

[Referencias 3](#_Toc150774529)

[Anexos 3](#_Toc150774530)

# **CAPÍTULO I – “ESTADO DEL ARTE Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA”**

El surgimiento de la agricultura durante el Neolítico transformó la historia y la supervivencia humana. La agricultura, como base de la producción de alimentos, introdujo en la humanidad cambios importantes como el sedentarismo y la formación de mayores poblaciones, marcando por completo el desarrollo de la historia. En los primeros pueblos, los seres humanos comenzaron a cuidar a los animales y cultivar las plantas sin necesidad de recolectarlas. Esto junto a la utilización de herramientas provocó una revolución completa que marcó el fin de una época basada en la recolección y la caza y dio comienzo de la agricultura y la ganadería como modo de vida[6].

## Estado actual de la agricultura en Cuba

La agricultura desempeña un papel de vital importancia en Cuba, siendo uno de los pilares fundamentales de su economía y garantizando la seguridad alimentaria de la población. El país cuenta con una rica tradición agrícola que se remonta a siglos atrás, a pesar de los desafíos climáticos y económicos, ha logrado desarrollar sistemas de producción sostenibles. La ganadería juega un papel importante para complementar la producción agrícola y asegurar la seguridad alimentaria del país.

Es así como desde la década de los sesenta del pasado siglo comienza a ejecutarse un proyecto dirigido a potenciar la ganadería, con énfasis en la producción lechera. Con este fin se llevó a cabo un proceso inversionista que incluyó al sector industrial, la formación de capital humano como premisa para la asimilación de las nuevas tecnologías y una transformación genética hasta entonces sin precedentes. Esto permitió grandes progresos en la producción láctea e incrementó su consumo en la población[7].

## 1.2 La leche, beneficios e importancia

La leche de vaca es básica para la alimentación en todas las etapas de la vida de la vida humana. Su procesamiento industrial ha permitido el acceso generalizado a su consumo por parte de la población, contribuyendo a mejorar notablemente los niveles de salud. Desde el punto de vista de su composición, la leche es un alimento completo y equilibrado, que proporciona un elevado contenido de nutrientes en relación con su contenido calórico. Dentro de estos destacan el calcio y la vitamina D que, por su elevada presencia y su alta biodisponibilidad no igualada por ningún otro alimento, garantizan las ingestas diarias recomendadas.

Estos dos micronutrientes están vinculados con el desarrollo y mantenimiento de procesos fisiológicos tales como: el crecimiento y mantenimiento óseo, la coagulación sanguínea, el metabolismo energético y neuromuscular, la función de enzimas digestivas, la división neuromuscular y la diferenciación celular. Su consumo debe considerarse necesario desde la infancia a la tercera edad[8].

Los beneficios de la leche de vaca no se limitan exclusivamente a su valor nutricional, sino que se extienden más allá. Constituyen un factor de prevención en determinadas patologías afluentes como son las enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, la hipertensión arterial o en patología ósea o dental. Puede contribuir también en la lucha frente al sobrepeso y la obesidad infantil[9].

## 1.3 Adulteración de la leche

La adulteración de la leche es un problema que afecta a muchos países del mundo, incluyendo a Cuba. Este fenómeno implica agregar sustancias no permitidas o diluir la leche con agua u otros líquidos, con el objetivo de aumentar el volumen y obtener mayores ganancias económicas. Esta práctica fraudulenta compromete la calidad y la seguridad de la leche, ya que puede contener sustancias nocivas para la salud. Las adulteraciones cada día son más difíciles de detectar ya que las sustancias implicadas presentan una composición muy similar a las del producto de origen. Ahí la necesidad de contar con métodos más selectivos y específicos para poder detectar los adulterantes[10].

Uno de los mayores riesgos asociados con la adulteración de la leche es la introducción de sustancias nocivas para la salud. Una de las más utilizadas en este proceso es el almidón, que tiene un alto índice glucémico. Un aumento de la cantidad de almidón en la dieta humana conduce a niveles elevados de glucosa en sangre, lo que representa una amenaza significativa para las personas que sufren de diabetes y otros trastornos del metabolismo[11].

