TRABAJO DE GRADO
Opción Seminario-Diplomado.

ALGORITMO COMPUTACIONAL PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES EN DATOS DE PREDICCIÓN DE LA CALIDAD DE LA LECHE, UTILIZANDO ESTRATEGIAS DE MACHINE LEARNING

Corporación Universitaria Remington.
Nombre de la facultad: FACULTAD DE INGENIERIAS.
INGENIERIA DE SISTEMAS

Estudiante:
SANTIAGO ALZATE
Tutor: Juan Carlos Briñez de León
Opción de Trabajo de grado Seminario-Diplomado.
2024.

Tabla de Contenidos

Resumen ……..3
Palabras clave …… 3
Marco conceptual y contextual ……...4
Acercamiento a los datos …….……...6
Desarrollo e implementación del aprendizaje……..6
Pregunta problema …….……7
Objetivos 8
Objetivo general…….....8
Objetivos específicos…….....8
Procesamiento de datos…… ……..9
Figuras y tablas……9

Conclusiones……..14
Referencias……16

Resumen

En este escrito, se destacan resultados y análisis sobre la predicción de la calidad de la leche, un líquido fundamental para garantizar la calidad alimentaria de los consumidores. La importancia de este análisis radica en su capacidad para evaluar diversos factores que influyen en la producción de leche y, a partir de ahí, identificar herramientas y medidas que permitan mejorar los estándares de calidad de este producto.

La intención detrás de esta investigación y análisis es doble: por un lado, se busca comprender y prever la calidad de la leche, lo cual es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y la satisfacción del consumidor. Por otro lado, se persigue identificar áreas de mejora en los procesos de producción láctea, con el fin de optimizar la eficiencia y la calidad del producto final.

Al evaluar los factores que afectan la producción de leche, se pueden identificar posibles puntos de intervención para mejorar la calidad del producto. Esto puede incluir aspectos como la alimentación y manejo del ganado, las condiciones sanitarias de las instalaciones de producción, los procesos de pasteurización y almacenamiento, entre otros. La toma de decisiones basada en estos análisis puede conducir a la implementación de medidas correctivas y preventivas que mejoren la calidad y seguridad de la leche producida.

Los posibles impactos en la cadena de productividad también son importantes de considerar. Mejorar la calidad de la leche puede tener efectos positivos en toda la cadena de producción láctea. Por ejemplo, al reducir la incidencia de contaminación o enfermedades en el ganado, se pueden evitar pérdidas económicas y mejorar la eficiencia en la producción. Asimismo, una leche de mayor calidad puede aumentar la satisfacción del consumidor, lo que a su vez puede llevar a un incremento en la demanda y, por ende, en la rentabilidad de los productores y empresas lácteas.

Palabras clave

Predicción, leche, calidad, variables, dataset, alimento, inteligencia artificial

Marco conceptual y contextual

El presente documento se fundamenta en la exploración inicial de un conjunto de datos, específicamente el dataset denominado "Mil Quality Prediction" (Predicción de la calidad de la leche). Este dataset recopila observaciones relacionadas con 7 variables clave: pH, temperatura, sabor, olor, grasa, turbidez y color. A través del análisis de estos datos, se busca predecir la calidad de la leche, clasificándose como Alta, Media o Baja.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la leche de calidad debe cumplir ciertos criterios, como no contener residuos ni sedimentos, presentar color y olor normales, tener un bajo contenido de bacterias y no contener sustancias químicas anómalas (FAO, 2023). Garantizar la calidad de la leche es crucial para proteger la salud de los consumidores, lo que implica aplicar rigurosas prácticas de higiene y controles de calidad en toda la cadena de producción láctea. Estos controles incluyen pruebas de sabor, olor, densidad, acidez y contenido de grasa, entre otros (FAO, 2023).

En este estudio, se consideran variables como sabor, olor, grasa y turbidez para determinar la calidad de la leche, asignando valores binarios según su estado óptimo. Además, se evalúan la temperatura y el pH, con rangos específicos para determinar la calidad óptima. Es necesario realizar un preprocesamiento de datos y aplicar técnicas de aumento de datos para construir modelos predictivos que puedan predecir la calidad de la leche (Rajendran, 2023).

