



LOS LIBERTADORES  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

**Caracterización de leche cruda en municipios de Cundinamarca y análisis del efecto de condiciones climatológicas y de temperatura de almacenamiento en los resultados obtenidos de laboratorio**

**Characterization of raw milk in municipalities of Cundinamarca and analysis of the effect of weather conditions and storage temperature on laboratory results**

Carlos Arturo Malaver Vecino

[camalaverv@libertadores.edu.co](mailto:camalaverv@libertadores.edu.co)

Tutores

Adriana Patricia Gallegos Torres

José John González Veloza

Fundación Universitaria Los Libertadores

2020

**Resumen**

Para la industria láctea es de gran importancia realizar seguimiento al comportamiento de las características fisicoquímicas y microbiológicas relacionadas con la calidad de leche que suministra cada proveedor ganadero, en este sentido, es importante el control de calidad realizado por la compañía al primer eslabón de la cadena productiva, el cual consiste en realizar muestreos periódicos a cada hato ganadero, con el fin de caracterizar la leche adquirida basados en los resultados de laboratorio obtenidos, sin embargo, para complementar la caracterización y el control de calidad, se propone adicionar



la aplicación de análisis estadístico donde se evidencie el efecto de condiciones climatológicas y de temperatura de almacenamiento en las variables asociadas a determinar la calidad de leche (% Grasa, % Proteína, % TS (Sólidos Totales), %S NG (Sólidos No Grasos) y Microbiología (mesófilos UFC/mL), además, también se propone la agrupación de los proveedores según resultados de laboratorio y de esta manera poder predecir su comportamiento relacionado con la calidad de la leche. Para el desarrollo de la investigación se realiza comparación de medianas por medio de test Kruskal, también se lleva a cabo análisis de componentes principales y clúster, se logró identificar qué condiciones externas como temperatura de almacenamiento en hato y estación climatológica tiene efecto en las variables asociadas con la calidad de leche, así mismo, se identificaron grupos definidos de proveedores según características fisicoquímicas y microbiológicas.

**Palabras clave:** Industria láctea, Cundinamarca, calidad de la leche, análisis estadístico, influencia de condiciones externas en la calidad de la leche.

### Summary

For the dairy industry, it is of great importance to monitor the behavior of the physicochemical and microbiological characteristics related to the quality of milk supplied by each livestock supplier, in this sense, the quality control carried out by the company at the first link in the production chain is important, which consists in carrying out periodic samplings to each cattle herd, in order to characterize the acquired milk based on the laboratory results obtained, however, to complement the characterization and quality control, it is proposed to add the application of statistical analysis where the effect of weather conditions and storage temperature is evidenced in the variables associated with determining the quality of milk (% Fat, % Protein, % TS (Total Solids), % NGS (Non-Fat Solids) and Microbiology (mesophiles UFC / mL ), in addition, the grouping of providers according to laboratory results is also proposed and in this way can predict their behavior related to the quality of milk. For the development of the research, a comparison of medians is made by means of the Kruskal test, analysis of main components and cluster is also carried out, it was possible to identify that external conditions such as storage temperature in herd and weather station have an effect on the associated variables with the quality of milk, likewise, defined



groups of suppliers were identified according to physicochemical and microbiological characteristics.

**Keywords:** Dairy industry, Cundinamarca, milk quality, statistical analysis, influence of external conditions on milk Quality.

## Introducción

El sector lechero en Colombia es un sector sumamente importante para la economía nacional (UNIANDES, 2017). Actualmente representa el 25.2% del PIB agropecuario, además de generar 700.000 de los empleos agropecuarios directos. La producción lechera hace presencia en 22 departamentos del país, siendo Antioquia, Cundinamarca y Caquetá los departamentos más destacados. Por otro lado, el consumo de productos lácteos en Colombia es también una cifra importante, los colombianos consumieron más de 1.050 millones de litros de leche con un consumo per cápita de 143 litro/año (MINAGRICULTURA, 2020).

Para la industria láctea la leche es la principal materia prima en el procesamiento de leches higienizadas, como también para la elaboración de derivados lácteos como el queso o el yogurt. El conocimiento del efecto de condiciones externas en los resultados obtenidos relacionados con determinar la calidad de leche y la correlación de las diferentes características fisicoquímicas y microbiológicas que presenta la leche suministrada por los ganaderos, optimizaría el control y la calidad de la leche que se utiliza para los diferentes procesos tecnológicos, por esta razón, es importante aplicar herramientas de control de calidad estadístico que permitan identificar correlación entre las variables y tendencias en los resultados de laboratorio obtenidos, lo cual se pueda usar como soporte en la toma de decisiones.

La empresa dentro del marco de control de calidad realiza muestreos a hatos o fincas ganaderas ubicadas en municipios de Cundinamarca que suministran leche como materia prima, con dichos muestreos se realiza una caracterización basada en los resultados de laboratorio fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos. La caracterización que se realiza tiene como fin categorizar cada hato de acuerdo a los resultados de laboratorio obtenidos e identificar la variabilidad de resultados en el tiempo, como también realizar seguimiento y



## LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

retroalimentación a cada ganadero en la calidad de leche que suministra, a fin de optimizar las características nutricionales y microbiológicas de la leche que se adquiere.

En la actualidad las caracterizaciones realizadas por la empresa solo se limitan a comparar un resultado de laboratorio obtenido contra un requerimiento de ley (Decreto 616 de 2006) “Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendi, importe o exporte en el país”, dicho decreto establece un valor mínimo o un rango de cumplimiento según el parámetro evaluado, sin embargo, no se realiza un análisis estadístico que permita correlacionar los resultados obtenidos con factores externos como temperatura de almacenamiento y estación climática. También es importante realizar un agrupamiento de proveedores según resultados de laboratorio, con el fin de categorizar por características fisicoquímicas y microbiológicas, así mismo, con dicha información poder predecir el comportamiento de cada proveedor.

El desarrollo del proyecto se basa en un análisis estadístico de control de calidad a una base de datos generada a partir de muestreos realizados con sus correspondientes resultados de laboratorio de cada hato ganadero que suministra leche a la compañía en un rango de tiempo de febrero a junio del 2020, donde se relacionan variables cuantitativas sujetas al pago por calidad según lo establece la normatividad (Resolución 017, 2012) “Por el cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al proveedor”, dichas variables son % proteína, % materia grasa, % sólidos totales y microbiología (mesófilos UFC/mL), también se contemplan dos variables cualitativas como son estación climática (IDEAM, 2020) y temperatura de almacenamiento en cada hato ganadero con el fin de evidenciar si hay influencia de estas en la calidad de la leche suministrada.

Con el estudio estadístico a realizar, la compañía se beneficia dado que se planteará una herramienta estadística para evidenciar y analizar la variabilidad en los resultados de laboratorio obtenidos de las diferentes variables relacionadas con la calidad de la leche. Con el resultado de los análisis estadísticos se optimizará el seguimiento a los diferentes hatos ganaderos en aspectos composicionales e higiénicos-sanitarios de la leche que suministran como materia prima.

Adicional, la compañía se beneficiará en cuanto al costo de materias primas, en este caso la leche, dado que, al adquirir leche de mejor calidad como resultado de la aplicación del control estadístico se optimizan los diferentes procesos y se garantiza un mejor rendimiento en los diferentes productos y subproductos que se elaboran, reflejándose en productos con altos estándares de calidad y además con una mayor rentabilidad para la empresa.

### Marco Teórico

Para la industria las materias primas de buena calidad hacen parte fundamental en la sumatoria de factores que permite brindar al consumidor productos con altos estándares de calidad, la industria láctea no es ajena a dicha realidad, la calidad de la leche es determinada según los requerimientos estipulados en el Decreto 616 de 2006 “Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país”.

TABLA 1. Características fisicoquímicas que debe cumplir la leche cruda

Parámetro/Unidad	Leche cruda	
Grasa % m/v mínimo	3.00	
Extracto seco total % m/m mínimo	11.30	
Extracto seco desengrasado % m/m mínimo	8.30	
	Min.	Max.
Densidad 15/15°C g/ml	1.030	1.033
Índice Lactométrico	8.40	
Acidez expresado como ácido láctico %m/v	0.13	0.17
Índice °C	-0.530	-0.510
Crioscópico °H	-0.550	-0.530

Fuente. Decreto 616 de 2006

Además, los ganaderos que proveen leche a la industria láctea se benefician económicamente al dar cumplimiento a los estándares de calidad e inocuidad que determina la normatividad de pago por calidad (Resolución 017, 2012), el ganadero recibe bonificación monetaria por litro de leche que suministra basado en los siguientes criterios:



## LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

- Resultados nutricionales y microbiológicos obtenidos por el laboratorio, cuando estos cumplen con los criterios establecidos en los parámetros de % grasa, % proteína, % sólidos totales y mesófilos (ufc).
- Suministrar leche en condición de refrigeración, temperatura de  $4 \pm 2$  °C.