Otro peligro está relacionado con la dilución de la leche con agua u otros líquidos. Esto no solo disminuye el valor nutricional de la leche, sino que también aumenta el riesgo de contaminación microbiológica. El agua utilizada en la adulteración puede contener bacterias, virus u otros patógenos que causan enfermedades transmitidas por alimentos.

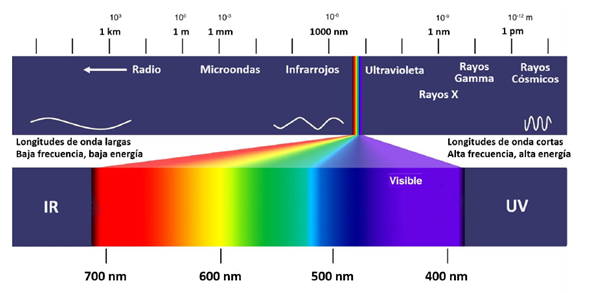
## 1.4 Técnicas para detectar adulterantes

Existen diversas técnicas para detectar adulterantes en la leche y garantizar la calidad y seguridad del producto. A continuación, se mencionan algunas de ellas:

* **Análisis físico-químico:** Es ampliamente utilizada en el análisis de la leche debido a su capacidad para medir características físicas y químicas claves. La determinación de parámetros como la densidad, acidez, contenido de grasa y proteínas ayuda a identificar posibles adulteraciones o diluciones. Los resultados obtenidos a través de este análisis proporcionan una evaluación objetiva de la calidad y autenticidad de la leche.
* **Análisis microbiológico:** Se centra en la detección de microorganismos patógenos o indicadores de contaminación en la leche. Permite evaluar la presencia de bacterias, hongos y otros microorganismos que pueden ser perjudiciales para la salud y pueden indicar un procesamiento inadecuado o contaminación en la cadena de producción de la leche.
* **Espectroscopia infrarroja cercana (NIR):** Se basa en la absorción de la luz infrarroja cercana por parte de los componentes de la leche. La composición química de la leche, como grasas, proteínas, lactosa y otros componentes, produce un patrón de absorción único. Al comparar los espectros obtenidos con los de la leche pura, es posible detectar adulteraciones y diluciones, proporcionando una evaluación rápida y no destructiva de la calidad y autenticidad de la leche.
* **Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC):** Se utiliza para separar y detectar los componentes individuales de la leche. Con la HPLC, es posible analizar la presencia de sustancias no permitidas, como aditivos, contaminantes o residuos de medicamentos. Permite una detección precisa y cuantificación de componentes específicos, garantizando la calidad y seguridad de la leche.
* **Pruebas de detección rápida**: Son métodos sencillos y rápidos que utilizan reactivos específicos para detectar adulterantes comunes en la leche. Los kits de prueba suelen incluir reacciones químicas o inmunológicas que indican la presencia de adulterantes como agua, almidón, melamina o urea. Estas pruebas ofrecen una evaluación rápida en el lugar, lo que facilita su uso tanto en laboratorios como en la industria alimentaria para un control rápido y preliminar de la calidad de la leche.

## 1.5 Espectroscopia

Como se refiere anteriormente la espectroscopia es uno de los posibles métodos de detección de adulterantes. Esta técnica se puede definir como el estudio de la interacción entre la materia y la radiación electromagnética en función de la longitud de onda o frecuencia de la radiación. En términos más simples, la espectroscopia es el estudio preciso del color generalizado de la luz visible a todas las bandas del espectro electromagnético (ver Figura 1). Al realizar esta disección y análisis de la luz de un objeto, el investigador puede inferir las propiedades físicas del mismo como: la temperatura, la masa, la luminosidad y la composición.