El análisis de calidad de la leche no solo puede influir en el precio de comercialización, sino que también proporciona información valiosa para la toma de decisiones en la cadena de producción láctea. Por ejemplo, identificar los productos con valores más altos puede mejorar la calidad percibida y la rentabilidad. Además, este análisis permite identificar áreas de mejora en los procesos productivos para optimizar la calidad del producto final (Ganadero, 2023).

Es esencial implementar estrategias para mejorar la calidad de la leche y monitorear constantemente sus características. Este monitoreo ayuda a identificar procesos que requieren intervenciones para mejorar la calidad del producto. Colombia cuenta con normativa especializada que regula los parámetros de calidad de la leche cruda y establece criterios para la liquidación de pagos a los productores. La evaluación de calidad se realiza en laboratorios acreditados según la norma internacional ISO/IEC 17025 (Fernández, 2021).

Una correcta toma de muestras es fundamental para obtener resultados confiables y representativos de la calidad de la leche. Esto implica seguir procedimientos adecuados durante y después del ordeño para garantizar la integridad de las muestras y la precisión de los resultados (Fernández, 2021).

Acercamiento a los datos:

Los datos utilizados en este análisis fueron obtenidos de la plataforma Kaggle, un conocido repositorio de conjuntos de datos y recursos para la comunidad de ciencia de datos. Kaggle ofrece una amplia gama de datasets en diferentes áreas temáticas, permitiendo a los investigadores y profesionales acceder a datos relevantes para sus proyectos y análisis. En este caso, el dataset titulado "Mil Quality Prediction" (Predicción de la calidad de la leche) fue seleccionado de Kaggle para llevar a cabo el estudio sobre la calidad de la leche y su predicción. Esta fuente de datos proporciona un recurso valioso para la investigación y el desarrollo de modelos predictivos en el ámbito de la producción láctea.

https://www.kaggle.com/datasets/cpluzshrijayan/milkquality

Desarrollo e implementación del aprendizaje

El proceso de esta investigación se realizó a partir del conjunto de datos denominado "Predicción de la Calidad de la Leche", en donde se realizó el estudio de 7 variables como lo son: pH, temperatura, sabor, olor, grasa, turbidez y color. La leche es un producto biológico que puede alterarse debido a factores genéticos, influyendo notablemente en sus
características fisicoquímicas, microbiológicos y organolépticas. Este documento tiene como objetivo el poder determinar y establecer los aspectos claves para poder predecir la calidad de la leche, siendo un alimento de alto valor nutritivo para el ser humano, en el estudio se evalúa la calidad de la leche con el análisis de diferentes aspectos y/o variables que permiten conocer el estado de la leche.

La metodología para el estudio de dichas variables involucra algoritmos en donde se eliminaron las variables innecesarias, se realizó un ajuste de los valores con el fin de que todos fueran numéricos y así de esta manera lograr el correcto análisis, también se utilizan
modelos de clasificación, con el fin de conocer los diferentes resultados. Este procedimiento se realizó con la ayuda de herramientas de inteligencia artificial, las cuales facilitaron el procesamiento de los datos, en la producción de la leche es importante que se implementen procedimientos higiénicos con el fin de garantizar la calidad para el consumo humano.

La implementación de dichas herramientas de inteligencia artificial permitió realizar el procesamiento de los datos de manera rápida y eficiente con el fin de obtener los mejores resultados y la toma de decisiones, la leche al ser uno de los alimentos más nutritivos y completos que existen necesita asegurar su calidad y por ende con este análisis se identifica
los diferentes factores que intervienen en la calidad de la leche y la vital importancia de dichos factores.

Pregunta problema:

Para predecir la calidad de la leche es necesario abordar ciertas variables tales como pH temperatura, sabor, olor, contenido de grasa, turbidez y color; siendo esto una base fundamental para asegurar la calidad alimentaria de los consumidores. La leche como fuente primordial está compuesta por proteínas, grasas, vitaminas, hidratos de carbono y minerales, llevando a ser un alimento nutritivo para el consumo humano.

Por eso, es necesario determinar cómo las variables mencionadas anteriormente afectan la calidad de la leche, de ello surge el siguiente interrogante ¿Cómo predecir la calidad de la leche para mejorar la calidad de consumo humano?, llegando a ser una base para el desarrollo de este documento.

