

UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO
FACULTAD DE AGRICULTURA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA “JULIA HILL
O’SULLIVAN”



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ
MATÍAS DELGADO
SAN SALVADOR, EL SALVADOR C. A.

Evaluación de la fuerza y rendimiento de 4 cuajos comerciales utilizados para la elaboración de cuajada para quesos frescos a partir de leche de vaca.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
Ingeniería en alimentos

POR:

García Serpas, Sandra Marcela
Guevara Ponce, Gabriella Alejandra

ASESOR:

Ing. Juan Manuel Pérez
Ing. Carlos Vásquez

ANTIGUO CUSCATLÁN, LA LIBERTAD, 10 DE JULIO DE 2020

Publicado bajo la Licencia Creative Commons: Reconocimiento CC BY



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ
MATÍAS DELGADO
SAN SALVADOR, EL SALVADOR C. A.

AUTORIDADES

Dr. José Enrique Sorto Campbell

RECTOR

Dr. David Escobar Galindo

RECTOR EMÉRITO

Ing. Luis Enrique Córdova Macías

DECANO DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA
“JULIA HILL DE O’SULLIVAN”

COMITÉ EVALUADOR

Ing. Nadya Chalabi

COORDINADOR

Ing. Javier Antonio Pimentel

MIEMBRO DEL COMITÉ EVALUADOR

Lic. Jeremías Ezequiel Yánez

MIEMBRO DEL COMITÉ EVALUADOR

ING. JUAN MANUEL PERÉZ

ING. CARLOS VÁSQUEZ.

ASESOR

ANTIGUO CUSCATLÁN, LA LIBERTAD, 10 DE JULIO DE 2020.

CARTA DE APROBACIÓN



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ
MATÍAS DELGADO
Facultad de Agricultura
e Investigación Agrícola

ORDEN DE IMPRIMATUM
MONOGRAFÍA

ORDEN: 11-2020

Tema:	"Evaluación de la fuerza y rendimiento de 4 cuajos comerciales utilizados para la elaboración de cuajada para quesos frescos a partir de leche de vaca".
-------	--

PRESENTADO POR:

Nombre completo		Carrera
Egresado 1:	Sandra Marcela García Serpas	Ingeniería en Alimentos
Egresado 2:	Gabriella Alejandra Guevara Ponce	Ingeniería en Alimentos
Egresado 3:		
Asesor:	Ing. Juan Manuel Pérez Gómez	

OMNIA CUM HONORE

Nombres	Firma	Cargo
Ing. Mima Gabriela Vargas		Coordinador de Comité Evaluador
Lic. José Rafael Vega López		Miembro de Comité Evaluador
Ing. Farah Alabi Hernández		Miembro de Comité Evaluador

De conformidad con el Acuerdo de Rectoría número 208-2022 de fecha 23 de febrero de 2022, se omiten las firmas de los evaluadores y/o examinadores en la presente acta y para constancia del resultado obtenido, firma

Nombres	Cargo	Firma	Sello
Ing. Luis Enrique Córdova	Decano		

Fecha de defensa: 20 de julio de 2020.

AGRADECIMIENTOS

No ha sido un camino fácil, nadie dijo que lo sería, al concluir una etapa maravillosa en mi vida quiero agradecer a Dios, por permitirme tener a unos padres increíbles, que con su amor y sus palabras de aliento me permitieron llegar hasta aquí, gracias por su apoyo incondicional y gracias por creer en mí, los amo.

Finalmente, gracias a mis amigos, que entre risas y consejos hicieron de la universidad fue una de las experiencias más increíbles en mi vida hasta ahora, espero podamos encontrarnos nuevamente, con nuestros sueños y metas cumplidas, los quiero muchísimo colegas.

-Gaby.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y Virgen María permitirme culminar con éxito esta etapa de la vida, donde se ve el reflejo de todo el esfuerzo de estos años y permitirme decir lo logré.

A mi mami, por siempre apoyarme a pesar de mis errores, porque fuiste una guía importante en este camino. Gracias también por ser mi profesora privada, por compartirme todos tus conocimientos y ayudarme a entender temas que quizás con las clases no era suficiente, por consentirme siempre y darme el ejemplo como ingeniería y persona.

A mi papá, que a pesar de la distancia siempre tuviste las palabras idóneas de ánimo siempre que lo necesite, por probar todo lo que hacía sin importar el aspecto que tuviera jajaja y por aportar tus conocimientos de redacción y financieros a todos mis proyectos.

A ti pigo, por alentarme siempre a que hiciera amigos en la u jajaja, por siempre regañarme para que estudiará, por ser siempre mi mejor amiga y por cada una de las locuras compartidas a lo largo de este camino.

A Juli, por siempre ayudarme a que no se me olvidará mi café, la gabacha, y todas las cosas que siempre me tocaban llevar, a mis abuelitos por siempre estar pendientes y sentirse orgullosos de cada paso que iba logrando y en general a toda la familia.

Marce.

ÍNDICE

PORTADA

AUTORIDADES

CARTA DE APROBACIÓN

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
ÍNDICE DE DIAGRAMA.....	V
ÍNDICE DE GRÁFICOS	V
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	VI
RESUMEN.....	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I: Marco Referencial.....	15
1.1 Leche de vaca	15
1.1.1 Generalidades de la leche de vaca.....	15
1.1.2 Propiedades fisicoquímicas de la leche de vaca.....	17
1.1.3 Propiedades nutricionales de la leche de vaca	19
1.1.4 Propiedades microbiológicas de la leche de vaca	20
1.2 Pasteurización.....	22

1.2.1 Tipos de pasteurización	23
1.3 Cuajo	24
1.3.1 Tipos de cuajo según su presentación	26
1.3.2 Tipos de cuajo según su origen	26
1.3.3 El rendimiento del cuajo	29
1.4 Cuajada para quesos frescos.....	31
1.4.1 Procedimiento de elaboración de cuajada para quesos frescos	35
1.4.2 Propiedades fisicoquímicas de la cuajada para quesos frescos	36
1.4.3 Propiedades nutricionales de la cuajada para quesos frescos.....	36
1.4.4 Propiedades texturales y reológicas de la cuajada para quesos frescos	38
1.4.5 Buenas Prácticas de Manufactura para la elaboración de quesos frescos	39
CAPÍTULO II: Marco metodológico	44
2.1 Tipo de investigación	44
2.2 Diseño metodológico.....	44
2.3 Diseño estadístico.....	45
2.4 Diagrama de variables	47
2.5 Población muestra	48
2.6 Recolección de datos	49
2.7 Descripción del proceso técnico para realizar cada replica.....	50
2.7.1 Materia prima	50

2.7.2 Equipo	50
2.7.3 Diagrama del proceso utilizado para obtención de cuajada	51
2.8 Presupuesto de la investigación.....	52
CAPÍTULO III: Discusión de resultados	54
3.1 Datos obtenidos	54
3.2 Análisis de varianza (ANOVA)	57
3.2.1 Análisis de varianza (ANOVA) de manera manual de la variable Peso	57
3.2.2 Análisis de varianza (ANOVA) con el sistema de procesamiento de datos estadísticos SPSS versión 22 de la variable Peso	58
3.2.3 Análisis de varianza (ANOVA) con el sistema de procesamiento de datos estadísticos SPSS versión 22 de la variable Tiempo	66
3.2.4 Análisis de varianza (ANOVA) con el sistema de procesamiento de datos estadísticos SPSS versión 22 de la variable Fuerza de cuajo	75
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES	88
CAPÍTULO IV: Referencias bibliográficas	90
GLOSARIO	96
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de características de la leche de vaca.....	16
Tabla 2. Composición de la leche de vaca	20
Tabla 3. Ventajas de cuajos industriales y artesanales.....	27
Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas de la cuajada para quesos frescos.....	36
Tabla 5. Datos nutricionales de la cuajada.....	37
Tabla 6. ANOVA correspondiente al diseño estadístico de bloques aleatorios.....	46
Tabla 7. Diagrama de variables directas de la investigación.	47
Tabla 8. Datos de los cuajos a evaluar hasta Marzo del 2020.	48
Tabla 9. Representación de la obtención de datos.	49
Tabla 10. Cantidad de cuajo utilizado por tratamiento para cada réplica.	50
Tabla 11. Equipo utilizado para la obtención de la cuajada en cada réplica.....	50
Tabla 12. Costos por réplica para cuajo microbiano líquido Pri.....	52
Tabla 13. Costos por réplica para el cuajo microbiano líquido Mx.....	52
Tabla 14. Costos por réplica para el cuajo microbiano líquido.	53
Tabla 15. Costo por réplica para el cuajo en pastilla.	53
Tabla 16. Datos obtenidos para la variable peso (Gramos).	54
Tabla 17. Datos obtenidos para la variable tiempo (minutos).	55
Tabla 18. Datos obtenidos para la variable fuerza de cuajo.....	56
Tabla 19. Tabla de datos promediados de la variable peso.....	57
Tabla 20. Tabla de ANOVA manual para la variable peso.	57
Tabla 21. Valores Inter sujetos de la variable peso.....	63

Tabla 22. Pruebas de efectos inter sujetos para la variable peso.	63
Tabla 23. Pruebas post hoc de los tratamientos de la variable peso.	65
Tabla 24. Subconjuntos homogéneos para la variable peso.....	65
Tabla 25. Valores Inter sujetos de la variable tiempo.....	72
Tabla 26. Pruebas de efectos de inter sujetos para la variable tiempo.....	72
Tabla 27. Pruebas post hoc de los tratamientos de la variable tiempo.....	74
Tabla 28. Subconjuntos homogéneos para la variable tiempo.....	74
Tabla 29. Valores Inter sujetos de la variable fuerza de cuajo.	81
Tabla 30. Pruebas de efectos de inter sujetos para la variable fuerza de cuajo.	81
Tabla 31. Pruebas post hoc de los tratamientos de la variable fuerza de cuajo.	83
Tabla 32. Subconjuntos homogéneos para la variable fuerza de cuajo.	83

ÍNDICE DE DIAGRAMA

Diagrama 1. Diagrama general para elaboración de cuajada.	35
Diagrama 2. Diagrama del proceso técnico utilizado para la obtención de cuajada.	51

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico correspondiente a la prueba de normalidad para la variable peso.	60
Gráfico 2. Gráfico de medias de la variable peso.	62
Gráfico 3. Gráfico de la variabilidad para la variable peso.	62
Gráfico 4. Gráfico correspondiente a la prueba de normalidad para la variable tiempo.	69
Gráfico 5. Gráfico de las medias de la variable tiempo.	71

Gráfico 6. Gráfico de la variabilidad de las medias para la variable tiempo.	71
Gráfico 7. Gráfico correspondiente a la prueba de normalidad para la variable fuerza de cuajo.	78
Gráfico 8. Gráfico de las medias de la variable fuerza de cuajo.	80
Gráfico 9. Gráfico de la variabilidad de las medias para la variable fuerza de cuajo.	80

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Representación de los bloques y tratamientos con la variable peso en sistema SPSS versión 22.	58
Imagen 2. Conjunto de datos promediados para la variable peso.	58
Imagen 3. Prueba de normalidad para la variable peso.	59
Imagen 4. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable peso.	61
Imagen 5. Representación de los bloques y tratamientos con la variable tiempo en sistema SPSS versión 22.	67
Imagen 6. Conjunto de datos promediados para la variable tiempo.	67
Imagen 7. Prueba de normalidad para la variable tiempo.	68
Imagen 8. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable tiempo.	70
Imagen 9. Representación de los bloques y tratamientos con la variable fuerza de cuajo en sistema SPSS versión 22.	76
Imagen 10. Conjunto de datos promediados para la variable fuerza de cuajo.	76
Imagen 11. Prueba de normalidad para la variable fuerza de cuajo.	77
Imagen 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable fuerza de cuajo.	79
Imagen 13. Montaje del experimento.	97
Imagen 14. Imagen del tratamiento 1.	97

Imagen 15. Imagen del tratamiento 2.....	97
Imagen 16. Imagen del tratamiento 3.....	97
Imagen 17. Imagen del tratamiento 4.....	97
Imagen 18. Aplicación de tratamiento.	97
Imagen 19. Aplicación de tratamiento.	98
Imagen 20. Temperatura estándar.	98
Imagen 21. Corte de cuajada en bloques.....	98
Imagen 22. Leche coagulada.....	97
Imagen 23. Corte manual de cuajada.	97
Imagen 24. Cuajada en proceso de desuerado.	97
Imagen 25. Tratamiento 1	98
Imagen 26. Tratamiento 2	98
Imagen 27. Tratamiento 3	98
Imagen 28. Tratamiento 4	98
Imagen 29. Tratamiento 1	98
Imagen 30. Tratamiento 2	98
Imagen 31. Tratamiento 3	98
Imagen 32. Tratamiento 4	98
Imagen 33. Tratamiento 1	98
Imagen 34. Tratamiento 2	98
Imagen 35. Tratamiento 3	98
Imagen 36. Tratamiento 4	98
Imagen 37. Tratamiento 1	98

Imagen 38. Tratamiento 2	98
Imagen 39. Tratamiento 3	98
Imagen 40. Tratamiento 4	98
Imagen 41. Tratamiento 1	98
Imagen 42. Tratamiento 2	98
Imagen 43. Tratamiento 3	98
Imagen 44. Tratamiento 4	98
Imagen 45. Tratamiento 1	98
Imagen 46. Tratamiento 2	98
Imagen 47. Tratamiento 3	98
Imagen 48. Tratamiento 4	98
Imagen 49. Tratamiento 1	98
Imagen 50. Tratamiento 2	98
Imagen 51. Tratamiento 3	98
Imagen 52. Tratamiento 4	98
Imagen 53. Tratamiento 1	98
Imagen 54. Tratamiento 2	98
Imagen 55. Tratamiento 3	98
Imagen 56. Tratamiento 4	98
Imagen 57. Tratamiento 1	98
Imagen 58. Tratamiento 2	98
Imagen 59. Tratamiento 3	98
Imagen 60. Tratamiento 4	98

Imagen 61. Tratamiento 1	98
Imagen 62. Tratamiento 2	98
Imagen 63. Tratamiento 3	98
Imagen 64. Tratamiento 4	98

RESUMEN

Esta investigación se considera de interés por que viene a solucionar el problema de poca información que se tiene de la calidad de los diferentes cuajos que se comercializan en El Salvador y esta materia prima puede marcar una importante diferencia en la calidad del producto final y a su vez eficiencia en la producción. Es por eso que se evaluaron 4 diferentes tipos de cuajo líquidos y sólidos, de los cuales se realizaron 10 réplicas por cuajo utilizando 3.5 botellas de leche cruda de vaca por réplica, y dieron como resultado que el cuajo líquido microbiano proveniente de México es el más eficiente en relación tiempo-peso, ya que obtuvo un peso mayor de 455.77g y un tiempo menor de 10 minutos. También se pudo concluir que el cuajo con menos eficiencia fue el cuajo líquido microbiano proveniente de El Salvador, ya que fue el menos rendimiento en peso obtuvo y más tiempo tardo en coagular la leche cruda.