La bonificación también está determinada por la región geográfica donde se ubique la finca o hatillo lechero, de igual manera, cuando la leche que suministra el ganadero no cumple con los requisitos nutricionales y microbiológicos establecidos en la norma de pago por calidad está sujeto a descuentos monetarios.

Aunque la normatividad cada día exige nuevos requerimientos como herramientas para que la industria láctea intensifique el control de calidad a la leche como materia prima, la informalidad, tercerización de la cadena productiva, pandemia, disminución de compra de leche a ganaderos por importación de leche en polvo por parte de los empresarios (SEMANA, 2020), son algunos de los factores que genera que ciertos productores o intermediarios por temas relacionados con la disminución en sus ingresos monetarios, sin reparo adulteren la leche (CODEX, 1996) con fines económicos, dicha situación se ve reflejada en la disminución de características nutricionales y microbiológicas, afectando a la industria como a los consumidores.

Con el objetivo de mejorar la calidad de la leche como materia prima en la industria láctea, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural estableció que los laboratorios que lleven a cabo técnicas analíticas fisicoquímicas y microbiológicas relacionadas con la determinación la calidad de la leche como lo son % grasa, % proteína, % sólidos totales, densidad y mesófilos (ufc), dichos laboratorios deben estar acreditados con la norma (ISO 17025, 2017) “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”. Con los resultados generados por los laboratorios acreditados se establece el valor a pagar a cada ganadero, de igual forma, los resultados de un laboratorio acreditado brindan confianza en los resultados para la liquidación del pago a realizar, dado que los laboratorios son una entidad neutra entre ambas partes interesadas industria y ganadero. Durante los últimos 5 años se han registrado leves mejorías en términos de la calidad láctea a nivel nacional. (ASOLECHE, 2017), todo esto desde la implementación de la normativa de pago por calidad.



La calidad de la leche se garantiza desde el eslabón primario de la cadena (CONPES 3676, 2010), haciendo referencia a las condiciones y hábitos higiénicos que se practican en los hatos ganaderos, por este motivo el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) regula el cumplimiento a la Resolución 3585 de 2008 “Por la cual se establece el sistema de inspección, evaluación y certificación oficial de la producción primaria de leche, de conformidad con lo dispuesto en el Capítulo II del título I del Decreto 616 de 2006”. Dicha norma tiene dispuesto un programa enfocado al control preventivo en los aspectos relevantes como los requisitos sanitarios para las instalaciones del hato, requisitos para el almacenamiento de insumos, programa de sanidad y bienestar animal, trazabilidad del ganado, todas estas condiciones que pueden inferir en los resultados de calidad e inocuidad de la leche.

Las características nutricionales y microbiológicas de la leche se pueden ver afectadas por condiciones externas; Colombia por su ubicación geográfica, altimetría, delimitación con cuencas hídricas como son el océano pacífico y el océano atlántico o mar caribe, es un país que presenta dos estaciones climatológicas definidas invierno y verano (PRIETO, G. 2019). Las condiciones meteorológicas que presenta el país tienen influencia en las características nutricionales y microbiológicas de las variables relacionadas con la calidad de leche (BRAVO, H, et al.2005), además, otra condición externa que favorece a la calidad higiénica de la leche es la temperatura de almacenamiento, la temperatura de refrigeración retarda la proliferación de microorganismo (ALAIS, C. 1985). (MOTTA, RIVERA, DUQUE y GUEVARA, 2014) Posterior al ordeño los principales factores que interfieren con la calidad de la leche son los microorganismos y la temperatura de la misma, los primeros están presentes en diferentes sustancias y materiales como el aire del establo, en la leche, en el agua que se utiliza para la actividad de ordeño, los utensilios que se usan y en las heces, los factores anteriormente mencionados se mitigan dando cumplimiento a las BPG (Buenas prácticas ganaderas) estipuladas en la normatividad (Resolución 3585, 2008).

TABLA 2. Efecto de la temperatura (grados Celsius) en la multiplicación microbiana de leche producida en diferentes condiciones

Condiciones de producción	T° de almac.	Recuentos totales de bacterias por ml			
		Fresca	24 h	48 h	72 h
V, MA y U limpios	4,4	4.295	4.138	4.566	8.427
	10,0	4.295	13.691	127.727	5.725.277
	15,5	4.295	1.587.333	33.011.111	326.500.000
V limpias, MA y U sucios	4,4	39.082	88.028	121.864	186.254
	10,0	39.082	177.437	831.615	1.761.458
	15,5	39.082	4.461.111	99.120.000	633.375.000
V, MA y U sucios	4,4	136.533	281.546	538.775	749.030
	10,0	136.533	1.170.540	13.662.115	25.687.541
	15,5	136.533	24.673.571	639.884.615	2.407.083.333

Modificado de Magariños (2000). V: vaca, MA: medio ambiente, U: utensilios, T°: temperatura, h: hora.

### Metodología

El estudio obedece a una investigación de orden longitudinal, para el cual se recopiló información proveniente de resultados de laboratorio de variables cualitativas relacionadas con características nutricionales y microbiológicas de la leche, se realizaron muestreos a hatos ganaderos en municipios de Cundinamarca durante un rango de tiempo de febrero hasta junio de 2020, con dicha información se realiza una estadística descriptiva de la base de datos, además, se lleva a cabo un análisis experimental acerca del comportamiento de variables cualitativas relacionadas con la calidad de la leche con respecto al efecto de condiciones externas como temperatura de almacenamiento y condiciones climáticas en los resultados de laboratorio obtenidos, el análisis estadístico se realiza mediante comparación de medianas entre grupos de variables, análisis de componentes principales (PCA) y análisis clúster, el programa utilizado para el desarrollo de la investigación fue Rstudio versión 4.0.2

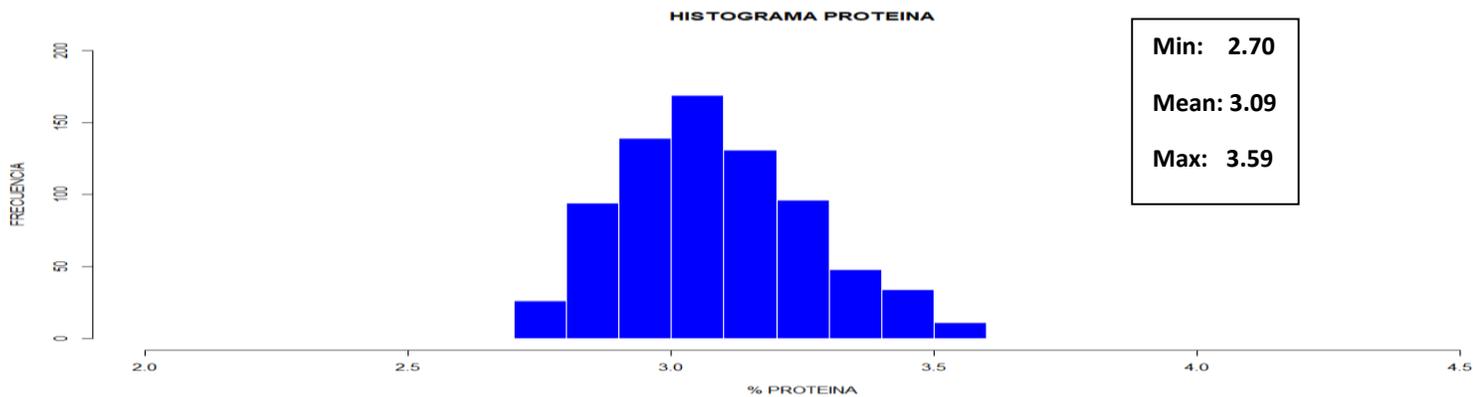
La calidad de la leche está enfocada en dos criterios de aceptación, el primero corresponde a un criterio composicional y el segundo a un criterio higiénico-sanitario, así de esta manera se da cumplimiento a lo establecido en el decreto 616/2006. La calidad de la leche se puede ver afectada por condiciones externas como condiciones meteorológicas (BRAVO, H) y condiciones de temperatura de almacenamiento (ALAIS, C. 1985).