Es de mencionar que para identificar la calidad de la leche se hace uso de diversas técnicas de aprendizaje automático con herramientas de inteligencia artificial, y así, determinar o predecir si la calidad de la leche es mala, regular o buena en base a los resultados de las muestras realizadas con ciertas variables. Además, esto ayudará en gran sentido a mejorar la calidad de esta bebida de consumo regular, así mismo, podrá ser una herramienta de apoyo para los productores, quienes pueden tomar decisiones y realizar actividades tendientes a mantener y mejorar los resultados, y acorde a esos resultados proceder a evaluar los factores afectan la producción de la leche.

Al igual será posible obtener herramientas suficientes para efectuar medidas tendientes a mejorar factores como la genética, estado fisiológico, edad, estado sanitario, olor, siendo todo esto conocido como factores intrínsecos tales como clima acorde a la estación del año, calidad del alimento y ordeño, horario; asegurando así una óptima producción de calidad.

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar el dataset como herramienta facilitadora de resultados objetivos que pretenden conocer la calidad de la leche.

Objetivos Específicos

- Conocer diferentes resultados sobre estudios relacionados a la predicción de la calidad de la leche.

- Identificar las variables para predecir la calidad de leche conocer el estado de la leche y asegurar la calidad alimentaria de los consumidores.

- Realizar un análisis general sobre los resultados obtenidos en el dataset para predecir la calidad de la leche

Procesamiento de los datos

En este trabajo, la metodología sigue un enfoque de ciencia de datos para poder culminar en una posible toma de decisiones. Para esto, se requiere seguir una serie de pasos estructurados que garanticen la calidad y la utilidad de la información obtenida. Estos pasos incluyen:

Recopilación de datos: Seleccionar fuentes confiables y pertinentes para obtener los datos necesarios para el análisis. Esto puede incluir bases de datos públicas, registros internos de la organización, encuestas u otras fuentes.

Limpieza de datos: Identificar y corregir errores, valores atípicos o faltantes en el conjunto de datos. Esto puede implicar la eliminación de registros incompletos, la imputación de valores faltantes o la corrección de errores de entrada.

Transformación de datos: Convertir los datos en un formato adecuado para su análisis. Esto puede incluir la normalización de variables, la codificación de variables categóricas, la creación de nuevas características derivadas y la selección de características relevantes.

Exploración de datos: Realizar análisis exploratorios para comprender la distribución y las relaciones entre las variables. Esto puede incluir la visualización de datos mediante gráficos y la realización de estadísticas descriptivas.

Preparación de datos: Dividir el conjunto de datos en conjuntos de entrenamiento y prueba para validar modelos. Además, puede ser necesario aplicar técnicas como la estandarización de datos o el muestreo estratificado para garantizar la representatividad de los datos.

Modelado de datos: Aplicar modelos estadísticos o algoritmos de aprendizaje automático para analizar los datos y extraer información útil. Esto puede implicar la construcción de modelos predictivos, clasificatorios o de agrupamiento, según los objetivos del análisis.

Evaluación de modelos: Evaluar el rendimiento de los modelos utilizando métricas apropiadas y técnicas de validación cruzada. Esto permite seleccionar el modelo más adecuado para los datos y garantizar su generalización a nuevos conjuntos de datos.

Interpretación de resultados: Interpretar los resultados del análisis para extraer conclusiones significativas y tomar decisiones informadas. Esto puede implicar la identificación de patrones o tendencias en los datos y la formulación de recomendaciones basadas en los hallazgos.

A continuación se muestran los procedimientos realizados a través de la plataforma Google Colab.

Figuras y tablas

Imagen 1, conexión de Drive.

```
[2] from google.colab import drive
    drive.mount('/content/drive')
```

```
Mounted at /content/drive
```

Imagen 2, cargando dataset milk.

```
[3] # Importando dataset.
    import pandas as pd
    import numpy as np

    #Cargando datos pima indians dataset
    dataset = pd.read_csv(r'/content/drive/MyDrive/Semirario/Trabajo final/milknew.csv')
    dataset.head()
```

	pH	Temprature	Taste	Odor	Fat	Turbidity	Colour	Grade
0	6.6	35	1	0	1	0	254	high
1	6.6	36	0	1	0	1	253	high
2	8.5	70	1	1	1	1	246	low
3	9.5	34	1	1	0	1	255	low
4	6.6	37	0	0	0	0	255	medium