Palabras clave: leche, leche de vaca, cuajo, peso, rendimiento, tiempo y fuerza de cuajo.

INTRODUCCIÓN

Para poder elaborar diferentes tipos de quesos una de las partes fundamentales es la coagulación, ya que el rendimiento de la cuajada depende de factores como el tipo de cuajo utilizado, su concentración, tiempo de coagulación, entre otros.

Para obtener quesos a nivel industrial o artesanal se emplean diferentes presentaciones de cuajos los cuales pueden ser de: origen animal, vegetal o microbiano, que vienen en forma sólido o líquido. Algunos de estos resultan costosos, no dan los resultados deseados, con fuerzas bien distintas y lamentablemente no siempre con la debida garantía de pureza.

Para poder realizar estos procesos primero se debe de pasteurizar la leche, lo cual es un procedimiento en el que un alimento usualmente líquido, se somete a una temperatura aproximadamente de 80° C, dependiendo del producto que se esté procesando por periodos cortos de tiempo y posteriormente se enfría rápidamente a temperatura ambiente, algunas pasteurizaciones controlan los microorganismos por cortos tiempos con lo es la leche fresca, pero también hay otras que hacen que los productos se puedan preservar a temperatura ambiente antes de abrirlo y la vida útil del producto se prolonga por más tiempo por ejemplo la pasteurización UHT.

La calidad quesera de la leche se puede definir como su actitud para obtener un buen queso, con un rendimiento satisfactorio, en condiciones de trabajo normales. Ella depende de diversos factores: su composición química, específicamente su riqueza en caseínas, su calidad

bacteriológica y su aptitud al desarrollo de bacterias lácticas, así como su comportamiento frente al cuajo utilizado (Leonoir y Schneid, 1985, citado por Verdalet, 1989, pp.1).

La elaboración de queso consta de tres etapas: a) coagulación de la leche, se le denomina así al proceso en el que se forma un gel y corresponde a la transformación de la leche en un semisólido; b) desuerado, que es la etapa donde se elimina una parte del lactosuero retenido por el gel y que da como resultado la cuajada; c) la maduración, correspondiente a una digestión enzimática de los constituyentes de la cuajada (Lenoir et al,1985, citado por Verdalet, 1989, pp.1).

La industria láctea es una de las industrias alimenticias más avanzadas tecnológicamente debido a la explotación de la leche en los diversos productos obtenidos mediante una diversidad de procesos, que dan como resultado, productos nutritivos de mucha demanda y aceptación por los consumidores, quienes día a día buscan alimentos más nutritivos y que ofrezcan adicionales beneficios para la salud.

En el mercado existe disponibles una gran variedad de cuajo (vegetal, animal o microbiano) en diferentes presentaciones, pero, en realidad no se sabe si todos estos cumplen con la fuerza de cuajo ofrecida. La fuerza de cuajo es uno de los parámetros más importantes a tomar en cuenta para la fabricación de quesos, ya que consiste en la cantidad de litros de leche que es capaz de coagular un litro de cuajo.

Esta es una de las principales consideraciones de los productores al adquirir un cuajo, que su fuerza satisfaga sus necesidades y expectativas, ya que utilizar un cuajo de mala calidad puede conducir a irregularidades, producciones fallidas, y de esta manera generar un resultado desfavorable en el desarrollo económico de la empresa o negocio.

La efectividad de los cuajos se mide por las siguientes propiedades: 1) Fuerza de cuajo, consisten en la capacidad de estos para coagular la leche; 2) Tiempo requerido para coagular, es el tiempo que se tarda en coagular la leche y formar la cuajada; 3) Temperatura requerida para coagular, es la temperatura a la que se debe adicionar el cuajo para generar el efecto deseado; 4) Concentración de calcio, que posee el cuajo y 5) Acidez, que es la que va a ayudar a que la coagulación se realice de manera adecuada. Pero también es importante mencionar que la calidad de la leche a utilizar puede afectar directamente la efectividad del cuajo.

Esta investigación se considera de interés por que viene a solucionar la poca información sobre el rendimiento y calidad de los diferentes cuajos que se comercializan en El Salvador y esta materia prima puede marcar una importante diferencia en la calidad del producto final y a su vez eficiencia en la producción. Esta investigación científica posee utilidad teórica y práctica, ya que está basada en información bibliográfica que servirá como una fuente de consulta.

Además de las aplicaciones antes planteadas que tiene esta investigación es de importancia resaltar que en la industria de alimentos se le puede dar aplicación desde el punto de vista técnico ya que ayuda no solo a realizar una buena selección del cuajo a utilizar, sino que también ayuda en el tema de rendimientos ya que un uso adecuado de un buen cuajo ayuda en tiempo y peso

final del producto, obtención de buen suero para uso en subproductos como el requesón o bebidas a base de suero.

A partir de lo antes expuesto se planteó la siguiente interrogante: ¿Cuál de los cuajos en sus diferentes presentaciones (líquido y solido) producirá mayor rendimiento de cuajada?

Los objetivos principales de esta investigación son: a) Evaluar el rendimiento obtenido al utilizar 4 diferentes tipos de cuajos líquidos y sólidos de El Salvador, en la elaboración de cuajada, utilizando leche de vaca, en el período de febrero a mayo de 2020; b) Comparar los rendimientos del cuajo líquido con el cuajo sólido, identificando el tiempo requerido para hacer el efecto esperado; c) Revisar que exista un cumplimiento de las normativas que se encuentran en vigencia que exige la obtención Número de Registro Sanitario del Ministerio de Salud para cada uno de los productos del área de cuajos disponibles.

CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1 Leche de vaca

Se denomina leche a una sustancia líquida de color blanco, que proviene de la segregación de las glándulas mamarias de la hembra de los mamíferos como puede ser: el ser humano, vaca, cabra, búfala, entre otras. Está formada por lactosa, glóbulos de grasa, sales inorgánicas, etc., y es comúnmente utilizada para la elaboración de productos conocidos como lácteos como lo son: quesos de todos los tipos, yogurt, bebidas a base de leche, leche fluida pasteurizadas en sus diferentes presentaciones, sorbetes y algunos productos de panadería.

La leche de vaca es considerada un alimento esencial para cualquier persona, ya que tiene un alto valor nutricional y cuenta con todo lo necesario para ser un alimento completo, recomendándose incluir en la alimentación de niños, ancianos, enfermos y en general de cualquier persona. Se ha comprobado que la leche ayuda a mantener un sistema inmunológico alto y, a pesar de lo dicho por algunos esta no produce obesidad, porque es un alimento completo y genera la idea de saciedad, por lo que el consumo de otros alimentos disminuye.

1.1.1 Generalidades de la leche de vaca

La leche de vaca es una mezcla de varias sustancias en forma de emulsión, como son: el agua, las proteínas, grasa, lactosa, minerales, vitaminas y los diferentes sólidos totales que varían en

función de la raza, edad y alimentación del ganado. Al ser una emulsión, la fase dispersante es el agua y, en esta, se encuentran suspendidos los glóbulos de grasa.

Tabla 1. Descripción de características de la leche de vaca.

Característica	Rango
Peso específico	1.027 – 1.035
Punto de congelación	-0.54 °C – -0.55°C
Proteínas	2.9% – 3.9%
Grasa láctea	Cerca del 3.0%

Fuente: *Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. (Agudelo y Bedoya, 2005, pp.38-42).*

Las proteínas contenidas en la leche de vaca se pueden clasificar en 2 grandes grupos: Las Caseínas, contenidas en mayor cantidad y las proteínas séricas, presentes en menor proporción. Las Caseínas se encuentran exclusivamente en la leche y son del tipo (α , β y Kappa caseína). También se pueden encontrar la Globulina y la Albúmina, pero no son exclusivas de la leche como alimento.

La principal característica de la caseína es que contiene una gran cantidad de aminoácidos esenciales que ayudan al momento de elaborar los quesos, ya que estas separaran la parte acuosa, por medio de las enzimas Renina o Quimiocina que son las responsables de producir la precipitación de las proteínas cuando se elabora un queso o producto lácteo.

La concentración de la grasa láctea que se encuentra presente en la leche de vaca es muy variable, ya que esta depende directamente de factores como la alimentación del ganado, la

cantidad de agua que este consume, el estrés al que puede estar sometido, la cantidad de actividad física que desarrolla, la raza y la edad del animal. Sin embargo, oscila alrededor del 3.0% y este puede ser sintetizado, en su mayoría, en las células secretoras de las glándulas mamarias.

En la actualidad, un significativo porcentaje de la población sufre de intolerancia a la lactosa, debido a que no produce la cantidad necesaria de lactasa, que es la enzima responsable de desdoblar la lactosa, aunque la mayoría lo puede consumir en pequeñas cantidades y no presentar ningún síntoma, como cuando se consume yogurt.

Por otro lado, las vitaminas y minerales son las que se presentan en menor cantidad en la leche, pero no son menos importantes. Los minerales que más se encuentran en la leche son: Sodio, Potasio, Magnesio, Calcio, Manganeso, Hierro, Cobalto, Fósforo, entre otros. Y de las vitaminas podemos encontrar las: A, B1, B6, B12, C, D, E, Carotenos y Ácido Fólico.

1.1.2 Propiedades fisicoquímicas de la leche de vaca

Las principales características que se deben tomar en cuenta para poder conocer y medir la calidad de la leche son los siguientes: a) densidad, b) índices crioscópicos, y refracción, c) acidez, d) grasa y sólidos no grasos, e) cantidad de leucocitos, f) gérmenes patógenos y g) presencia de antisépticos, antibióticos y sustancias alcalinas (Lucero, 2017, párr. 2).

La leche se puede considerar que tiene un color cremoso y esto se deriva a la cantidad de grasa que contiene generado por los Carotenos que tiene presentes. Se puede mencionar que

cuando una leche es baja en grasa pierde un poco el color cremoso original y se vuelve un poco más translúcida pareciéndose un poco más al agua, sin llegar a ser transparente.

Entre las propiedades físicas tenemos:

- **La gravedad específica:** esta oscila entre el 1.028 – 1.034. Se expresa en grados de densidad.
- **pH:** Se considera que el pH de la leche es ácido ya que los microorganismos presentes se encargan de convertir la Lactosa en Ácido Láctico.
- **Densidad:** la densidad de la leche puede cambiar y variar dependiendo de diferentes componentes, pero su promedio es de 1.032 g/ml.
- **Acidez:** Para la leche este es los parámetros más importantes, ya que ayuda a determinar si ha existido adulteración. Los valores para leche cruda oscilan entre 15 a 16°D. Si se registran valores inferiores es debido a que la leche ha sido obtenida de una vaca con Mastitis.
- **Viscosidad:** La leche cruda que proviene directamente de la vaca oscila en un promedio de 1.7 a 2.2 centipoises.
- **Punto de congelación:** Este también es un punto importante al momento de verificar adulteración de la leche, ya que el rango óptimo es entre -0.54°C – -0.55°C .
- **Punto de ebullición:** La ebullición de la leche empieza a los 100°C y si se utiliza presión, usando el vacío, empieza entre los 50°C a 70°C .

1.1.3 Propiedades nutricionales de la leche de vaca

El mayor consumo de leche a nivel mundial empieza desde los primeros meses de vida de un ser humano, iniciando con la leche materna y luego se cambia a una leche pasteurizada o leche de fórmula especial para bebés.

Es importante mencionar que el consumo de leche es vital en el desarrollo de las personas, ya que parte importante del calcio, proteínas y otros nutrientes es aportado por la leche y esto ayuda a que los huesos se desarrollen adecuadamente. Para las mujeres se recomienda en toda la vida, ya que tienden a sufrir de descalcificación u osteoporosis y, muchas veces, es porque consumen más productos con cafeína que productos lácteos, cuando lo ideal es justo lo contrario.

A pesar de ser un alimento que muchos nutricionistas recomiendan evitar debido a su “alto contenido de grasa”, en beneficio de las mal llamadas leches que son de origen vegetal, se considera inapropiado desde el punto de vista nutritivo, ya que estas no poseen los aminoácidos esenciales requeridos por el ser humano, ni el balance nutricional con la que cuenta la leche de vaca. Por lo anterior su consumo es muy importante, aun la que tiene bajo contenido de grasa.

Se ha podido comprobar que, el consumo alto de leche en la dieta diaria ayuda a combatir un poco la obesidad, debido a que la leche o productos lácteos, generan una sensación de llenura, evitando que se consuman otros alimentos en exceso.