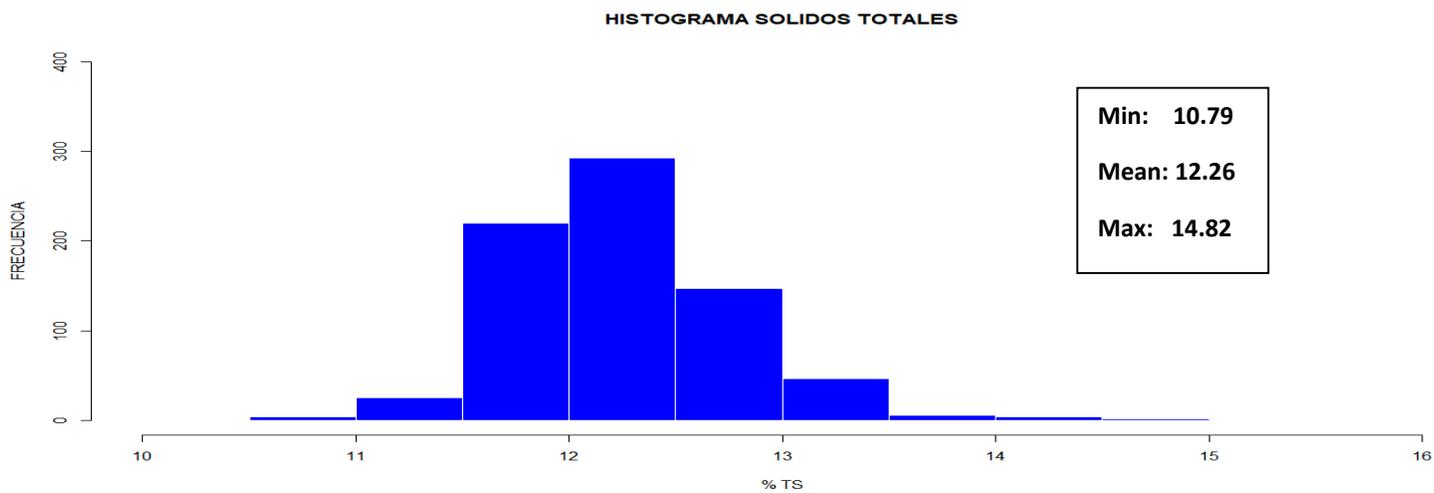
### Análisis de Resultados

- Análisis descriptivo de la base de datos:

Grafica 1. *Histograma para variable de % Proteína*

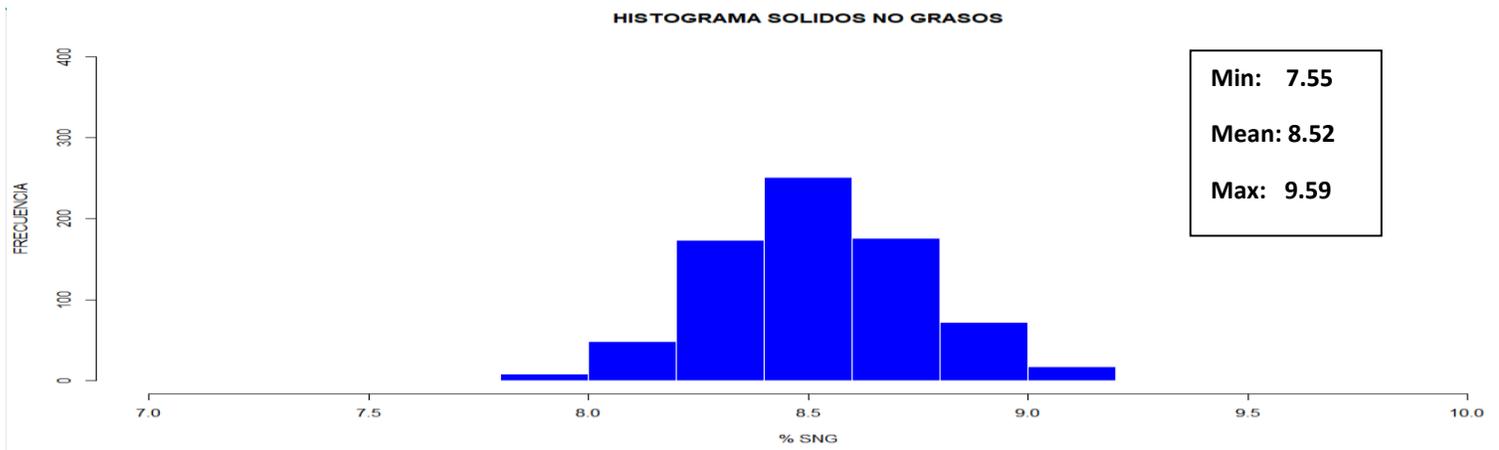


Grafica 2. *Histograma para variable de % Solidos Totales*

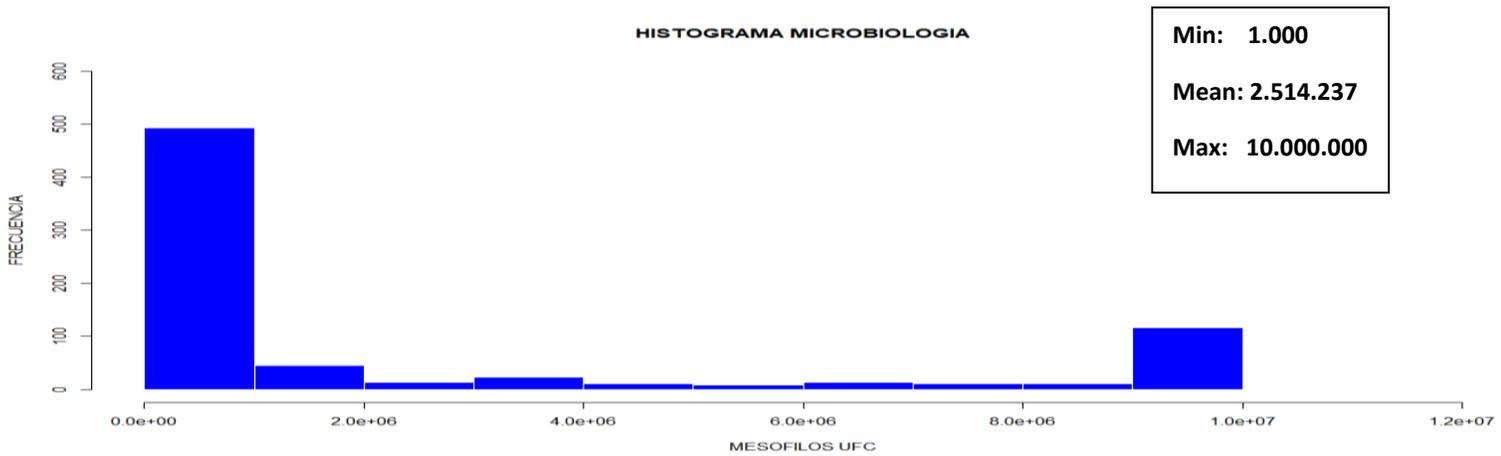




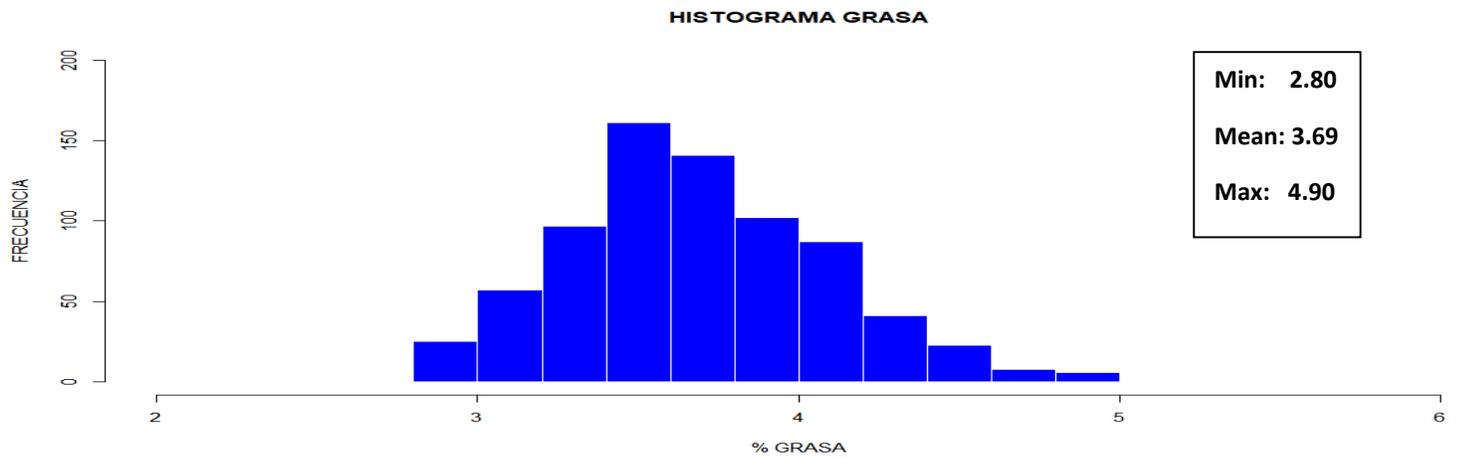
Grafica 3. *Histograma para variable de % solidos no grasos.*