Imagen 3, Eliminacion campos no deseados

```
[4] # Quito campos indeseados
    dataset=dataset.drop(columns=['pH'],axis=1)
    #resumen de los datos
    dataset.head()
```

	Temprature	Taste	Odor	Fat	Turbidity	Colour	Grade
0	35	1	0	1	0	254	high
1	36	0	1	0	1	253	high
2	70	1	1	1	1	246	low
3	34	1	1	0	1	255	low
4	37	0	0	0	0	255	medium

Imagen 4, Verificación de resultado de eliminación.

```
dataset.info()
```

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 1059 entries, 0 to 1058
Data columns (total 7 columns):
 #   Column      Non-Null Count  Dtype
---  ------      --------------  -----
 0   Temprature  1059 non-null   int64
 1   Taste       1059 non-null   int64
 2   Odor        1059 non-null   int64
 3   Fat         1059 non-null   int64
 4   Turbidity   1059 non-null   int64
 5   Colour      1059 non-null   int64
 6   Grade       1059 non-null   object
dtypes: int64(6), object(1)
memory usage: 58.0+ KB
```

Imagen 5, descripción del Dataset.

	Temprature	Taste	Odor	Fat	Turbidity	Colour
count	1059.000000	1059.000000	1059.000000	1059.000000	1059.000000	1059.000000
mean	44.226629	0.546742	0.432483	0.671388	0.491029	251.840415
std	10.098364	0.498046	0.495655	0.469930	0.500156	4.307424
min	34.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	240.000000
25%	38.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	250.000000
50%	41.000000	1.000000	0.000000	1.000000	0.000000	255.000000
75%	45.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	255.000000
max	90.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	255.000000

Imagen 6, división del dataset.

```
[15] #1. Dividing dataset into input (X) and output (Y) variables
     import numpy as np
     dataset = np.array(dataset)
     X = dataset[:,0:6]#Las entradas
     Y = dataset[:,6]#Salida (Diagnósticos)
```

Imagen 7, división del porcentaje de test y entrenamiento

```
[16] #2. Split input and output into training and testing sets
     import sklearn
     from sklearn.model_selection import train_test_split
     X_train, X_test,Y_train, Y_test= train_test_split(X,Y,test_size=0.05)
```

Los modelos de clasificación son herramientas fundamentales en el análisis de datos, especialmente cuando se trata de problemas donde se debe asignar una etiqueta o categoría a una observación. Estos modelos se utilizan para predecir la pertenencia de una muestra a una o más clases, basándose en características observadas. Algunos de los modelos de clasificación más comunes incluyen regresión logística, árboles de decisión, máquinas de vectores de soporte (SVM), y clasificadores basados en métodos de vecinos más cercanos (KNN).

Cuando se evalúan modelos de clasificación, es crucial utilizar métricas de desempeño adecuadas que permitan comprender su rendimiento y su capacidad predictiva. Algunas de las métricas más comunes para evaluar modelos de clasificación incluyen:

Exactitud (Accuracy): Mide la proporción de predicciones correctas realizadas por el modelo sobre el total de predicciones realizadas. Es una métrica generalmente útil cuando las clases están equilibradas en el conjunto de datos.

Precisión (Precision): Indica la proporción de observaciones positivas correctamente identificadas por el modelo entre todas las observaciones identificadas como positivas. Es útil cuando se busca minimizar los falsos positivos.

Recall (Recall o Sensibilidad): Representa la proporción de observaciones positivas correctamente identificadas por el modelo entre todas las observaciones que realmente son positivas. Es útil cuando se busca minimizar los falsos negativos.

F1-score: Es una medida de precisión que combina las métricas de precisión y recall. Es útil cuando se desea tener un equilibrio entre ambas métricas.

Matriz de Confusión: Es una tabla que muestra la cantidad de verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos generados por el modelo.

Curva ROC (Receiver Operating Characteristic) y Área bajo la curva (AUC): La curva ROC es una representación gráfica del desempeño de un modelo de clasificación a diferentes niveles de umbral. El AUC mide la capacidad del modelo para distinguir entre clases positivas y negativas, donde un valor más cercano a 1 indica un mejor rendimiento.

Imagen 8, Modelos de clasificación, y métricas de desempeño.