A continuación, se presenta la tabla con los valores nutricionales contenidos en la leche:

Tabla 2. Composición de la leche de vaca

	Por 100 g de porción comestible	Por taza (250 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	66	165	3.000	2.300
Proteínas (g)	3,3	8,3	54	41
Lípidos totales (g)	3,6	9,0	100-117	77-89
AG saturados (g)	1,95	4,88	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	0,93	2,33	67	51
AG poliinsaturados (g)	0,09	0,23	17	13
ω -3 (g)	0,016	0,040	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (ω -6) (g)	0,068	0,170	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	14	35,0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	5	12,5	375-413	288-316
Fibra (g)	0	0	>35	>25
Agua (g)	88,1	220	2.500	2.000
Calcio (mg)	121	303	1.000	1.000
Hierro (mg)	0,1	0,3	10	18
Yodo (μg)	90	225	140	110
Magnesio (mg)	12	30,0	350	330
Zinc (mg)	0,3	0,8	15	15
Sodio (mg)	50	125	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	150	375	3.500	3.500
Fósforo (mg)	92	230	700	700
Selenio (μg)	1	2,5	70	55
Tiamina (mg)	0,04	0,10	1,2	0,9
Riboflavina (mg)	0,18	0,45	1,8	1,4
Equivalentes niacina (mg)	0,8	2,0	20	15
Vitamina B₆ (mg)	0,04	0,10	1,8	1,6
Folatos (μg)	5	12,5	400	400
Vitamina B₁₂ (μg)	0,3	0,8	2	2
Vitamina C (mg)	1,8	4,5	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (μg)	38,7	96,8	1.000	800
Vitamina D (μg)	0,03	0,08	15	15
Vitamina E (mg)	0,1	0,3	12	12

Fuente: de composición de alimentos. (Moreira y col, 2013, citado por Formación INTEF, pp.2)

1.1.4 Propiedades microbiológicas de la leche de vaca

La leche es uno de los alimentos ideales para el hombre, así como para los microorganismos. Una leche que está contaminada con microorganismos apunta a que hubo un ordeño sin higiene, o debido a que la vaca estaba enferma, la contaminación se da muy rápido, en una cuantas horas esa leche ya no podrá ser utilizada para la elaboración de queso, ni se podrá consumir como bebida.

Los microorganismos atacan principalmente el azúcar (lactosa), utilizándolo como alimento para poder vivir y reproducirse, pero también destruyen las proteínas, la grasa produciendo gases y ácidos (Dubach, 1988, p. 21). Al consumir la lactosa los microorganismos producen ácido láctico, esto ocurre cuando la leche permanece caliente, después del ordeño, pues ellos trabajan más intensamente cuando la leche tiene la temperatura de la vaca (Dubach, 1988, p. 21).

Si la leche se deja hasta el día siguiente, los microorganismos siguen consumiendo la lactosa y producen tanta cantidad de ácido láctico que la acidez de la leche puede llegar hasta los 40° D, por ende, la leche se coagula dejando el suero que contiene sales minerales, parte de la grasa de la leche y lactosa. En la industria quesera se solicita una leche con poca acidez, ya que las leches que tienen un exceso de ácido láctico se obtienen quesos defectuosos, con grietas, duros y amargos (Dubach, 1988, p. 21).

Acción de la temperatura en los microorganismos

Los microorganismo tienen una temperatura idónea para su multiplicación; así mismo tienen una temperatura mínima y una temperatura máxima para sobrevivir. Estas temperaturas no serán las mismas para todos las especies de microorganismos; Están las especies que se desarrollan de mejor manera en el frío (entre 5 y 15° C), otras que se desarrollan a temperaturas medias (30° C) y otras especies que son capaces de resistir altas temperaturas (50° C) (Dubach, 1988, p. 22).

A temperaturas bajas es decir a temperaturas inferiores a 0 grados, los microorganismo entran a una fase de letargo o de adormecimiento, pero no mueren, es por esto que la leche debe ser

almacenada a temperaturas entre 4 y 5° C, pues los microorganismos dejarán de consumir la lactosa y no producirán ácido láctico, la leche fría no aumenta su acidez y puede durar más tiempo sin coagular que la leche caliente que no es refrigerada después del ordeño.

Los microorganismos mueren al calentar la leche a una temperatura y tiempo específico, esto dependerá del tipo de queso a elaborar, por ejemplo, para queso fresco debe calentarse la leche a 40° C por 15 minutos. Así como tenemos microorganismos que afectan la calidad de los quesos existen microorganismos beneficios en la industria quesera.

El fermento es un cultivo de bacterias que son útiles para la fabricación de quesos y mantequilla. Existen dos tipos de microorganismos, un tipo de microorganismo que produce ácido láctico a partir de lactosa y reciben el nombre de acidificantes, estos microorganismos permiten la presencia de ácido en la mantequilla y el queso, alargando su tiempo de conservación y el segundo tipo de microorganismos que mejora el sabor y el olor de los quesos, aumentando su precio de venta y calidad, son llamados aromatizantes (Dubach, 1988, p. 26).

1.2 Pasteurización

La pasteurización es una operación unitaria que consiste en aplicar calor a un producto para poder así matar todas las bacterias patógenas existentes y a su vez controlar la actividad enzimática presente. Y esto nos ayuda a que los productos sean inocuos, es decir, que sean seguros y aptos para el consumo humano, y a prolongar por más tiempo la vida útil de estos.

En productos lácteos la pasteurización no solo es utilizada para reducir su actividad enzimática y prolongar la vida útil, sino que también, para desnaturalizar las proteínas contenidas en la leche y de esta manera les permite a algunos cultivos crecer y así poder obtener la consistencia deseada en los diferentes productos como, por ejemplo: el yogurt.

Las temperaturas que se emplean en este proceso térmico son por debajo del punto de ebullición del producto que se está pasteurizando, debido a que si se utiliza una temperatura superior a la del punto de ebullición esta puede afectar de manera irreversible al producto afectando sus características fisicoquímicas.

1.2.1 Tipos de pasteurización

- **Pasteurización VAT o LTST:** Este tipo de pasteurización consiste en calentar la leche a 63°C por 30 minutos en un solo recipiente, luego dejar enfriar lentamente para poder envasar, el tiempo que está se puede tomar es muy variable. Este tipo de pasteurización ya no se utiliza dentro de la industria láctea, es utilizada principalmente por producciones de manera artesanal.
- **Pasteurización HTST:** La pasteurización HTST es utilizada por diferentes industrias como puede ser: láctea, de bebidas, cervecera, entre otras. Consiste en llevar el producto a pasteurizar a altas temperaturas (entre 70 a 85°C) por periodos cortos de tiempo (10 – 20 segundos). Existen 2 tipos de pasteurización HTST:

- a) **Batch (o lotes):** En este tipo se calienta una gran cantidad de producto en un solo recipiente de un solo, este tipo es empleado usualmente por productores pequeños ya que es un poco más sencillo de implementar.
- b) **Flujo continuo:** En este tipo el alimento se hace circular por un intercambiador de calor ya sea por placas o tubular, y este tipo es empleado por la industria a gran escala ya que ayuda a pasteurizar grandes cantidades de producto en poco tiempo.
- **Pasteurización UHT:** Este tipo de pasteurización ofrece a los productores el beneficio de que sus productos tengan una vida útil prolongada. Consiste en emplear una temperatura de 135 a 150°C por un tiempo de 2 segundos, enfriando luego a 70°C.

1.3 Cuajo

Se denomina cuajo a la sustancia que se encarga de coagular la leche. Puede encontrarse en presentación líquida o sólida. Es una mezcla de enzimas que hacen precipitar las proteínas contenidas en la leche. Utilizar cuajo solo es una manera de realizar todos los procesos de manera estándar, ya que también la leche se puede coagular de manera ácida, pero este puede llevar a afectar la calidad del producto final.

En la industria láctea se determina al cuajo o coagulante como un ingrediente esencial o coadyuvante de elaboración, es decir, que son ingredientes que participan en la formulación con el fin de transformar la forma natural de la leche como materia prima. No se agregan con la

intención de sustituir parcialmente o reemplazar los componentes lácteos (RTCA 67.04.65:12 Uso de términos lecheros).

El cuajo o también llamado quimosina, es un fermento conocido como Lab, y es una enzima que se encuentra en el estómago de los terneros llamada cuajar, solamente cuando está lactando ya que su alimentación es 100% la leche materna. Es importante tomar en cuenta que, para un buen funcionamiento del cuajo, mejorar su rendimiento y lograr el objetivo deseado, se deben considerar los siguientes factores: temperatura de la leche y cantidad de cuajo empleada. Se resumen estos últimos aspectos:

- **La temperatura de la leche:** debe de ser siempre una constante y se debe de mantener a 30°C, ya que si está muy fría esta no logra coagular bien y se obtiene una cuajada de consistencia blanda. Por el contrario, si la leche está demasiado caliente, no se logra obtener la consistencia deseada, queda brillante, y, si se llega a los 60°C, el cuajo muere y no logra activarse las enzimas.
- **La cantidad de cuajo:** debe ser bien determinada, aunque muchas veces se subestima sus efectos. Altas cantidades de cuajo, aunque pueden reducir el tiempo de coagulación, afectan la consistencia y calidad de la cuajada obtenida al final del proceso. También está se ve afectada por las propiedades fisicoquímicas de la leche a utilizar ya que parámetros como: Porcentaje de grasa, Acidez y Temperatura de la leche afectan directamente en la cantidad de cuajo que se necesita.

1.3.1 Tipos de cuajo según su presentación

En la industria láctea se conocen diferentes tipos de cuajo, de consistencias distintas. Para obtener un mejor control de calidad y productos de manera uniforme se recomienda usar una cantidad adecuada de cuajo. Los dos tipos de cuajo son los siguientes:

- **Cuajo sólido:** es de un color un poco amarillento. Debe, ser muy soluble, sin dejar residuos y estar muy seco; se encuentra con mayor facilidad en presentación de tabletas. Al momento de llevar un control de calidad en producción industrial es más difícil la disponibilidad, ya que al encontrarlo normalmente no brindan certificado de análisis y no permite validar su calidad.
- **Cuajo líquido:** se conoce como una solución salina, ya que su base es Cloruro de Sodio y en esta se emplea una sal. Es el más utilizado en la industria, ya que es la modalidad en la que presentan certificado de análisis. También medir la cantidad a utilizar es más precisa.

1.3.2 Tipos de cuajo según su origen

Los cuajos pueden ser de diferentes tipos de origen, ya que históricamente este solo era utilizado de origen animal, pero al comprobar que no siempre se contaba con la misma concentración se buscaron otras alternativas que se mencionaran a continuación:

- **Cuajo animal:** Este tipo de cuajo se extrae del cuarto estomago de los lactantes de algunos mamíferos como pueden ser: terneros, cabras, ovejas, entre otros. También se puede extraer pepsina del cerdo y pollo, ya que presentan características como: firmeza de la cuajada para quesos frescos, actividad proteolítica, estabilidad al calor (Rojas, 2005, p. 14).

Se pueden encontrar 2 tipos de enzimas: proteasas (quimosina y pepsina) estas son las que se encuentran en mayor cantidad en los cuajos y las lipasas (lipasa pre-gástrica y esterases) que son las encargadas de digerir la grasa presente en la leche.

Se encuentran en el mercado cuajos de origen animal en diferentes presentaciones y de manera artesanal como industrial, estas son algunas ventajas de cada tipo:

Tabla 3. Ventajas de cuajos industriales y artesanales.

Cuajos comerciales	Cuajos artesanales
Composición enzimática conocida.	Composición enzimática desconocida.
Preparados bajo condiciones higiénicas.	Preparados por los mismos queseros.
Fuerza coagulante estandarizada.	Fuerza coagulante no estandarizada.

Fuente: Elaboración propia.

- **Cuajo vegetal:** El cuajo que se extrae de plantas procede de especies como: *Pinguicula*, *Gallium*, *Withania*, *Ficus* y *Cynara humilis* y *cardunculus*, siendo esta última la más utilizada y tradicionalmente se fabrican quesos de las regiones del Mediterráneo y Australia. En cuanto al cuajo que se extrae de frutas se utilizan las proteasas aisladas de

frutas como: papaya, piña, higo, algunas variedades de manzana, y del jugo de la calabaza.

Los que proceden de extractos de plantas contienen a la enzima proteinasa, la cual es capaz de coagular la caseína de la leche. Y se utilizan más que todo en la elaboración de quesos artesanales. Caso contrario a las proteasas que son más variables en su fuerza coagulante.

- **Cuajo microbiano:** Este viene en presentación tanto líquida como sólida y gracias a las enzimas proteolíticas producidas por microorganismos como: *Cryphonectria parasítica* (proveniente del moho parásito del castaño), *Aspergillus oryzae* (moho mesófilo del suelo), estos poseen propiedad para coagular la leche, pero en menor cantidad comparado con otros tipos de cuajo según su origen. Las bacterias esporuladas del género *Bacillus*: *B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. polymyxa*, *B. subtilis*, son cultivadas a nivel industrial para la producción de enzimas: proteasas, amilasas, sacarasas, etc. Del medio de cultivo se pueden extraer enzimas coagulantes de la leche.

Estas bacterias poseen una mejor aptitud quesera que las enzimas vegetales, pero son más sensibles que las enzimas producidas por los mohos, ya que las cuajadas que se obtienen por medio de las enzimas de bacterias carecen de cohesión, y su actividad proteolítica es bastante elevada. Esto es debido a que las proteasas liberan una gran cantidad de péptidos hidrófobos en las dos primeras horas de la elaboración del producto (Alais, 1985; citado por Rojas, 2005, p. 12).

- **Cuajo transgénico:** El cuajo sintético o genético, se descubrió hace una década y su presentación puede ser en forma de pastilla o en polvo y es el cuajo más utilizado en la actualidad que su uso permite obtener un producto con características similares a los obtenidos con cuajo de ternera.

Este tipo de cuajo mejor conocido como quimosina recombinante se utiliza en una gran variedad de quesos obteniendo buenos resultados. La quimosina recombinante ha sido distribuida para uso comercial en muchos países, sin embargo, Japón y Alemania son notables excepciones (Law, 1997 citado por Rojas, 2005, p. 8).

Las tres quimosinas recombinantes producidas por ingeniería genética son:

1. *Chymax* (secretada por *E. coli* y producida por Pfizer, USA).
2. *Maxiren* (secretada por *K. marxianus* var. *Lactis* y producida por Gist Brocades, Países Bajos).
3. *Chymogen* (secretada por *A. niger* y producida por Hansen's, Dinamarca).

1.3.3 El rendimiento del cuajo

Cuando se hace referencia al rendimiento del cuajo, se trata de la suma de las cantidades de materia grasa, proteínas, otros componentes y, del agua transferida desde la leche al queso durante el proceso de elaboración (Van Boeckel, 1993, citado por Amenu y Deeth, 2007, p. 171-178). El rendimiento es muy empleado en la industria quesera, es el parámetro estequiométrico más importante en esta industria.

Este parámetro es monitoreado de manera constante, para conocer si las empresas mantienen un alto nivel de eficiencia. El rendimiento quesero como la expresión matemática de “la cantidad de cualquier tipo de queso obtenida de una determinada cantidad de leche” y la forma más común de expresarlo es “Kilogramos de queso por 100 Kilogramos de leche”, tal y como lo describe (Dumais, 1991, p. 24).