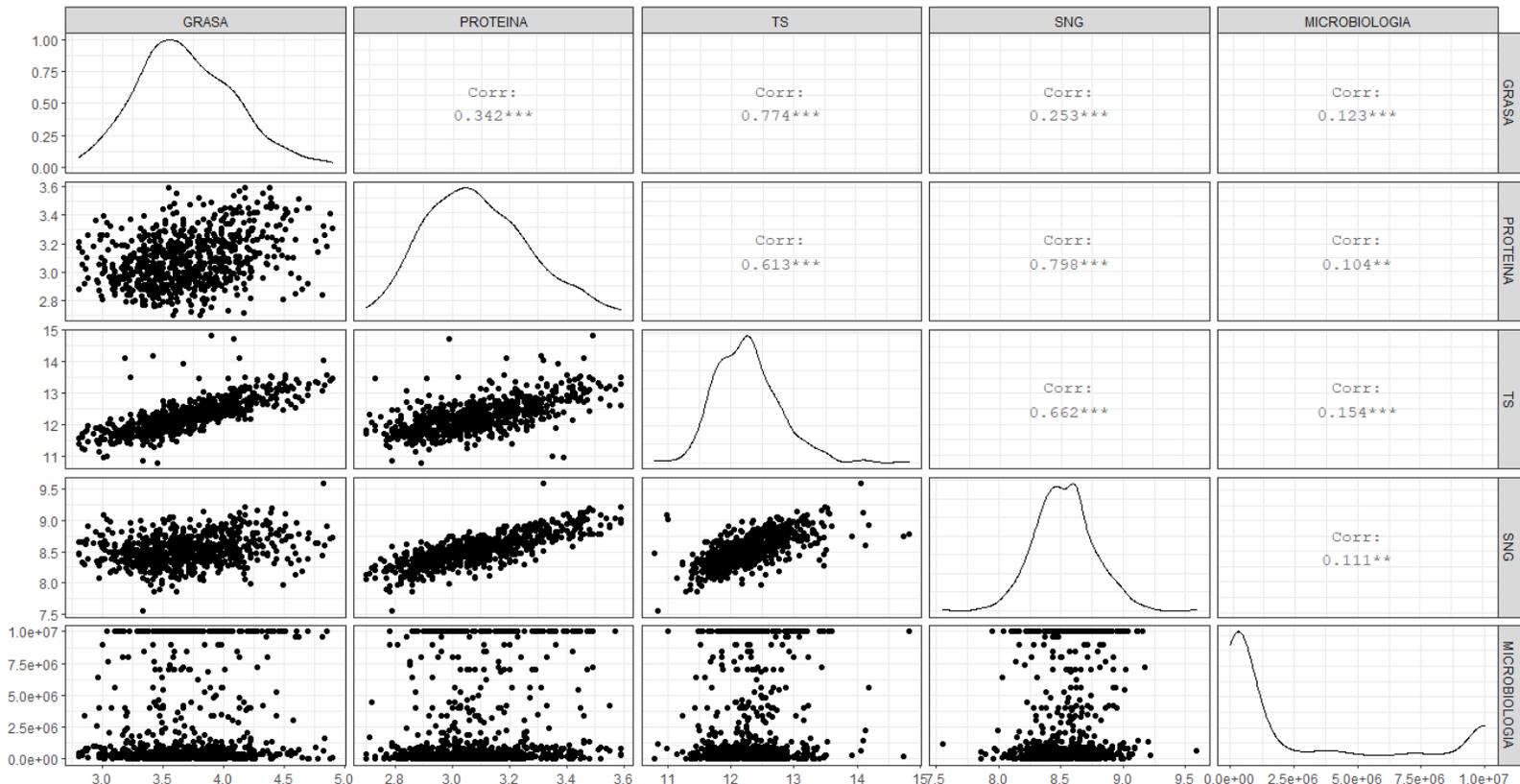
Grafica 4. *Histograma para variable Mesófilos UFC.*



Grafica 5. *Histograma para variable % Grasa.*



Grafica 6. Matriz de correlación y dispersión.



Según matriz de correlación y dispersión las variables de la base de datos en análisis presentan las siguientes correlaciones importantes.

- Se evidencia correlación positiva entre las variables de TS con SNG, Grasa y Proteína.
- Se evidencia correlación positiva entre las variables de SNG con Proteína y ST
- Se evidencia que no hay correlación de la variable Microbiología con las demás variables.

Evidencia del efecto de las variables cualitativas de estación climática y temperatura de almacenamiento en los resultados fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en leche cruda. Para determinar dicho efecto se realizó un test de Kruskal, el cual compara la mediana entre grupos de variables que no presentan distribución normal.

Hipótesis nula y alternativa para determinar el efecto de condiciones externas en los resultados de laboratorio obtenidos:

- H0: El valor de la mediana de las diferentes variables asociadas a la calidad de leche son similares bajo el efecto de temperatura de almacenamiento y estación climática.

## LOS LIBERTADORES

FUNDACION UNIVERSITARIA

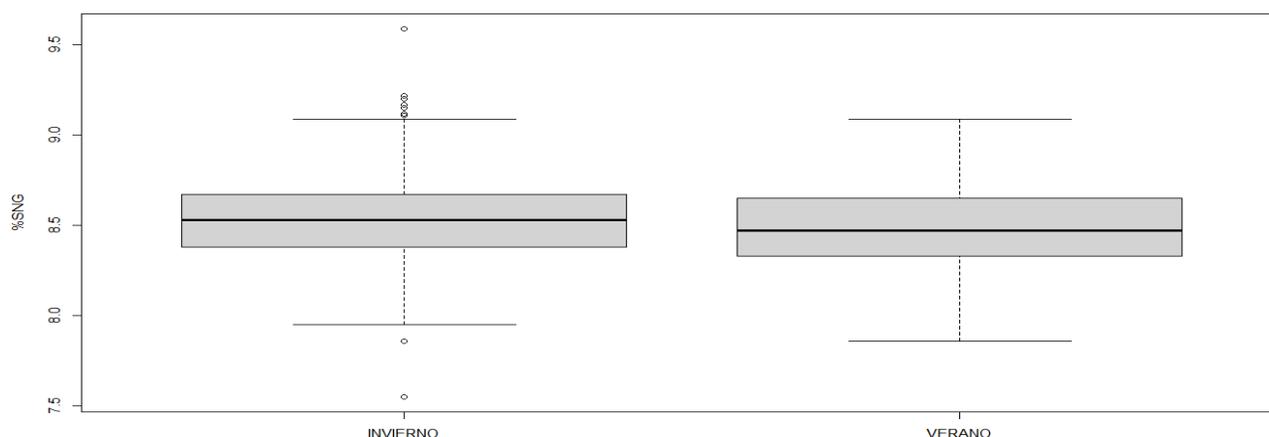
- H1: El valor de la mediana de las diferentes variables asociadas a la calidad de leche son diferentes bajo el efecto de temperatura de almacenamiento y estación climática

TABLA 2. Tabla de resultados del test de kruskal de cada variable cuantitativa evaluada contra las variables cualitativa de estación climática y temperatura de almacenamiento.