```
[17] #3. Evaluando casos mediante todos los clasificadores
     from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
     from sklearn.naive_bayes import GaussianNB
     from sklearn.discriminant_analysis import LinearDiscriminantAnalysis
     from sklearn.discriminant_analysis import QuadraticDiscriminantAnalysis
     from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
     from sklearn.svm import SVC
     from sklearn.metrics import accuracy_score,precision_score

     Modelo_0 = KNeighborsClassifier(5)
     Modelo_0.fit(X_train, Y_train)
     Y_pred_0 =Modelo_0.predict (X_test)
     print("Accuracy KNN",accuracy_score(Y_test, Y_pred_0))

     Modelo_1 = GaussianNB()
     Modelo_1.fit(X_train, Y_train)
     Y_pred =Modelo_1.predict (X_test)
     print("Accuracy Bayes",accuracy_score(Y_test, Y_pred))

     Modelo_2 = LinearDiscriminantAnalysis()
     Modelo_2.fit(X_train, Y_train)
     Y_pred_2 =Modelo_2.predict (X_test)
     print("Accuracy LDA",accuracy_score(Y_test, Y_pred_2))

     Modelo_3 = QuadraticDiscriminantAnalysis()
     Modelo_3.fit(X_train, Y_train)
```

Imagen 9, Ingreso de Datos por consola al usuario

```
Modelo_3 = QuadraticDiscriminantAnalysis()
Modelo_3.fit(X_train, Y_train)
Y_pred_3 =Modelo_3.predict (X_test)
print("Accuracy QDA",accuracy_score(Y_test, Y_pred_3))

Modelo_4 = DecisionTreeClassifier()
Modelo_4.fit(X_train, Y_train)
Y_pred_4 =Modelo_4.predict (X_test)
print("Accuracy Tree",accuracy_score(Y_test, Y_pred_4))

Modelo_5 = SVC()
Modelo_5.fit(X_train, Y_train)
Y_pred_5 =Modelo_5.predict (X_test)
print("Accuracy SVM",accuracy_score(Y_test, Y_pred_5))
```

```
Accuracy KNN 0.8301886792452831
Accuracy Bayes 0.5471698113207547
Accuracy LDA 0.7169811320754716
Accuracy QDA 0.6792452830188679
Accuracy Tree 0.8679245283018868
Accuracy SVM 0.5283018867924528
/usr/local/lib/python3.10/dist-packages/sklearn/discriminant_analysis.py:926: UserWarning: Variables are collinear
  warnings.warn("Variables are collinear")
```

Imagen 10, Validación de los modelos.

```
[20] # Creating a new target
     Target=np.ones((1, 6), "float32")
     Target[0,0]=float(input('Ingrese la temperatura 0 y 3: ')) #Temprature
     Target[0,1]=float(input('Ingrese el gusto entre 0 y 1: ')) #Taste
     Target[0,2]=float(input('Ingrese el olor entre 0 y 1: ')) #Odor
     Target[0,3]=float(input('Ingrese grasa entre 0 y 1: ')) #Fat
     Target[0,4]=float(input('Ingrese la turbidez entre 0 y 1: ')) #Turbidity
     Target[0,5]=float(input('Ingrese el color entre 0 y 4: ')) #Colour

     Prediction_0 =Modelo_0.predict (Target)
     Prediction_1 =Modelo_1.predict (Target)
     Prediction_2 =Modelo_2.predict (Target)
     Prediction_3 =Modelo_3.predict (Target)
     Prediction_4 =Modelo_4.predict (Target)
     Prediction_5 =Modelo_5.predict (Target)
```

Imagen 11, ingresos de datos nuevos.

```
[20] print(" ")

     if Prediction_2==0:
       print("Según LDA, el olor es bajo")
     else:
       print("Según LDA, el olor es alto")

     print(" ")

     if Prediction_3==0:
       print("Según QDA, la grasa es baja")
     else:
       print("Según QDA, la grasa es alta")

     print(" ")

     if Prediction_4==0:
       print("Según Tree, la turbidez es baja")
     else:
       print("Según tree, la turbidez es alta")

     print(" ")