En la industria quesera es de gran importancia para la producción el poder calcular con antelación el rendimiento quesero que se define como la cantidad de queso que se puede llegar a obtener de una determinada cantidad de leche. Este cálculo permite contar con los materiales, equipo y mano de obra que se utilizara en su fabricación. Así podrá ser calculado de manera anticipada la rentabilidad del proceso de fabricación y por ende el control de la rentabilidad de la fábrica y su funcionamiento. Algunos métodos que se utilizan para expresar el rendimiento en plantas industriales son (Veisserye, 1980 citado por Menz, 2002, p. 1):

- Rendimiento actual
- Rendimiento ajustado a una composición constante o estándar
- Rendimiento ajustados a las pérdidas de grasa y/o sólidos no grasos (SNG) en la cuajada
- Rendimiento teórico basado en la composición de la leche (Veisserye, 1980 citado por Menz 2002, p. 1).

Se considera que la manera más conveniente de expresar el Rendimiento Quesero es en los kilos de queso que se obtienen a partir de 100 kilogramos de leche, ya que expresa de manera

más precisa las variaciones presentes en el Rendimiento Quesero, así como las variaciones de los sólidos totales de la leche a través de las temporadas (Gilles y Lawrence, 1985, citado por Amenu y Deeth, 2007, pp. 171-178).

A pesar de ello, algunos autores señalan que la manera de expresar el rendimiento basado en el peso de la leche tiene la dificultad que, al tener leches con pesos iguales, pero contenidos de sólidos diferentes, se tendrá como resultado rendimientos distintos (Gilles y Lawrence, 1985 citado por Amenu y Deeth, 2007, pp. 171-178). Esta dificultad se supera al procesar la leche el mismo día que es adquirida y de un mismo proveedor, esto en el caso de microempresas o personas que realizan productos en sus casas.

1.4 Cuajada para quesos frescos

El queso se define como el producto elaborado a partir de la cuajada de la leche de vaca o de otros animales, la cuajada se obtiene mediante la coagulación de la Caseína de la leche por acción de la enzima Renina, un ácido (generalmente Ácido Láctico), con o sin un tratamiento posterior de la cuajada por el calor, prensado, salado y/o maduración (fermentación) con microorganismos seleccionados (Potter, 1995, pp. 329). Se conocen las siguientes opciones de obtención de cuajada:

- a)** Coagulación total o parcial de las proteínas de la leche, leche desnatada, leche parcialmente desnatada, nata de suero, o de cualquier combinación de estos productos,

por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, y por escurrimiento parcial del suero que se desprende como consecuencia de dicha coagulación. (Potter, 1995, p. 329)

- b)** Técnicas de elaboración que conducen a la coagulación de la proteína de la leche y los productos obtenidos de la leche y los productos obtenidos de la leche y que dan un producto final que posee las características físicas y químicas, y sensoriales que el producto definido en el apartado a (NSO 67.01.04: 06). El queso es uno de los alimentos que más se consumen a nivel mundial y cuyas características texturales, nutritivas, sensoriales, texturales y funcionales cambian según el tipo de queso. (Potter, 1995, p. 329).

Se menciona que las diferencias en la textura, aroma, sabor, entre otras, se deben fundamentalmente a factores como:

- Tipo de leche: vaca, oveja, cabra, entre otras.
- Calidad de la leche: pasteurizada, cruda, pasteurizada “en frío”, etc.
- Relación de concentraciones grasa-proteína.
- Tipos de microorganismos y enzimas añadidos.
- Velocidad e intensidad del desarrollo de la acidez.
- Tipo y concentración de la enzima coagulante.
- Grado y forma de deshidratación del coágulo.
- Cantidad y forma de adición de la sal.
- Forma y tamaño del queso.
- Condiciones de maduración, temperatura, humedad, etcétera.

- Tratamientos superficiales del queso, encerado.
- Perforaciones en el queso para permitir la entrada de aire.
- Adición de enzimas o microorganismos para efectuar la maduración. (Badui, 2006, p. 626).

Es por esta razón que, la comprensión de los aspectos científicos en torno a la elaboración de quesos es de suma importancia para tener un adecuado control de las condiciones que pudiesen afectar las propiedades del queso y por ende su calidad y aceptación por el consumidor (Ramírez y Vélez, 2012, p. 132).

El queso desde el punto de vista fisicoquímico se define como un sistema tridimensional de tipo gel, el cual está formado fundamentalmente por Caseína integrada en un complejo de Caseinato Fosfato Cálcico, el cual, por medio de la coagulación, engloba glóbulos de grasa, agua, albúminas, minerales, globulinas, lactosa, vitaminas y otras sustancias en menores cantidades en la leche, las cuales permanecen absorbidas en el sistema o se mantiene en la fase acuosa retenida (Walstra et al, 2006, citado por Ramírez y Vélez, 2012, p. 132).

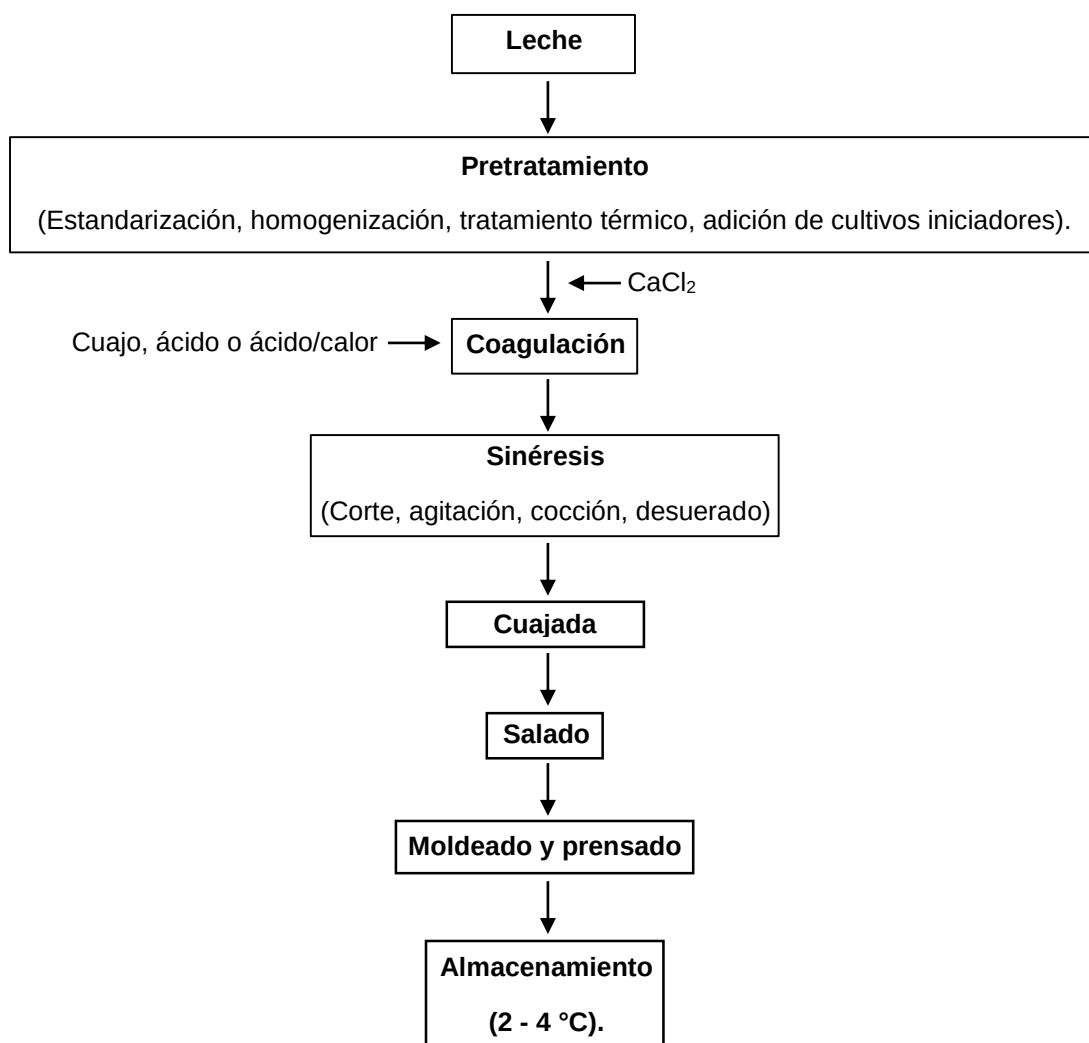
La elaboración de quesos ha sufrido importantes cambios, ya que es un alimento que el hombre lleva elaborando y perfeccionando desde hace milenios, pasando de ser un arte empírico, a una tecnología industrial con bases científicas.

En El Salvador la producción de queso es un rubro muy importante en donde se elaboran quesos tanto a un nivel industrial como artesanal, pudiendo ser: quesos frescos, quesos duros, quesillos, entre otros. Entre los quesos más reconocidos está el queso fresco.

La cuajada o queso mantequilla es un queso no madurado, ni escaldado, moldeado y de textura relativamente firme, levemente granular, preparado con leche entera, semidescremada o descremada. Es cuajado con enzimas y/o ácidos orgánicos, generalmente sin cultivos lácteos (NSO 67.01.04:06, p. 2).

También puede ser designado como queso blando que es uno de los quesos más saludables por las siguientes razones:

- No se somete a un periodo de maduración.
- Tiene menos contenido de grasa.
- Contiene cantidades mínimas de sodio (sal).
- Es un queso apropiado para personas que padecen trastornos cardíacos y arteriosclerosis.

Diagrama 1. Diagrama general para elaboración de cuajada.

Fuente: Diagrama general para la elaboración de queso fresco (Adaptado de Gunasekaran y AK, 2003, citado por Ramírez y Vélez, 2012, pp. 133).

1.4.1 Procedimiento de elaboración de cuajada para quesos frescos

Se recibe la leche fluida, evaluando que esta tenga una buena acidez, buena capacidad de coagulación y se evalúa la fuerza del cuajo. Para este tipo de quesos, la coagulación se desarrolla a una temperatura aproximada de 38°C. Uno de los pasos esenciales para la elaboración de quesos es la coagulación de la para-K-caseína, que es provocada gracias a la acción combinada

de las enzimas proteolíticas (diferentes tipos de cuajo) y por el calcio (Ramírez y Vélez, 2012, p. 133).

Una vez coagulada la leche, se procede al corte del coágulo con un cuchillo de hoja larga realizando cortes verticales y horizontales para favorecer el desuerado. Se procede a colocar el molde para darle forma al queso y permitir así que los granos de la cuajada se aglomeren. Se agrega sal o salmuera en concentraciones diferentes, según el tipo de queso. La sal además de proporcionar sabor a la cuajada evita que en él se proliferen microorganismos. Como último paso, el producto terminado se almacena en refrigeración a temperaturas entre 2 y 4 °C.

1.4.2 Propiedades fisicoquímicas de la cuajada para quesos frescos

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas de la cuajada para quesos frescos.

Propiedades	Valor
pH	5.6
Proteínas	20 – 22%
Grasa	19 – 25%
Humedad	51 – 53%

Fuente: Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad (*Farkye et al., 1995, citado por Ramírez y Vélez, 2012, pp.135*).

1.4.3 Propiedades nutricionales de la cuajada para quesos frescos

El queso es un alimento rico en nutrientes y cuya composición nutricional se determina por medio de parámetros como el tipo de leche utilizada (especie, raza, etapa de lactancia, contenido

de grasa) y los procedimientos de fabricación y maduración. El queso tiene propiedades nutricionales similares a la leche, ya que es un derivado de esta, mantiene los constituyentes insolubles y los constituyentes solubles en menor cantidad. Los compuestos solubles como las proteínas séricas, las vitaminas hidrosolubles, la mayor parte de la lactosa y demás hidratos de carbono quedan disueltos en el suero, que es la fase líquida que se obtiene a partir de la fabricación del queso.

Sin embargo, la mayoría de los quesos son fuente de vitaminas liposolubles como la vitamina A, vitamina B2 (riboflavina), vitamina B3 (niacina), vitamina B12 y, en menor medida de ácido fólico, la cantidad de vitamina C en los quesos es insignificante. El queso solo proporciona el 1% del valor diario de vitamina D, lo que es insuficiente para una nutrición adecuada.

Tabla 5. Datos nutricionales de la cuajada.

Nombre	Agua %	Energía Kcal	Proteína g	Grasa total g	Carbohidrato	Ceniza g	Calcio g	Fosforo g	Hierro mg	Tiamina mg	Riboflavina mg	Niacina mg	Vit. C mg	Vit A mcg
Queso fresco, leche integra, cuajada	55	264	17.5	20.1	3.3	4.1	783	375	1.30	0.03	0.43	0.15	0	420

Fuente: Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Menchú, MT; Méndez, H (INCAP, 2007, pp.18).

1.4.4 Propiedades texturales y reológicas de la cuajada para quesos frescos

Para muchos consumidores una de las características más importantes es la textura. En cuanto a calidad se refiere el queso no se queda atrás en este aspecto. La textura del queso es un atributo sensorial compuesto resultante de una combinación de propiedades físicas que son percibidas por los sentidos del tacto, vista y auditiva durante el consumo (Brennan 1988; Delahunty y Drake 2004, citado por Fox; Guinee; Cogan y MsSweeney, 2017, p. 522). La textura táctil comprende propiedades mecánicas del queso que caracterizan la respuesta de este al estrés aplicado durante el consumo (p. ej., corte con los incisivos, compresión entre los molares, cizallamiento entre lengua y mejillas).

La reología del queso caracteriza su comportamiento de deformación cuando es sometido a estrés o tensión. Las propiedades reológicas del queso son aquellas que determinan su respuesta a tensiones (p. ej., compresión, cizallamiento o corte) que se aplican durante procesamiento (p. ej., dividir en porciones, rebanar, triturar y rallar) y consumo (rebanar, untar, masticar y masticar). Según el comportamiento de tensión / deformación, los materiales pueden ser generalmente clasificado como sólidos elásticos ideales, líquidos viscosos (newtonianos) ideales o viscoelásticos.