<b>TEST KRUSKAL PARA DIFERENCIAS DE MEDIANAS</b>					
<b>p-valor&lt;0.05</b>					
	<b>%GRASA</b>	<b>%PROTEINA</b>	<b>%TS</b>	<b>%SNG</b>	<b>MICROBIOLOGIA UFC/ml</b>
<b>ESTACION CLIMATICA</b>	0.14	0.08	0.32	<b>0.02</b>	<b>1.76e-05</b>
<b>TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>5.633e-08</b>	<b>1.275e-10</b>	<b>4.49e-09</b>	<b>2.833e-05</b>	<b>6.353e-07</b>

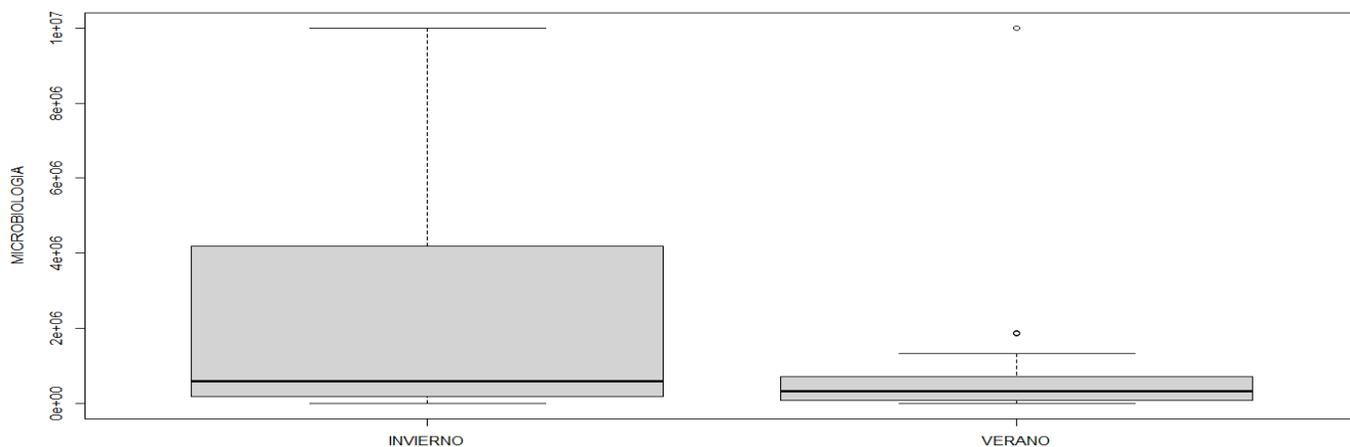
- Descripción de las variables cualitativas con diferencia de medianas:

Grafica 7. Grafica de cajas comparación de mediana de la variable %SNG con efecto de la Estación climática.



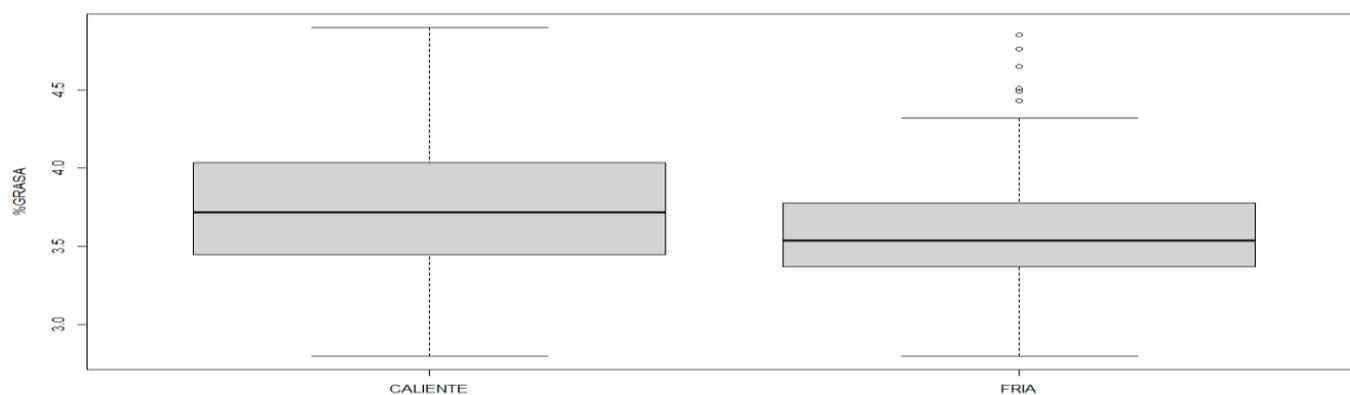
Se evidencia un valor menor de la mediana en la variable % SNG en la estación climática de verano, además, en invierno se evidencia datos atípicos.

Grafica 8. Grafica de cajas comparación de mediana de la variable Microbiología (mesófilos UFC) con efecto de la Estación climática.



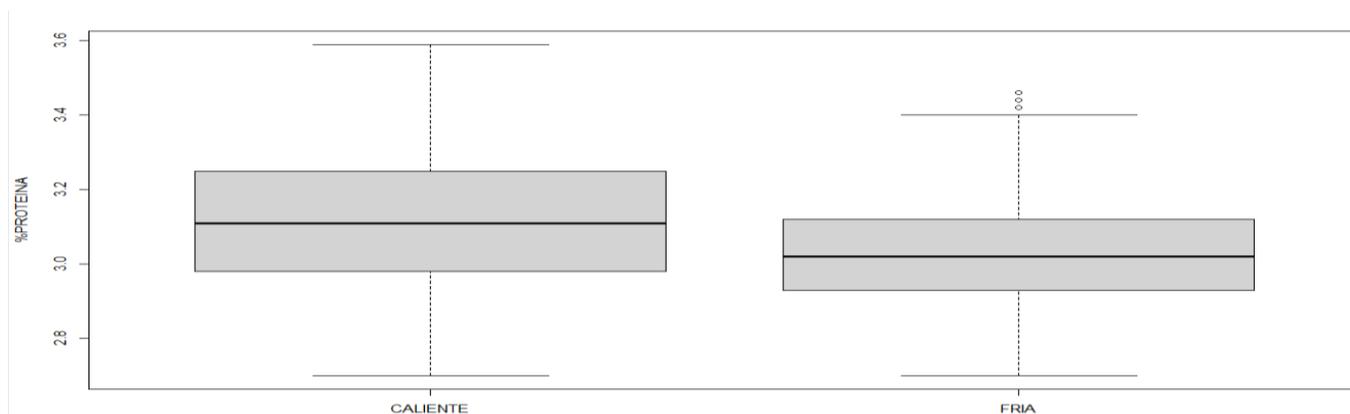
Se evidencia un valor menor de la mediana en la variable microbiología en la estación climática de verano, además, en invierno se evidencia mayor dispersión de datos.

Grafica 9. Grafica de cajas comparación de mediana de la variable % Grasa con efecto de temperatura de almacenamiento.



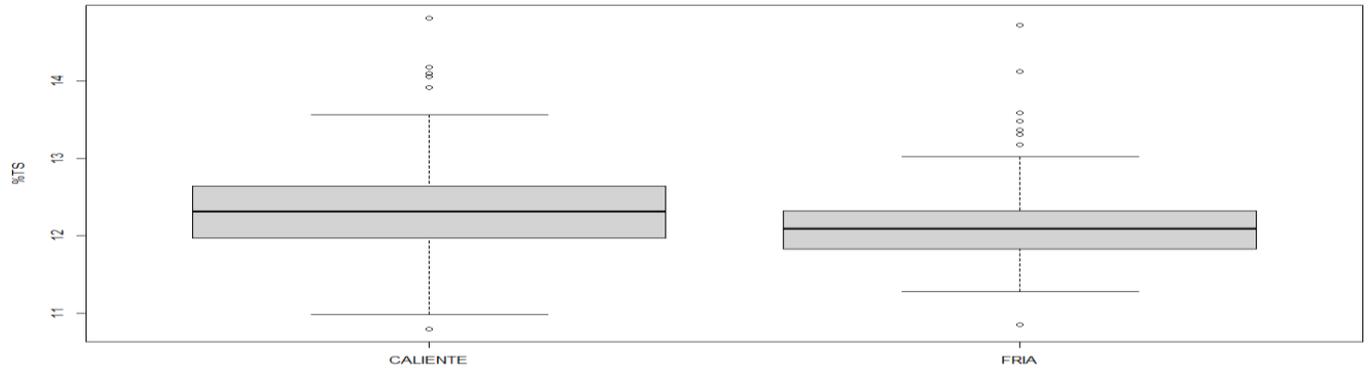
Se evidencia un valor menor de la mediana en la variable % grasa en condición de almacenamiento fría, además, se evidencia datos atípicos en esta condición.