Está técnica se fundamenta en la Ley de Lambert-Beer (ecuación 1.1) que es una regla que define la relación entre las características y la cantidad de luz absorbida por una sustancia cuando le atraviesa un haz de luz (ver Figura 2). Se define matemáticamente como la relación entre la cantidad de luz absorbida y la concentración de soluto en la sustancia, la transmisión y la longitud de la muestra que atraviesa la luz [12].

𝐼₁/𝐼₀= 10−𝛼·𝑙=10−ℰ·𝑙·𝑐=10−𝐴 (1.1)

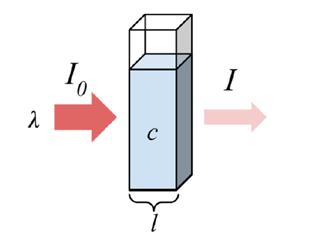
𝐴= ℰ·𝑙·𝑐 (1.2)

Donde:

* 𝐴 es la absorbancia, esto es la cantidad de luz absorbida.
* 𝐼₁ es la intensidad luminosa saliente.
* 𝐼₀ es la intensidad luminosa entrante.

ℰ es la absortividad molar (o coeficiente de extinción), que se trata de una constante de proporcionalidad.

* 𝑙 es la longitud atravesada por la luz en el medio.
* 𝛼 es el coeficiente de absorción.
* 𝑐 es la concentración de la sustancia que absorbe la luz.



Para que el cumplimiento de la ley de Beer-Lambert sea válido, se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

* Homogeneidad del medio: Es importante que el medio absorbente, en este caso la leche, sea homogéneo en la región donde interactúa con la luz. La composición y las propiedades ópticas de la leche deben ser uniformes y sin variaciones significativas en la concentración de los componentes relevantes.
* Independencia de las sustancias absorbentes: Si hay más de una sustancia absorbente en la leche, es fundamental que actúen de manera independiente, es decir, que no haya interacciones entre ellas que afecten la absorción de la luz. Esto permite que se pueda atribuir la absorción observada a cada sustancia específica de manera precisa.
* Ausencia de dispersión en el medio absorbente: Es importante que el medio absorbente, en este caso la leche, no presente dispersión de la radiación. La luz incidente no debe ser dispersada ni reflejada significativamente por los componentes de la leche. En su lugar, la luz debe traspasar la sustancia o ser absorbida por ella. La falta de dispersión asegura mediciones más precisas de la absorbancia de la leche en las diferentes longitudes de onda y ayuda a identificar los adulterantes con mayor exactitud.
* Rayos paralelos: Para obtener resultados precisos, es necesario que la luz incidente esté formada por rayos paralelos. Esto garantiza que cada rayo atraviese la misma longitud de la leche, lo cual es crucial para calcular correctamente la absorbancia de la muestra.
* Medición independiente de cada longitud de onda: Al medir de manera individual cada longitud de onda, se obtiene información detallada sobre la absorbancia de la leche en diferentes rangos espectrales. Esto es crucial para identificar y caracterizar los componentes específicos presentes en la muestra de leche y detectar posibles adulterantes con mayor precisión.
* La luz incidente no debe ser invasiva: La luz incidente no debe tener un efecto intrusivo en los átomos o moléculas del medio absorbente. No debe provocar reacciones químicas ni alterar las propiedades ópticas de la leche. La interacción entre la luz y la muestra debe ser puramente absorbente, sin introducir cambios significativos en el sistema.

### 1.5.1 Espectroscopía ultravioleta-visible (UV-VIS)

La espectroscopia ultravioleta-visible es un tipo de espectroscopia de absorción en la que se ilumina una muestra con rayos electromagnéticos de varias longitudes de onda en el rango ultravioleta (UV) y visible (VIS) (ver Figura 3). Según la sustancia, la muestra absorbe parcialmente los rayos de luz ultravioleta o visible. El resto, es decir, la luz transmitida, se registra como una función de la longitud de onda mediante un detector adecuado. Este produce entonces el espectro UV-VIS único de la muestra (también conocido como el “espectro de absorción”)[13].

# Referencias

# Anexos