La reología y la textura del queso están controladas por su macroestructura, microestructura, composición y ambiente interno (por ejemplo, pH, temperatura). El componente estructural primario que controla la deformación del queso para un esfuerzo dado es la red de proteínas, con la concentración de proteínas y el grado de proteína la hidrólisis y la hidratación son críticas.

1.4.5 Buenas Prácticas de Manufactura para la elaboración de quesos frescos

La industria quesera en El Salvador posee una gran importancia económica, por lo que es necesario contar con una guía o manual para asegurar que el producto que se esté elaborando sea inocuo y de calidad. La leche es un alimento susceptible a la degradación debido a los agentes microbiológicos, estos afectan sus características nutricionales y su calidad. Es importante tener en cuenta que la leche se puede ver afectada desde la etapa del ordeño (malas prácticas de ordeño, enfermedad en el ganado, etc.). y pueden afectar directamente su calidad e inocuidad, representado así un peligro a la salud pública, es por esto que se deben implementar practicas higiénicas en toda la cadena productiva (ordeño, transporte, procesamiento y manufactura).

La limpieza, higiene del personal y desinfección de utensilios y del área de trabajo, son factores que deben cumplirse para obtener productos de calidad, esto se puede lograr por medio de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Las buenas prácticas de manufactura son un conjunto de normas que deben ser aplicadas en los procesos de manipulación y elaboración de los alimentos, son una herramienta que ayuda a garantizar un entorno laboral limpio y seguro ya que estas se basan en la higiene y en la manera de manipular alimentos. Incluyen normas de comportamiento del personal, uso de desinfectantes, uso de agua, etc.

Poniendo en práctica las buenas prácticas de manufactura tendremos clientes satisfechos, estaremos evitando la contaminación de nuestro producto, produciremos con calidad sanitaria, podremos competir en el mercado local y nacional y dará a nuestro producto una buena imagen a los ojos del consumidor aumentando así nuestras ganancias, al mismo tiempo las BPM son un requisito para poder aplicar en nuestro negocio el sistema de Análisis de Peligros y Puntos

Críticos de Control (APPC o HACCP por sus siglas en inglés), un sistema de calidad ISO o un programa de gestión de calidad.

Prevención de riesgos

Existen riesgos de tipo físico, químico y microbiológico, que pueden afectar la calidad e inocuidad del producto:

- **Riesgos físicos:** Dentro de este tipo de riesgos tenemos: polvo, madera, piedras, metales, plástico, fragmentos de vidrio, etc. Son materiales que deben manejarse con cuidado durante el procesamiento ya que pueden causar un daño físico al consumidor.
- **Riesgos químicos:** Los productos químicos implican a un riesgo de contaminación, es por esto que deben ser manipulados con precaución. Ejemplos de estos productos son: antibióticos, desinfectantes, insecticidas, etc. Este tipo de productos deben ser almacenados lejos del área de producción y deben estar debidamente etiquetados.
- **Riesgos microbiológicos:** La contaminación por agentes microbiológicos es un problema de salud pública. Estos agentes son responsables de las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA'S) y son provocadas por agentes como: hongos, virus y bacterias como la *Salmonella* y *E. coli*.

Condiciones para las buenas prácticas de manufactura

1. Local

El local donde se elaboran quesos y otros productos lácteos debe contar con las condiciones y servicios básicos que permitan realizar los procesos de producción en un ambiente apropiado y que cumpla con los requerimientos sanitarios para eliminar al máximo cualquier posibilidad de contaminación (RTCA 67.01.33:06).

Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (RTCA 67.01.33:06):

- Ausencia de vertederos de basura en la zona
- Ausencia de industrias productoras de elevada contaminación atmosférica
- Facilidad de eliminación de las aguas residuales, y ausencia de peligro de inundación o encharcamiento en los alrededores.
- Sistemas de desagüe seguros en todas las áreas de servicio que rodean las instalaciones.
- Es recomendable que la instalación este a una distancia mínima de carreteras: 25 metros y de viviendas: 100 metros.
- Puertas y ventanas deben estar limpias y protegidas con malla para evitar el ingreso de insectos y roedores.
- Se debe contar con un sistema que permita el control de insectos y roedores
- Contar con área de lavado de manos dentro del área de procesamiento.

- El local debe estar diseñado de manera tal que esté protegido del ambiente exterior mediante paredes.
- Los materiales de construcción del local no deben transmitir ninguna sustancia indeseada al alimento.
- En el área de producción no se permite la madera como material de construcción.
- Los pisos deben ser impermeables, lavables y antideslizantes. La unión del piso debe ser redondeada para facilitar su limpieza.
- El local debe contar con suministro de agua potable para realizar operaciones de limpieza y desinfección de equipos y para ser utilizada en el procesamiento
- Se deben designar las zonas del local y el personal no debe circular libremente. La circulación debe ser de la zona más limpia a la más sucia para evitar contaminación.
- El área de recepción de la leche debe estar a un extremo del área de elaboración de quesos

2. Personal

Uno de los objetivos de las BPM es el de garantizar que el personal que está en contacto directo o indirecto no contamine los productos lácteos.

Por lo tanto, se debe tomar en cuenta:

- Bañarse antes de iniciar labores

- Evitar contacto con el producto si tiene síntomas de alguna enfermedad (gripe, diarrea, etc.). Reportarse con el supervisor antes de ingresar a la planta.
- Lavar manos con agua y jabón, desinfectarse con alcohol gel antes de iniciar labores, después de ir al baño y las veces que se crea conveniente.
- Debe tener uñas limpias, recortadas y sin esmalte
- Utilizar ropa de trabajo adecuada, en buen estado y limpia, mascarilla, redecilla.
- No debe utilizar joyería de ningún tipo (anillos, aretes, relojes, collares).
- No debe comer, beber, masticar chicle, toser, estornudar o escupir durante el proceso de elaboración de productos lácteos, ni adentro de las instalaciones.
- No debe secarse el sudor con la vestimenta de trabajo.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada científica, ya que por medio de ella se midieron las siguientes variables directas: tiempo, peso y fuerza del cuajo, que ayudaron así a obtener el comportamiento de los diferentes cuajos al momento de realizar su acción con la leche entera de vaca, proporcionando diferentes datos para determinar la viabilidad del uso de los diferentes cuajos en la industria láctea, basado en las variables directas.

2.2 Diseño metodológico

La investigación se dividió en cuatro fases:

- **Fase uno:** en esta fase se llevó a cabo la búsqueda de las investigaciones que se habían realizado previamente de este tema, para establecer la factibilidad de llevar a cabo la investigación. Adicionalmente, se realizó una búsqueda de los cuajos que se encontraban registrados ante las instancias respectivas del Ministerio de Salud de El Salvador.
- **Fase dos:** una vez se obtuvo toda la información de investigaciones previas y de los cuajos a utilizar. Posteriormente, se procedió a la recolección de información para el marco referencial, a fin de establecer una base teórica sólida y fundamentada, brindando más confianza a los lectores de esta investigación. Se definió el tipo de investigación a

realizar, sus variables, el método de obtención de datos y el sistema estadístico que se utilizó para el análisis de los datos.

- **Fase tres:** en esta fase se llevó a cabo el experimento, usando el método de bloques aleatorios y se realizaron todas las réplicas necesarias para que los datos fueran significativos y que la veracidad de la investigación aumentara. Luego de obtener los datos de las pruebas, se procedió al análisis de estos, iniciando por la tabulación de las diferentes variables, luego se procedió al análisis de estos por medio de análisis de varianza (ANOVA) y también se comparó con el programa estadístico SPSS versión 22.
- **Fase cuatro:** esta fue la última fase de la investigación, consistente en evaluación de las diferentes hipótesis planteadas para determinar si éstas se aceptaban o rechazaban, generando una conclusión de la investigación. Y, por último, se establecieron las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

2.3 Diseño estadístico

El diseño estadístico por utilizar fue el de **BLOQUES ALEATORIOS**. Se considera que este es apropiado y eficiente cuando se desea investigar las diferencias entre los promedios de k tratamientos en condiciones homogéneas. Estas condiciones homogéneas pueden ser: parcelas de terreno, lotes de producción, camadas de ratones, o una misma persona sometida a diferentes tratamientos. Al comparar con el diseño completamente aleatorio, se tiene por tanto una fuente

de variación adicional a las “entre tratamientos” y “dentro de tratamientos”: la variación “entre bloques” (Taucher, 1997, pp.177). La fórmula que se utilizó es la siguiente:

$$SBC = k \sum_{\text{bloques}} (y_b - \bar{y})^2$$

Donde:

SBC: La suma de cuadrados correspondiente.

$Y_b - Y$: Los grados de libertad para el cálculo de CMB, es decir, el número de bloques - 1

La tabla de varianza (ANOVA) correspondiente a este diseño estadístico quedaría de la siguiente manera:

Tabla 6. ANOVA correspondiente al diseño estadístico de bloques aleatorios.

Fuente de variación	Gl Grados de libertad	SC Suma de Cuadrados	CM Cuadrados Medios
Entre tratamientos	$k - 1$	$SCE = b \sum_{\text{trat}} (y_{tr} - \bar{y})^2$	$\frac{SCE}{k - 1}$
Bloques	$b - 1$	$SCB = k \sum_{\text{bloques}} (y_{bl} - \bar{y})^2$	$\frac{SCB}{b - 1}$
Residual	$(k - 1)(b - 1)$		$\frac{SCR}{(k - 1)(b - 1)}$
Total	$n - 1$	$SCT = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$	

Fuente: Análisis de un diseño en bloques aleatorios. Documento proporcionado por Ing. Carlos Vásquez, asesor estadístico.

2.4 Diagrama de variables

Las variables que se estudiaron en esta investigación fueron las siguientes:

Tabla 7. Diagrama de variables directas de la investigación.

Variables directas		
Variable	Concepto	Indicador
Peso	Con esta variable se evaluó el rendimiento de cada cuajo o tratamiento, ya que todos se comportan de manera diferente, y así se pudo determinar cuál era el que contaba con mejor eficiencia y resulta más eficiente	Se midió en gramos por medio de una balanza exacta.
Tiempo	Esta variable evaluó la prontitud con la que el cuajo lograba hacer su efecto y formaba la cuajada y así poder observar cual era el que tardaba menos tiempo en cumplir su función.	Se midió en minutos por medio de un cronometro.
Fuerza de cuajo	Esta variable es muy importante ya que nos ayuda a conocer cuál es el poder coagulante del cuajo que se está utilizando.	Se calculó por medio de la siguiente formula $Fc = \frac{2400 * VI}{t * vc}$ Donde: Fc: fuerza de cuajo. 2400: constante. VI: volumen de la leche (ml). t: tiempo de coagulación (s). vc: volumen cuajo agregado (ml).

Fuente: Elaboración propia.

2.5 Población muestra

En la actualidad, el uso de cuajo es muy común dentro de la industria láctea, razón por la que muchas empresas se dedican a comercializar dicho producto. El precio varía en función de la calidad de este. Por esta razón, para definir la población muestra de esta investigación, se tomaron en cuenta los datos del listado de números de registro sanitarios de cuajos creado por el Ministerio de Salud de El Salvador y también de las empresas habilitadas para la venta de cuajos ya sea en su forma líquida o sólida. Al evaluar estos aspectos se encontró que algunos datos se repetían, otros ya no se encontraban disponibles en el mercado.

La muestra se determinó por medio de descarte de opciones ya que en la listado del Ministerio de Salud de El Salvador hasta Marzo de 2020 contaba con 11 registros de los cuales 4 se repetían y 3 ya no se encontraban vigentes por lo tanto no se pudieron conseguir ya que no estaban disponibles para su venta. Con la información antes expuesta se determinó que la evaluación sería de 4 cuajos diferentes y disponibles, siendo 3 de ellos en presentación líquida y 1 en presentación sólida.

Tabla 8. Datos de los cuajos a evaluar hasta Marzo del 2020.

Número de tratamiento	Nombre del producto	País de origen
1	Cuajo microbiano líquido Pri	México
2	Cuajo microbiano líquido Mx	México
3	Cuajo microbiano líquido	El Salvador
4	Pastilla de cuajo	Colombia

Fuente: Listado del número de registro sanitario: cuajos. (Ministerio De Salud De El Salvador, 2020).

2.6 Recolección de datos

La recolección de todos los datos de esta investigación se realizó por medio del diseño estadístico de bloques aleatorios en el cual se evaluaron: 4 tipos de cuajo, 3 en forma líquida y 1 en forma sólida. Realizándolo de esta manera:

Tabla 9. Representación de la obtención de datos.

Variable	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Día 1				
Día 2				
Día 3				
Día 4				
Día 5				

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, se tienen 4 tratamientos, correspondientes a los 4 tipos de cuajos, los cuales se evaluaron en 5 días diferentes y cada día se realizaron 2 pruebas por tratamiento, obteniendo un total de 40 réplicas, generando que los valores de la investigación sean significativos y le den validez a esta.

2.7 Descripción del proceso técnico para realizar cada réplica

2.7.1 Materia prima

- **Leche:** Para cada réplica se utilizó 3.5 botellas de leche.
- **Cuajo:** Para cada réplica dependía de la cantidad recomendada de uso, también la cantidad de cuajo depende de la cantidad de grasa que la leche contiene y de la temperatura a la que esta se encuentra. La cantidad utilizada por cuajo se detalla a continuación:

Tabla 10. Cantidad de cuajo utilizado por tratamiento para cada réplica.

Tratamiento (cuajo) utilizado	Cantidad de cuajo
Tratamiento 1	8 gotas de cuajo equivalente a 0.40 ml.
Tratamiento 2	6 gotas de cuajo equivalente a 0.30 ml.
Tratamiento 3	16 gotas de cuajo equivalente a 0.80 ml.
Tratamiento 4	0.07 g.

Fuente: Elaboración propia.

2.7.2 Equipo

Tabla 11. Equipo utilizado para la obtención de la cuajada en cada réplica.

Equipo	Descripción de uso
Olla grande	Se utilizó para colocar la leche y así poder calentarla.
Cocina	Se utilizó para calentar la leche.
Termómetro	Medir la temperatura de la leche.