Grafica 10. Grafica de cajas comparación de mediana de la variable % Proteína con efecto de temperatura de almacenamiento.



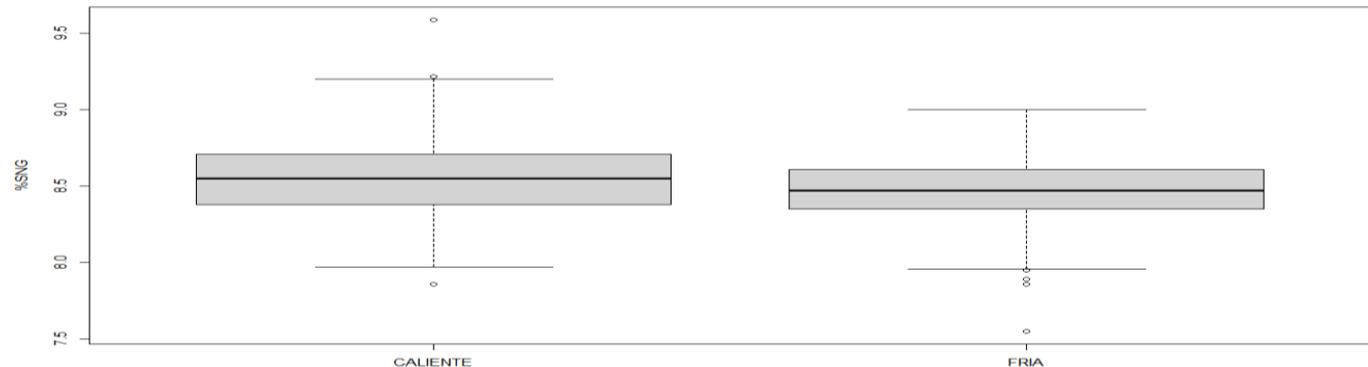
Se evidencia un valor menor de la mediana en la variable % proteína en condición de almacenamiento fría, además, se evidencia datos atípicos en esta condición.

Grafica 11. Grafica de cajas comparación de mediana de la variable % TS con efecto de temperatura de almacenamiento.



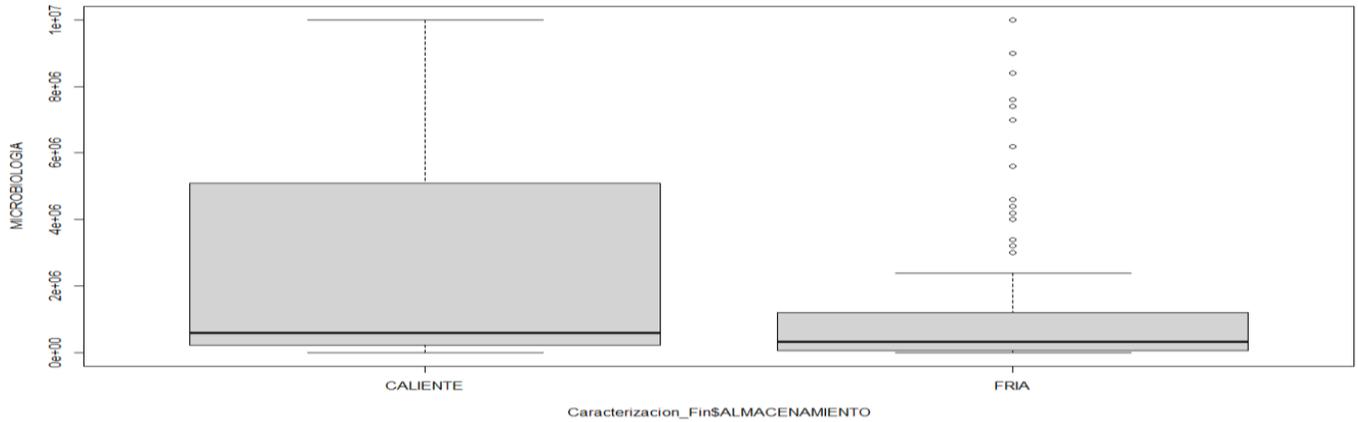
Se evidencia un valor menor de la mediana en la variable % TS en condición de almacenamiento fría, además, se evidencia datos atípicos en las dos condiciones.

Grafica 12. Grafica de cajas comparación de mediana de la variable % SNG con efecto de temperatura de almacenamiento.



Se evidencia un valor menor de la mediana en la variable % SNG en condición de almacenamiento fría.

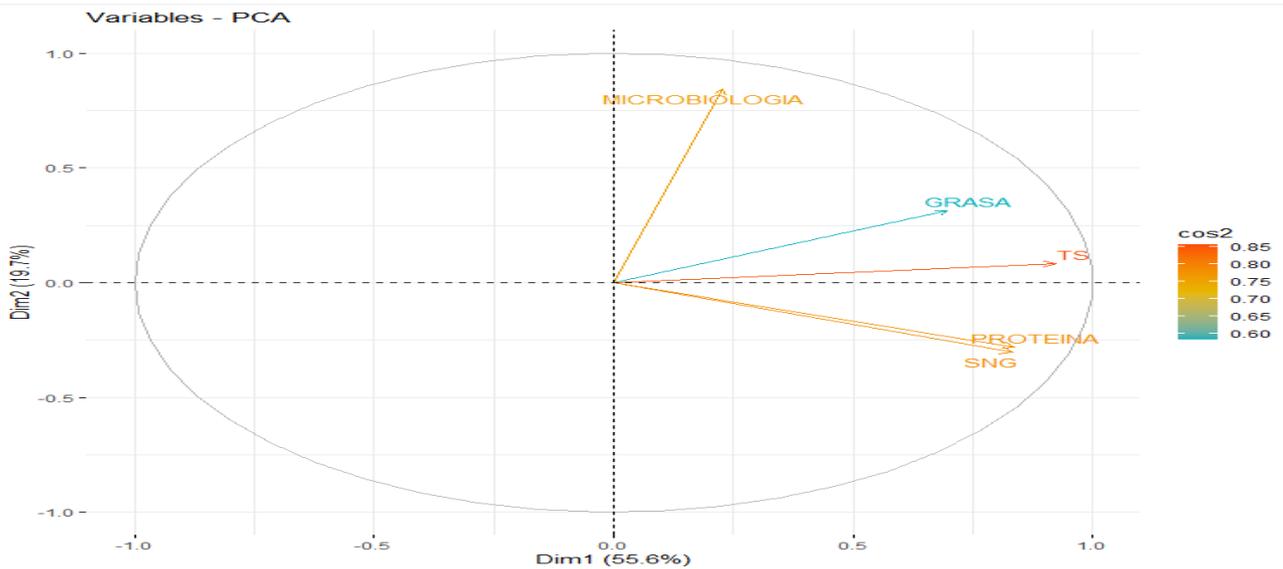
Grafica 13. Grafica de cajas comparación de mediana de la variable Microbiología (mesófilos UFC) con efecto de temperatura de almacenamiento.



Se evidencia un valor menor de la mediana en la variable microbiología en condición de almacenamiento fría, además, se evidencian datos atípicos a esta condición.

- Análisis de componentes principales PCA:

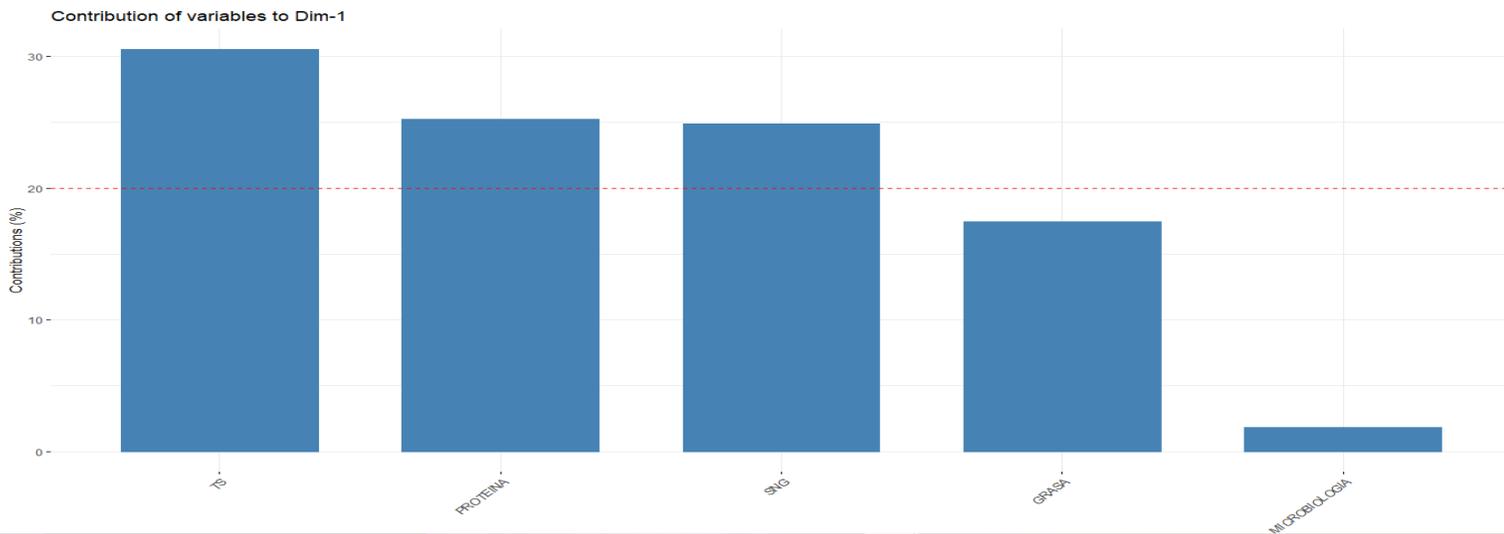
Grafica 14. *Grafica circular de correlaciones cos<sup>2</sup>*



- Se evidencia dos dimensiones las cuales explican un 75.3 de la varianza total,
- Se corrobora que la variable microbiología no se encuentra correlacionada con las demás variables.
- Por el ángulo agudo entre las variables %proteína y % Sng se evidencia una alta correlación.

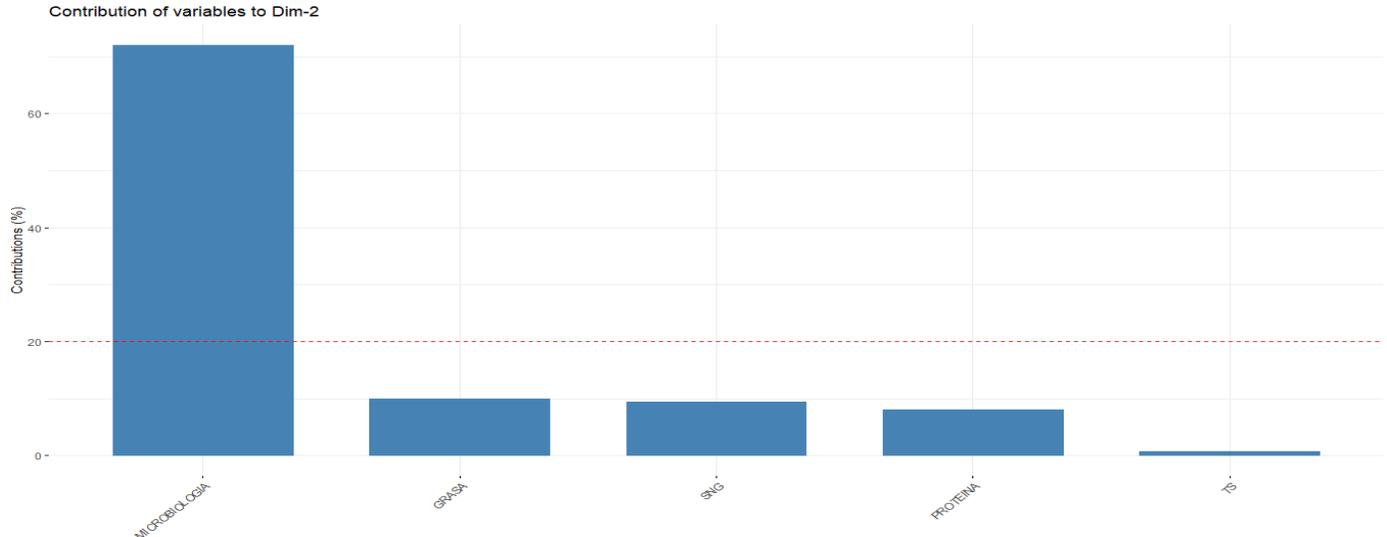
Para explicar el aporte de cada variable a cada dimensión se realizan los siguientes gráficos de barras:

Grafica 14. *Grafica de barras de contribucion de las variables a la primera componente.*



Se evidencia mayor aporte a la componente No. 1 de la variable % TS, seguida por las variables % proteína y SNG.

Grafica 15. *Grafica de barras de contribucion de las variables a la segunda componente.*

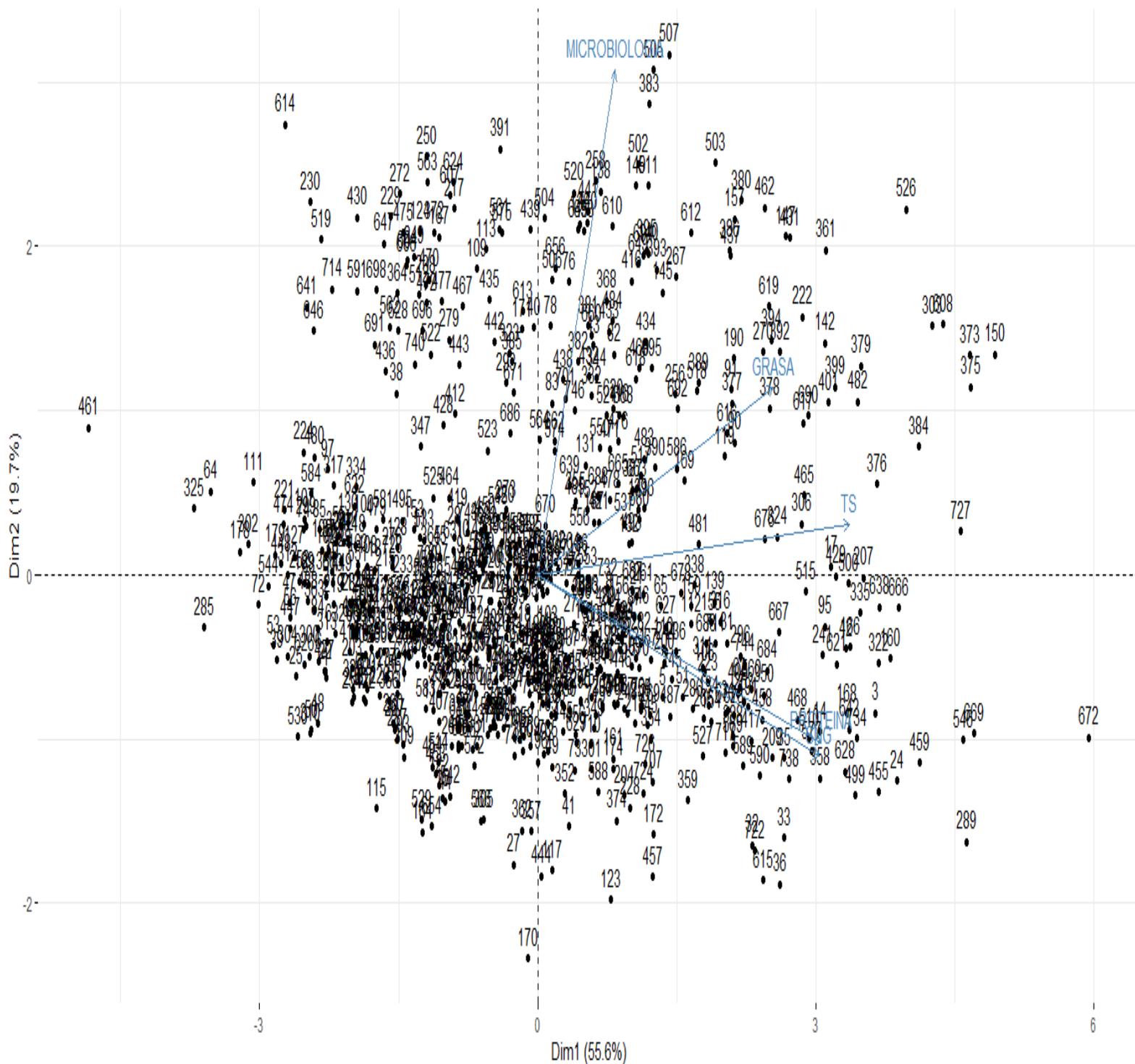


Se evidencia que la variable mejor representada y la de mayor aporte a la componente No. 2 es la variable microbiología (mesófilos (UFC)).