     if Prediction_5==0:
       print("Según SVM, el olor es bajo")
     else:
       print("Según SVM, el olor es alto")
```

Resultados.

La disponibilidad de un dataset adecuado es fundamental para predecir la calidad de la leche. Estos conjuntos de datos son esenciales para entrenar modelos de aprendizaje automático, los cuales permiten realizar predicciones basadas en la información proporcionada. Sin embargo, encontrar una fuente confiable de datos para garantizar la calidad de la leche destinada al consumo humano puede ser un desafío en el campo del análisis de datos. A menudo, se requiere realizar procesos de limpieza y transformación

de los datos para mejorar su integridad y fiabilidad, lo que a su vez contribuye a la precisión de los modelos estadísticos generados.

El conjunto de datos recopilados para abordar la predicción de la calidad de la leche se basa en variables estructuradas, que se presentan típicamente en forma de tablas, como las que se encuentran en una base de datos SQL. Cada columna de estas tablas representa una variable específica, mientras que las filas corresponden a los diferentes registros que contienen los valores de cada variable. Esta estructura se documenta de manera detallada en los anexos adjuntos, proporcionando una representación precisa de los datos utilizados en el análisis.

Conclusiones

Basándonos en los datos analizados, se puede concluir que parámetros como el pH, la temperatura, el sabor, el olor, el contenido de grasa, la turbidez y el color tienen un impacto considerable en la calidad de la leche. Estos factores son esenciales para evaluar y predecir la calidad de la leche, y su supervisión adecuada puede garantizar la seguridad alimentaria y mejorar los procesos de producción en la industria láctea.

Para alcanzar este nivel de calidad, es crucial aplicar buenas prácticas de higiene en todas las etapas de la cadena de producción láctea. Los productores de leche a pequeña escala a menudo enfrentan desafíos para mantener la higiene debido a la comercialización, manipulación y procesamiento informal de los productos lácteos, así como a la falta de incentivos financieros y conocimientos adecuados sobre prácticas de higiene. Por lo tanto, es fundamental realizar pruebas y controles de calidad en todas las fases de la cadena láctea.

La predicción precisa de la calidad de la leche es esencial para asegurar la seguridad y la ausencia de contaminantes en los productos lácteos. La calidad de la leche desempeña un papel crucial en la calidad final de los productos lácteos, y la leche cruda de alta calidad es fundamental para obtener productos lácteos seguros y de buena calidad. Por lo tanto, es esencial realizar pruebas y controles de calidad en todas las etapas de la cadena láctea para garantizar la inocuidad y la idoneidad de los productos lácteos para su consumo previsto.

En una sociedad donde el consumo de productos lácteos es significativo debido a su valor nutricional y su delicioso sabor, es preocupante que ciertas prácticas que buscan aumentar la rentabilidad o conservar la frescura de los productos puedan comprometer su calidad. Estas prácticas pueden representar un riesgo para la salud de los consumidores y afectar negativamente su confianza en los productos lácteos disponibles en el mercado.

Referencias

Cañadas, R. (2022) Qué es un dataset.

https://abdatum.com/tecnologia/dataset#:%7E:text=Qu%C3%A9%20son%20los%20datasets%20y%20su%20importancia&text=Todo%20proyecto%20de%20inteligencia%20artificial,la%20calidad%20de%20la%20informaci%C3%B3n

15 Cuéllar, J (2022). Medición e importancia de los parámetros de calidad en la leche. Recuperado de: https://www.veterinariadigital.com/articulos/medicion-e-importancia-delos-parametros-de-calidad-en-la-leche/

Fao. (2023). Portal lácteo - Calidad y evaluación. Fao - - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de: https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/

Fernández, A. N. (2021). Manual de pruebas rápidas en laboratorios lácteos. repository.agrosavia.co. Recuperado de:

https://repository.agrosavia.co/pdfjs/index.php?bitstream=/20.500.12324/36732/Ver_documento_36732.pdf

Ganadero, C. (2023). Pruebas rápidas para medir la calidad de la leche que puede hacer en la finca. Contexto Ganadero. Recuperado de: https://www.contextoganadero.com/. Mora, E & WingChing R, (2013). Agronomía Mesoamericana. Recuperado de: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000100019

Producción y productos lácteos: Calidad y evaluación. (s/f). Fao.org, de

https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/

Rajendran, S. (2023). Milk Quality Prediction. https://www.kaggle.com/ Recuperado de:

https://www.kaggle.com/datasets/cpluzshrijayan/milkquality