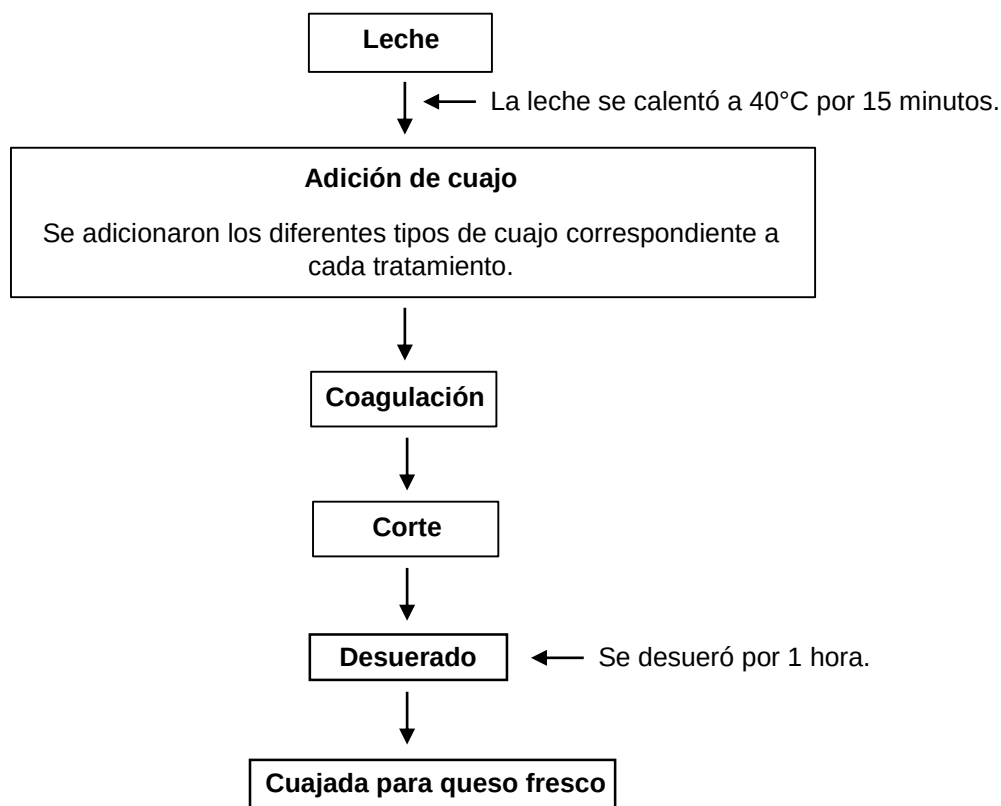
Recipientes grandes hondos	Colocar la leche para agregar el cuajo, dejar reposar y también donde se colocó el colador para que se tenga todo el suero.
Coladores	Para poner a desuerar la cuajada.
Cuchillos	Para cortar la cuajada una vez ya cuajo.
Bascula	Para pesar la cuajada

Fuente: Elaboración propia.

2.7.3 Diagrama del proceso utilizado para obtención de cuajada

En el siguiente diagrama se detalla cada uno de los pasos que se utilizaron para obtener la cuajada en cada una de las réplicas.

Diagrama 2. Diagrama del proceso técnico utilizado para la obtención de cuajada.



Fuente: Elaboración propia.

2.8 Presupuesto de la investigación

Para cada réplica se utilizaron 3.5 botellas de leche cruda y el precio de compra de esta fue de \$0.50 centavos de dólar americano. Por lo tanto, para cada réplica se mantiene el costo estándar de \$1.75 que es el precio de la leche a utilizar.

- **Tratamiento / cuajo 1:** Costo de las 10 repeticiones para este tratamiento: \$17.85.

Tabla 12. Costos por réplica para cuajo microbiano líquido Pri.

Materia prima	Cantidad por utilizar	Costo total
Leche	3.5 botellas	\$1.75
Cuajo	0.40 ml	\$0.035
Total		\$1.785

Fuente: Elaboración propia.

- **Tratamiento / cuajo 2:** Costo de las 10 repeticiones para este tratamiento: \$17.56

Tabla 13. Costos por réplica para el cuajo microbiano líquido Mx.

Ingrediente	Cantidad por utilizar	Costo total
Leche	3.5 botellas	\$1.75
Cuajo	0.30 ml	\$0.006
Total		\$1.756

Fuente: Elaboración propia.

- **Tratamiento / cuajo 3:** Costo de las 10 repeticiones para este tratamiento: \$17.58.

Tabla 14. Costos por réplica para el cuajo microbiano líquido.

Ingrediente	Cantidad por utilizar	Costo total
Leche	3.5 botellas	\$1.75
Cuajo	0.80 ml	\$0.008
Total		\$1.758

Fuente: Elaboración propia.

- **Tratamiento / cuajo 4:** Costo de las 10 repeticiones para este tratamiento: \$17.75.

Tabla 15. Costo por réplica para el cuajo en pastilla.

Ingrediente	Cantidad por utilizar	Costo total
Leche	3.5 botellas	\$1.75
Cuajo	0.07 g	\$0.025
Total		\$1.775

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Datos obtenidos

Variable peso

Tabla 16. Datos obtenidos para la variable peso (Gramos).

PESO	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Día 1	231.6	268	322.4	234.2
	241.7	304.6	289	312.4
Día 2	496	503	436.1	429.9
	419	437	445.4	361.6
Día 3	436	532.7	477.1	475.8
	420.3	474.9	438.3	434.3
Día 4	546.9	512.7	479.6	564.6
	505	409.5	408.5	469.4
Día 5	468.7	547.8	531.9	555.8
	473.4	567.5	491.7	501.1

Fuente: Elaboración propia.

Variable tiempo

Tabla 17. Datos obtenidos para la variable tiempo (minutos).

TIEMPO	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Día 1	30	33	60	25
	24	16	38	15
Día 2	20	20	40	10
	25	23	40	15
Día 3	12	16	45	15
	19	10	41	10
Día 4	12	16	50	13
	12	11	40	14
Día 5	11	10	37	20
	10	11	37	15

Fuente: Elaboración propia.

Variable fuerza de cuajo

Tabla 18. Datos obtenidos para la variable fuerza de cuajo.

FUERZA	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4
Día 1	525,000	636,363.60	131,250	36,000,000
	656,250	1,312,500	207,236.40	60,000,000
Día 2	787,500	1,050,000	196,875	90,000,000
	630,000	913,044	196,875	60,000,000
Día 3	1,312,500	1,312,500	174,999.60	60,000,000
	828,947.40	2,100,000	192,073.20	90,000,000
Día 4	1,312,500	1,312,500	157,500	69,230,766
	1,312,500	1,909,090.80	196,875	64,285,710
Día 5	1,431,817.80	2,100,000	214,772.40	45,000,000
	1,575,000	1,909,090.80	196,875	60,000,000

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Análisis de varianza (ANOVA)

3.2.1 Análisis de varianza (ANOVA) de manera manual de la variable Peso

Solo la variable peso se realizó en forma manual y luego se comparó con el sistema de procesamiento de datos estadístico SPSS versión 22.

Tabla 19. Tabla de datos promediados de la variable peso.

PESO	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Suma de bloques/días
Día 1	236.65	286.3	305.7	273.3	1101.95
Día 2	457.5	470	440.75	395.75	1764
Día 3	428.15	503.8	457.7	455.05	1844.7
Día 4	525.95	461.1	444.05	517	1948.1
Día 5	471.05	557.65	511.8	528.45	2068.95
Suma tratamientos	2119.3	2278.85	2160	2169.55	8727.7
Promedio de tratamiento	423.86	455.77	432	433.91	
Factor de corrección	3808637.365				

Fuente: Elaboración propia.

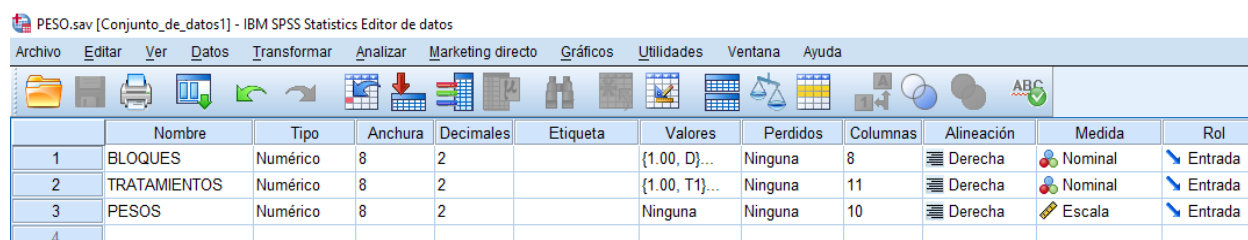
Tabla 20. Tabla de ANOVA manual para la variable peso.

Fuentes de variación	GL	SC	CM	F	F calculado
Tratamientos	3	2790.039	930.0128333	0.757897	3.490294819
Bloques/días	4	142501.5	35625.38419	29.03225	3.259166727
Error experimental	12	14725.17	1227.0971		
Total	19	160016.7			

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Análisis de varianza (ANOVA) con el sistema de procesamiento de datos estadísticos SPSS versión 22 de la variable Peso

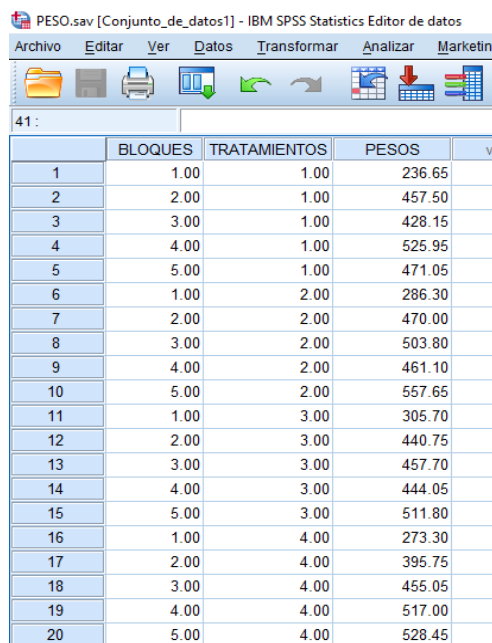
A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la variable peso, para obtener estos resultados fue necesario crear una base de datos, en la cual las dos primeras variables (días y tratamientos) son nominales y la variable pesos es una variable de escala por que representa datos numéricos calculados a través de una medición.



	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	BLOQUES	Numérico	8	2		{1.00, D}...	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
2	TRATAMIENTOS	Numérico	8	2		{1.00, T1}...	Ninguna	11	Derecha	Nominal	Entrada
3	PESOS	Numérico	8	2		Ninguna	Ninguna	10	Derecha	Escala	Entrada
4											

Imagen 1. Representación de los bloques y tratamientos con la variable peso en sistema SPSS versión 22.

Fuente: Elaboración propia.



	BLOQUES	TRATAMIENTOS	PESOS	vs
1	1.00	1.00	236.65	
2	2.00	1.00	457.50	
3	3.00	1.00	428.15	
4	4.00	1.00	525.95	
5	5.00	1.00	471.05	
6	1.00	2.00	286.30	
7	2.00	2.00	470.00	
8	3.00	2.00	503.80	
9	4.00	2.00	461.10	
10	5.00	2.00	557.65	
11	1.00	3.00	305.70	
12	2.00	3.00	440.75	
13	3.00	3.00	457.70	
14	4.00	3.00	444.05	
15	5.00	3.00	511.80	
16	1.00	4.00	273.30	
17	2.00	4.00	395.75	
18	3.00	4.00	455.05	
19	4.00	4.00	517.00	
20	5.00	4.00	528.45	

Imagen 2. Conjunto de datos promediados para la variable peso.

Fuente: Elaboración propia.

Previo a realizar el análisis de varianza (ANOVA) para diseño de bloques aleatorios se recomienda verificar o comprobar que los datos que se tienen cumplan los siguientes supuestos:

- **Prueba de normalidad:** Los datos se distribuyen normalmente. La normalidad de los datos se comprobará en forma analítica y grafica por medio del contraste de Kolmogórov-Smirnov y el histograma de los datos con curva normal.

Pruebas NPar

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		PESOS
N		20
Parámetros normales ^{a,b}	Media	436.3850
	Desviación estándar	91.77109
Máximas diferencias extremas	Absoluta	.219
	Positivo	.123
	Negativo	-.219
Estadístico de prueba		.219
Sig. asintótica (bilateral)		.013 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Imagen 3. Prueba de normalidad para la variable peso.

Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis

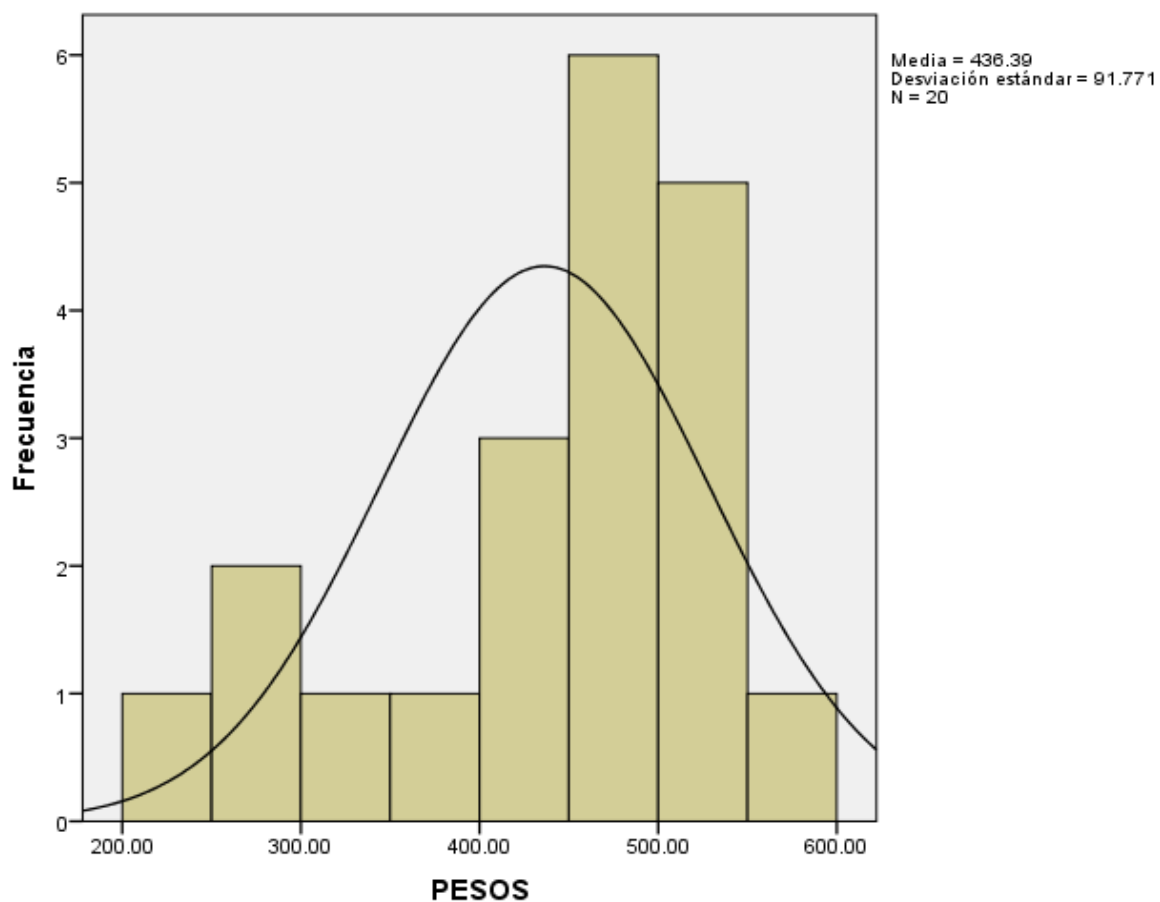
- H_0 : Los datos no se distribuyen normalmente
- H_i : Los datos se distribuyen normalmente.