En la gráfica 14 y 15 se evidencia que la variable %grasa no aporta significativamente a las dos dimensiones.

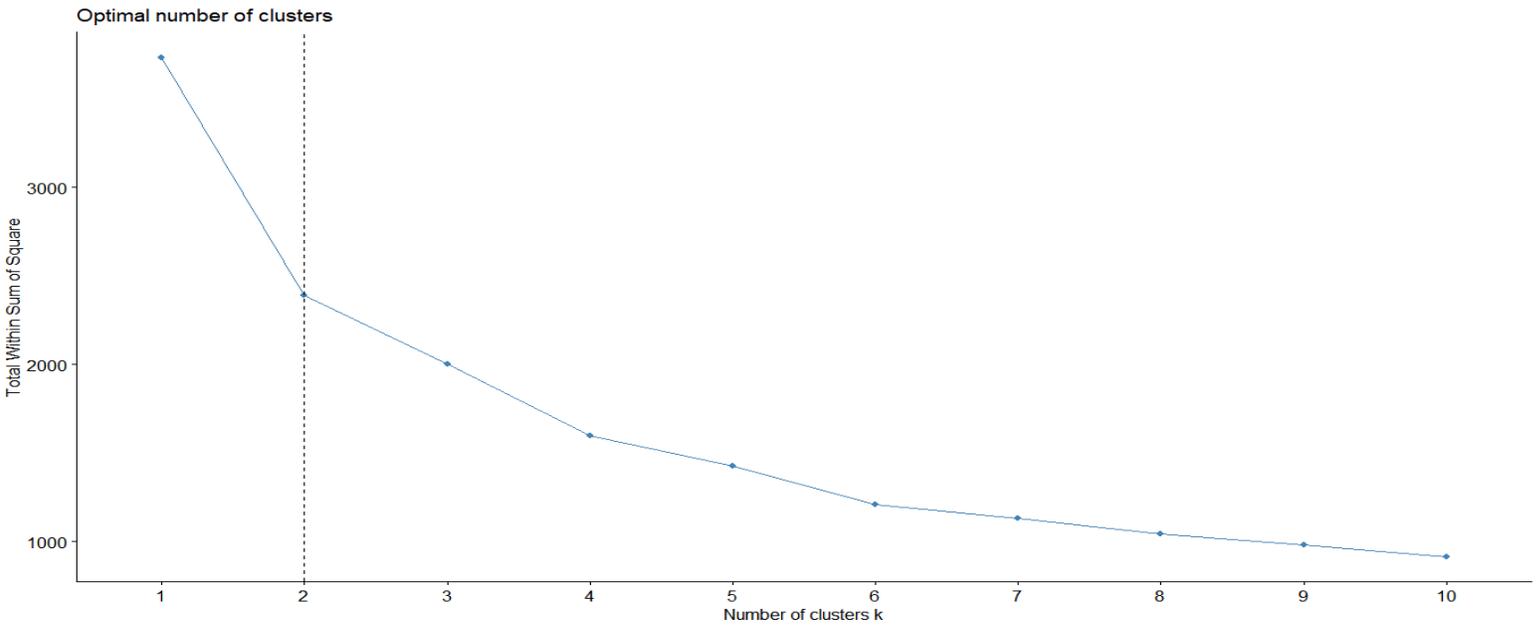
Grafica 15. Grafica de distribución de las muestras sobre pca de las variables.

## PCA - Biplot



Se evidencia que hay muestras relacionadas negativamente con las 2 dimensiones halladas.

Grafica 16. Gráfico de numero de cluster optimo:



Se toman 2 como numero de cluster optimo, dado que se evidencia el codo de la gráfica en este punto, además coincide con el método de Kaiser, valores a partir de 1.

- Resumen de los Cluster:

K-means clustering with 2 clusters of sizes

Clúster No.1=452

Clúster No.2=296

TABLA 3. Valores promedio de los dos clústeres generados.

<b>Cluster</b>	<b>% Grasa</b>	<b>% Proteína</b>	<b>% TS</b>	<b>% SNG</b>	<b>Microbiologia (Mesofilos UFC)</b>
1	3,49	2,99	11,96	8,41	1.755.106
2	3,98	3,23	12,73	8,71	3.673.449





## LOS LIBERTADORES

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

### Conclusiones

- Se evidencia influencia de la variable temperatura de almacenamiento de leche cruda en los resultados obtenidos de las variables relacionadas con la calidad de leche como lo son: %Proteína, %Grasa, %TS, %SNG y Microbiología (mesófilos UFC/mL).
- Se evidencia influencia de la variable estación climatológica en los resultados obtenidos de las variables relacionadas con la calidad de leche como lo son: %SNG y Microbiología (mesófilos UFC/mL).
- El almacenamiento en hato de leche cruda en condiciones de refrigeración disminuye los valores fisicoquímicos en comparación con las no refrigeradas, se podría atribuir a la manipulación realizada durante el enfriamiento, dicha manipulación está relacionada con empujes en el llenado de los tanques fríos o a un inadecuado desalojo de agua cuando se realiza lavado de los tanques de enfriamiento.
- El almacenamiento en frío en el hato favorece a una mejor calidad microbiológica de la leche cruda, razón por la cual se favorece la industria láctea al percibir materia prima de buena calidad y el ganadero con el precio de venta de la leche.
- En lo referente al análisis clúster realizado se evidencia 2 grupos definidos relacionados con la calidad de leche, donde los valores superiores al promedio de las variables %Grasa, %Proteína, %TS y %SNG se encuentran relacionados con una baja calidad microbiológica, es decir, presenta un mayor conteo de mesófilos UFC/mL. Por otra parte, a valores menores al promedio de las variables %Grasa, %Proteína, %TS y %SNG se encuentran relacionados con una mejor calidad microbiológica.

### Referencias

- Decreto 616 de 2006. [Ministerio de protección social]. “Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga.
- Resolución 017 de 2012. [Ministerio de agricultura y desarrollo social]. “Por el cual se establece el sistema de pago de la leche cruda al proveedor”.
- Ideam (2020). Boletín de predicción climática. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/prediccion-climatica>.
- Resolución 3585 de 2008. [Instituto colombiano agropecuario]. “Por la cual se establece el sistema de inspección, evaluación y certificación oficial de la producción primaria de leche, de conformidad con lo dispuesto en el Capítulo II del título I del Decreto 616 de 2006”.
- BRAVO, H, et al., Efecto de los factores meteorológicos sobre las características físico-químicas y microbiológicas de la leche cruda producida en la región Centro Occidental de Venezuela en el periodo 2000-2002. España: Universidad de Valladolid, Departamento de Ciencias Agroforestales, 2005
- ALAIS, C, (1985), *Ciencia de la leche*, Barcelona, España. Reverte S.A



LOS LIBERTADORES  
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA

- ISO 17025 de 2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración”.
- ASOLECHE (2017). La leche en Colombia y la calidad de su evolución. Recuperado de <https://asoleche.org/2017/04/17/la-leche-en-colombia-y-la-calidad-de-su-evolucion/>.
- Codex (1996), Review and revision of the code of principles concerning milk and milk products. CX-MMP 96-5.
- PRIETO, G. (2019), El clima de Colombia a través de los mapas. Recuperado de <https://www.geografiainfinita.com/2019/01/el-clima-de-colombia-a-traves-de-los-mapas/>.
- MAGARIÑOS, H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Producción y servicios Incorporados. Guatemala.
- MOTTA-DELGADO, P. RIVERA, M. DUQUE, T. GUEVARA, F. (2014). Factores inherentes a la calidad de la leche en la agroindustria alimentaria. *Rev. Colombiana cienc. Anim.* 6 (1), p. 223 – 242.
- SEMANA (2020). Lecheros colombianos acusan a procesadoras de importar leche en polvo. Recuperado <https://www.semana.com/economia/articulo/lecheros-colombianos-acusan-a-procesadoras-de-importar-leche-en-polvo/687058/>.
- CONPES (2010). Consolidación de la política sanitaria y de inocuidad para las cadenas láctea y cárnica. Recuperado <https://www.ica.gov.co/getattachment/10b3603e-0853-4a49-9ffa-0814de41092d/C3676.aspx>.
- UNIANDES (2017). Sector lechero en Colombia: Potencial desperdiciado. Recuperado <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/>.
- MINAGRICULTURA (2020). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado <https://sioc.minagricultura.gov.co/SICLA/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>.