Análisis:

Como el valor p de la prueba 0.013 es menor al valor α de 5%, el estadístico de prueba cae en la zona de rechazo. Es decir, se acepta la variable H_0 ya que los datos no se distribuyen normalmente.

Gráfico

Gráfico 1. Gráfico correspondiente a la prueba de normalidad para la variable peso.



Fuente: Elaboración propia.

El histograma de barras con curva normal nos muestra una distribución con sesgo izquierdo ligeramente sesgada, pero en una forma con una distribución normal.

- **Prueba de homocedasticidad de varianzas:** Los datos de los tratamientos tienen varianzas iguales u homogéneas.

Unidireccional

Prueba de homogeneidad de varianzas

PESOS

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
.209	3	16	.888

Imagen 4. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable peso.

Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis:

- $H_0: \sigma_{12} = \sigma_{22} = \sigma_{32} = \sigma_{42}$, es decir, los tratamientos tienen iguales sus varianzas
- $H_i: \sigma_{i2} \neq \sigma_{j2}$ para algún i, j

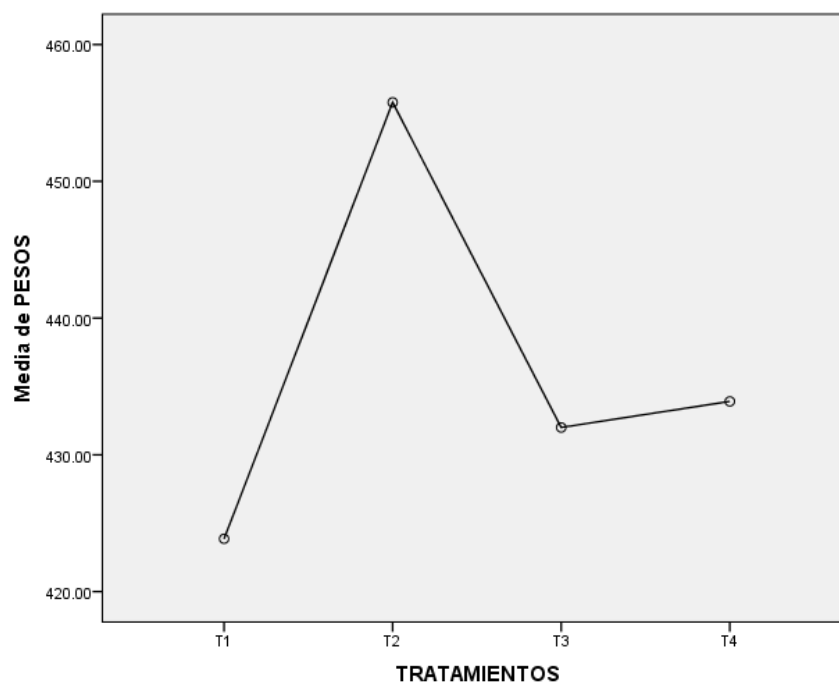
Análisis:

Como el valor p de la prueba del estadístico de Levene es de 0.209 y este es mayor que el 5% cae en la zona de aceptación de hipótesis es decir que se acepta que las varianzas de los tratamientos son iguales.

También con el gráfico de comparación de medias se vuelve a corroborar que el promedio de los tratamientos siendo el de mayor valor el tratamiento 2.

Gráfico 2. Gráfico de medias de la variable peso.

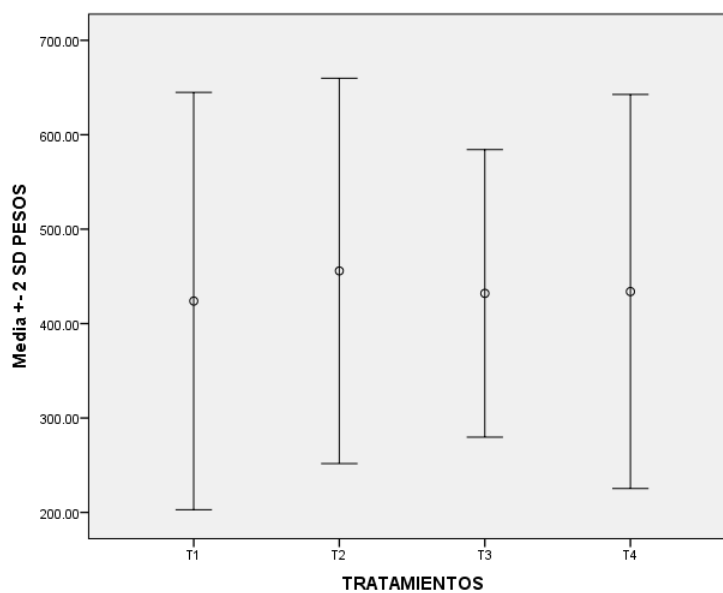
Gráficos de medias



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Gráfico de la variabilidad para la variable peso.

Gráfico



Fuente: Elaboración propia.

Análisis: En la gráfica anterior se pudo observar que en general la variabilidad de los datos es bastante similar siendo el menos variable el tercer tratamiento, es decir, que el tratamiento 3 es que el que obtuvo menos variación en sus datos durante los 5 días evaluados. También se puede observar que el tratamiento/cuajo 3 es el que tuvo la media más baja.

Tabla 21. Valores Inter sujetos de la variable peso.

Factores Inter Sujetos

		Etiqueta de valor	N
TRATAMIENTOS	1.00	T1	5
	2.00	T2	5
	3.00	T3	5
	4.00	T4	5
BLOQUES	1.00	D	4
	2.00	D	4
	3.00	D	4
	4.00	D	4
	5.00	D	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Pruebas de efectos inter sujetos para la variable peso.

Pruebas de efectos Inter sujetos

Variable dependiente: PESOS

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	GL	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	145291.575 ^a	7	20755.939	16.915	.000
Interceptación	3808637.364	1	3808637.364	3103.778	.000
BLOQUES	142501.537	4	35625.384	29.032	.000
TRATAMIENTOS	2790.038	3	930.013	.758	.539
Error	14725.165	12	1227.097		
Total	3968654.105	20			
Total corregido	160016.740	19			

a. R al cuadrado = .908 (R al cuadrado ajustada = .854)

Fuente: Elaboración propia.

Análisis para bloques/días:

Para un f observado de 29.032, su valor p o significancia de la prueba es de 0.00; este valor es el área a la derecha del f observado, como el valor $p < \alpha$ (0.05), indica que cae en zona de rechazo de hipótesis, es decir la igualdad de promedio de los bloques es diferente, en otras palabras las pruebas que se realizaron en los diferentes 5 días evaluados los resultados fueron muy diferentes y esto se debe a la variación que se obtiene al utilizar diferente lote de leche de vaca debido a la variación en pH, °Dornic, porcentaje de grasa que esta tiene, lo cual interfirió significativamente en la efectividad de los cuajos.

Análisis para tratamientos:

Para un valor p o significancia es 0.539, el cual es mayor que el valor α (0.05), por lo tanto, cae en la zona de aceptación de la hipótesis nula de igualdad de promedio de pesos en los tratamientos. Es decir, al nivel de significación de 5% los promedios de los tratamientos no difieren significativamente. Lo que quiere decir es que, no hay una diferencia significativa entre los pesos de todos los tratamientos dado a que todos los datos obtenidos eran muy parecidos, lo que nos indica que todos los cuajos tienen la misma efectividad en cuanto a rendimiento en peso se refiere.

A pesar de que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, se realizaron las pruebas post hoc de los tratamientos para identificar cuál de los tratamientos (cuajos) es el que muestra mejor rendimiento en la variable PESO. Estas pruebas post hoc se realizaron por medio del método de Tukey el cual presenta el siguiente resultado:

Tabla 23. Pruebas post hoc de los tratamientos de la variable peso.**Pruebas post hoc****TRATAMIENTOS****Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: REPETICIONES

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	-31.9100	22.15488	.500	-97.6857	33.8657
	T3	-8.1400	22.15488	.982	-73.9157	57.6357
	T4	-10.0500	22.15488	.968	-75.8257	55.7257
T2	T1	31.9100	22.15488	.500	-33.8657	97.6857
	T3	23.7700	22.15488	.712	-42.0057	89.5457
	T4	21.8600	22.15488	.760	-43.9157	87.6357
T3	T1	8.1400	22.15488	.982	-57.6357	73.9157
	T2	-23.7700	22.15488	.712	-89.5457	42.0057
	T4	-1.9100	22.15488	1.000	-67.6857	63.8657
T4	T1	10.0500	22.15488	.968	-55.7257	75.8257
	T2	-21.8600	22.15488	.760	-87.6357	43.9157
	T3	1.9100	22.15488	1.000	-63.8657	67.6857

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 1227.097.

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 24.** Subconjuntos homogéneos para la variable peso.**PESOS**HSD Tukey^{a,b}

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto
		1
T1	5	423.8600
T3	5	432.0000
T4	5	433.9100
T2	5	455.7700
Sig.		.500

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 1227.097.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

b. Alfa = 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

Lo que se pudo observar en las tablas anteriores es que el único tratamiento/cuajo en el que su diferencia de medias obtenido con datos positivos es el tratamiento 2, lo cual indica que es el tratamiento con el valor más alto en rendimiento en peso obtenido el cual es de 455.77 g en comparación con los otros 3 tratamientos/cuajos.

Hipótesis:

- **H_0 :** $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$
- **H_i :** $\mu_i \neq \mu_j$ para algún ij .

Análisis:

El resultado cae en zona de aceptación por lo tanto H_0 se acepta, es decir al nivel de significación de 5% no hay evidencia estadística que indique que las medias de los tratamientos de los pesos sean diferentes.

3.2.3 Análisis de varianza (ANOVA) con el sistema de procesamiento de datos estadísticos SPSS versión 22 de la variable Tiempo

A continuación, se realizarán los cálculos haciendo uso del software SPSS versión 22 para la variable TIEMPO, para lo cual se hizo necesario crear una base de datos de la cual las dos primeras variables (bloques y tratamientos) son nominales y la variable tiempo es una variable de escala por que representa datos numéricos calculados a través de una medición.

TIEMPO.sav [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	BLOQUES	Númerico	8	2		{1.00, D}...	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
2	TRATAMIENTOS	Númerico	8	2		{1.00, T1}...	Ninguna	11	Derecha	Nominal	Entrada
3	TIEMPO	Númerico	8	2		Ninguna	Ninguna	11	Derecha	Escala	Entrada
4											

Imagen 5. Representación de los bloques y tratamientos con la variable tiempo en sistema SPSS versión 22.

Fuente: Elaboración propia.

TIEMPO.sav [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

	BLOQUES	TRATAMIENTOS	TIEMPO
1	1.00	1.00	27.00
2	2.00	1.00	22.50
3	3.00	1.00	15.50
4	4.00	1.00	12.00
5	5.00	1.00	10.50
6	1.00	2.00	24.50
7	2.00	2.00	21.50
8	3.00	2.00	13.00
9	4.00	2.00	13.50
10	5.00	2.00	10.50
11	1.00	3.00	49.00
12	2.00	3.00	40.00
13	3.00	3.00	43.00
14	4.00	3.00	45.00
15	5.00	3.00	37.00
16	1.00	4.00	20.00
17	2.00	4.00	12.50
18	3.00	4.00	12.50
19	4.00	4.00	13.50
20	5.00	4.00	17.50
21			

Imagen 6. Conjunto de datos promediados para la variable tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Previo a realizar el análisis de varianza (ANOVA) para diseño de bloques aleatorios se recomienda verificar o comprobar que los datos que se tienen cumplan los siguientes supuestos:

- **Prueba de normalidad:** Los datos se distribuyen normalmente. La normalidad de los datos se comprobará en forma analítica y grafica por medio del contraste de Kolmogórov-Smirnov y el histograma de los datos con curva normal.

Pruebas NPar

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		TIEMPO
N		20
Parámetros normales ^{a,b}	Media	23.0250
	Desviación estándar	12.76454
Máximas diferencias extremas	Absoluta	.172
	Positivo	.172
	Negativo	-.163
Estadístico de prueba		.172
Sig. asintótica (bilateral)		.122 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Imagen 7. Prueba de normalidad para la variable tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis

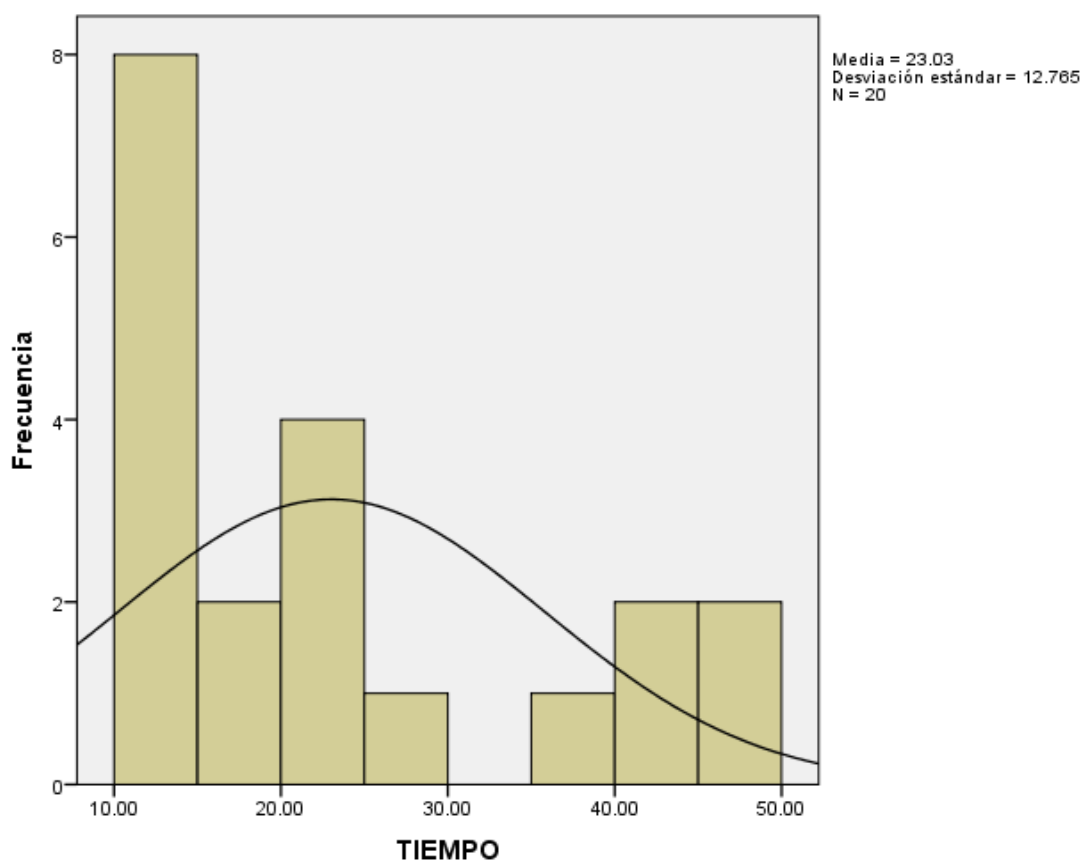
- **H_0 :** Los datos no se distribuyen normalmente
- **H_i :** Los datos se distribuyen normalmente.

Análisis:

Como el valor p de la prueba 0.122 es mayor al valor α de 5%, el estadístico de prueba cae en la zona de aceptación. Es decir, se acepta la variable H_i ya que los datos se distribuyen normalmente.

Gráfico 4. Gráfico correspondiente a la prueba de normalidad para la variable tiempo.

Gráfico



Fuente: Elaboración propia.

El histograma de barras con curva normal nos muestra una distribución con sesgo izquierdo, pero en una forma con una distribución normal.

- **Prueba de homocedasticidad de varianzas:** Los datos de los tratamientos tienen varianzas iguales u homogéneas.

Unidireccional

Prueba de homogeneidad de varianzas

TIEMPO

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
2.019	3	16	.152

Imagen 8. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable tiempo.

Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis:

- **H_0 :** $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$, es decir, los tratamientos tienen iguales sus varianzas.
- **H_i :** $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ para algún i, j .

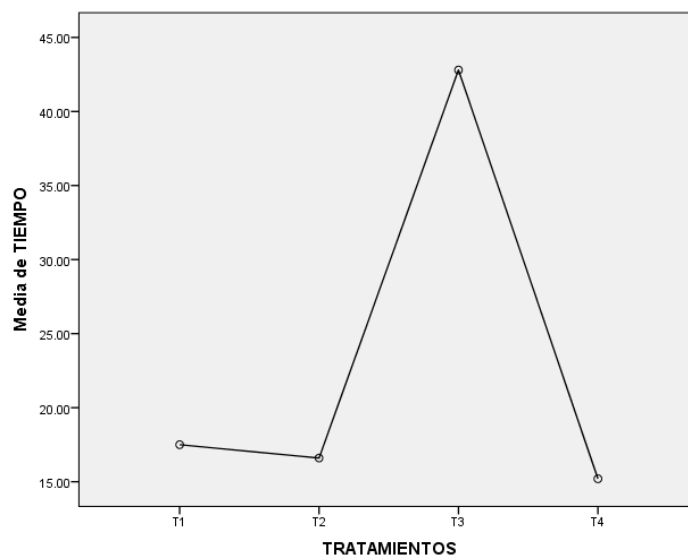
Análisis:

Como el valor p de la prueba del estadístico de Levene es de 2.019 el cual es mayor que el 5% de α , cae en la zona de aceptación de hipótesis H_0 , es decir, que se acepta que las varianzas de los tratamientos son iguales.

Se obtiene también el gráfico de comparación de medias donde se puede corroborar que el tratamiento que tiene el mayor promedio es el tratamiento 3.

Gráfico 5. Gráfico de las medias de la variable tiempo.

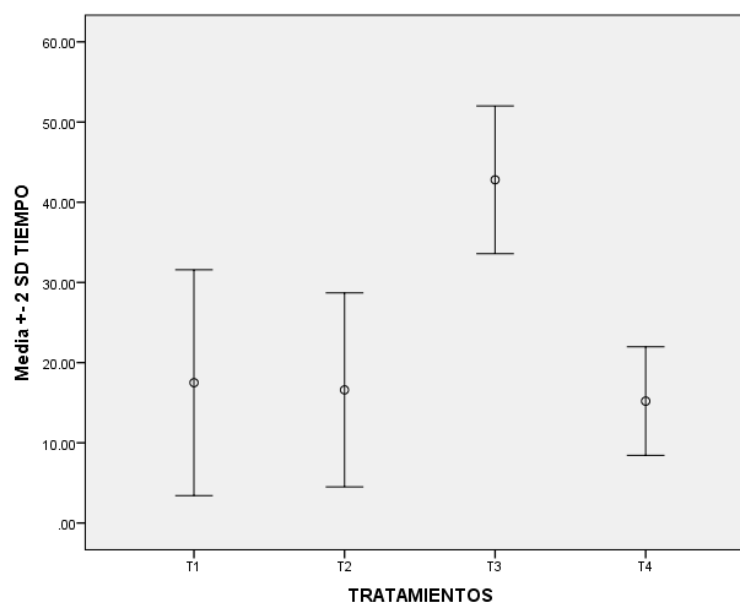
Gráficos de medias



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Gráfico de la variabilidad de las medias para la variable tiempo.

Gráfico



Fuente: Elaboración propia.

Análisis:

En las gráficas anteriores se pudo observar que el tratamiento 4 es el que tiene menos variabilidad en sus datos, lo que nos indica que en los diferentes días evaluados la diferencia entre los tiempos que se obtuvo fue casi la misma por lo tanto no se ve diferencia en los datos obtenidos.

Tabla 25. Valores Inter sujetos de la variable tiempo.

Factores Inter sujetos

		Etiqueta de valor	N
TRATAMIENTOS	1.00	T1	5
	2.00	T2	5
	3.00	T3	5
	4.00	T4	5
BLOQUES	1.00	D	4
	2.00	D	4
	3.00	D	4
	4.00	D	4
	5.00	D	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Pruebas de efectos de inter sujetos para la variable tiempo.

Pruebas de efectos Inter sujetos

Variable dependiente: TIEMPO

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	GL	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	13531.625 ^a	8	1691.453	121.451	.000
TRATAMIENTOS	2620.437	3	873.479	62.718	.000
BLOQUES	308.175	4	77.044	5.532	.009
Error	167.125	12	13.927		
Total	13698.750	20			

a. R al cuadrado = .988 (R al cuadrado ajustada = .980)

Fuente: Elaboración propia.

Análisis para bloques:

Para un f observado de 5.532, su valor p o significancia de la prueba es de 0.09; este valor es el área a la derecha del f observado, como el valor $p < \alpha$ (0.05), indica que cae en zona de rechazo de hipótesis, es decir que la igualdad de promedio de los bloques es diferente, en otras palabras lo que se quiere decir es que la leche utilizada en los diferentes días si influyó en el tiempo que se tardaron los diferentes cuajos en coagular la leche por lo tanto si hay diferencias significativas entre un día y otro.

Análisis para tratamientos:

Para un valor p o significancia es 0.000 para un f observado de 62.718, el cual es menor que el valor α (0.05), por lo tanto, este cae en la zona de rechazo de la hipótesis nula de igualdad de promedio de pesos en los tratamientos. Es decir, que al nivel de significación de 5% los promedios de los diferentes tratamientos difieren significativamente entre ellos, es decir, que para la variable tiempo si se puede observar que existe diferencia significativa al utilizar todos los cuajos, comprobando así que unos son más eficientes en cuanto a tiempo ya que se tardan menos en coagular la misma cantidad de leche que otros.

A pesar de que hay diferencia significativa entre los tratamientos, se realizaran las pruebas post hoc de los tratamientos para identificar cuál de los tratamientos (cuajos) es el que muestra mejor tiempo en la variable TIEMPO. Estas pruebas post hoc se realizaron por medio del método de Tukey el cual presenta el siguiente resultado:

Tabla 27. Pruebas post hoc de los tratamientos de la variable tiempo.**Pruebas post hoc****TRATAMIENTOS****Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: REPETICIONES

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	.9000	2.36026	.980	-6.1074	7.9074
	T3	-25.3000*	2.36026	.000	-32.3074	-18.2926
	T4	2.3000	2.36026	.766	-4.7074	9.3074
T2	T1	-.9000	2.36026	.980	-7.9074	6.1074
	T3	-26.2000*	2.36026	.000	-33.2074	-19.1926
	T4	1.4000	2.36026	.932	-5.6074	8.4074
T3	T1	25.3000*	2.36026	.000	18.2926	32.3074
	T2	26.2000*	2.36026	.000	19.1926	33.2074
	T4	27.6000*	2.36026	.000	20.5926	34.6074
T4	T1	-2.3000	2.36026	.766	-9.3074	4.7074
	T2	-1.4000	2.36026	.932	-8.4074	5.6074
	T3	-27.6000*	2.36026	.000	-34.6074	-20.5926

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 13.927.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 28.** Subconjuntos homogéneos para la variable tiempo.**Subconjuntos homogéneos****REPETICIONES**HSD Tukey^{a,b}

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto	
		1	2
T4	5	15.2000	42.8000
T2	5	16.6000	
T1	5	17.5000	
T3	5		
Sig.		.766	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 13.927.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

b. Alfa = 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se puede observar que el tratamiento considerado el menos eficiente en cuanto a tiempo debido a que obtuvo el valor promedio más alto es el tratamiento/cuajo 3 ya que su valor fue de 42.80 minutos esto en comparación con los otros tratamientos siendo el más eficiente o el que menos tiempo le tomo en coagular la leche el tratamiento 4 cuyo valor en promedio fue 15.20 minutos

Hipótesis:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$
- $H_i: \mu_i \neq \mu_j$ para algún ij .

Análisis:

El resultado cae en zona de rechazo por lo tanto la hipótesis H_i se acepta, es decir, que al nivel de significación de 5% hay evidencia estadística la cual indica que las medias de los tratamientos/cuajos 1,2 y 4 de los tiempos no son diferentes caso contrario con el tratamiento/cuajo 3 ya que a diferencia de los otros este si es diferente en los datos obtenidos.

3.2.4 Análisis de varianza (ANOVA) con el sistema de procesamiento de datos estadísticos SPSS versión 22 de la variable Fuerza de cuajo

A continuación, se realizarán los cálculos haciendo uso del software SPSS versión 22 para la variable FUERZA DE CUAJO, para lo cual se hizo necesario crear una base de datos de la cual las dos primeras variables (días y tratamientos) son nominales y la variable tiempo es una variable de escala por que representa datos numéricos calculados a través de una medición.

FUERZA CUAJO.sav [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	BLOQUES	Númerico	8	2		{1.00, D}...	Ninguna	11	Derecha	Nominal	Entrada
2	TRATAMIE...	Númerico	8	2		{1.00, T1}...	Ninguna	11	Derecha	Nominal	Entrada
3	FUERZA	Númerico	8	2		Ninguna	Ninguna	10	Derecha	Escala	Entrada
4											

Imagen 9. Representación de los bloques y tratamientos con la variable fuerza de cuajo en sistema SPSS versión 22.

Fuente: Elaboración propia.

FUERZA CUAJO.sav [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

	BLOQUES	TRATAMIENTOS	FUERZA	va
1	1.00	1.00	9722.22	
2	2.00	1.00	11666.66	
3	3.00	1.00	16935.48	
4	4.00	1.00	21875.00	
5	5.00	1.00	25000.00	
6	1.00	2.00	14285.71	
7	2.00	2.00	16279.07	
8	3.00	2.00	26923.08	
9	4.00	2.00	25925.93	
10	5.00	2.00	33333.33	
11	1.00	3.00	2678.57	
12	2.00	3.00	3281.25	
13	3.00	3.00	3052.33	
14	4.00	3.00	2916.66	
15	5.00	3.00	3547.29	
16	1.00	4.00	6562.50	
17	2.00	4.00	10500.00	
18	3.00	4.00	10500.00	
19	4.00	4.00	9722.22	
20	5.00	4.00	7500.00	
21				

Imagen 10. Conjunto de datos promediados para la variable fuerza de cuajo.

Fuente: Elaboración propia.

Previo a realizar el análisis de varianza (ANOVA) para diseño de bloques aleatorios se recomienda verificar o comprobar que los datos que se tienen cumplan los siguientes supuestos:

- **Prueba de normalidad:** Los datos se distribuyen normalmente. La normalidad de los datos se comprobará en forma analítica y grafica por medio del contraste de Kolmogórov-Smirnov y el histograma de los datos con curva normal.

Pruebas NPar

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		FUERZA
N		20
Parámetros normales ^{a, b}	Media	13110.3649
	Desviación estándar	9242.97172
Máximas diferencias extremas	Absoluta	.162
	Positivo	.162
	Negativo	-.130
Estadístico de prueba		.162
Sig. asintótica (bilateral)		.178 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Imagen 11. Prueba de normalidad para la variable fuerza de cuajo.

Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis:

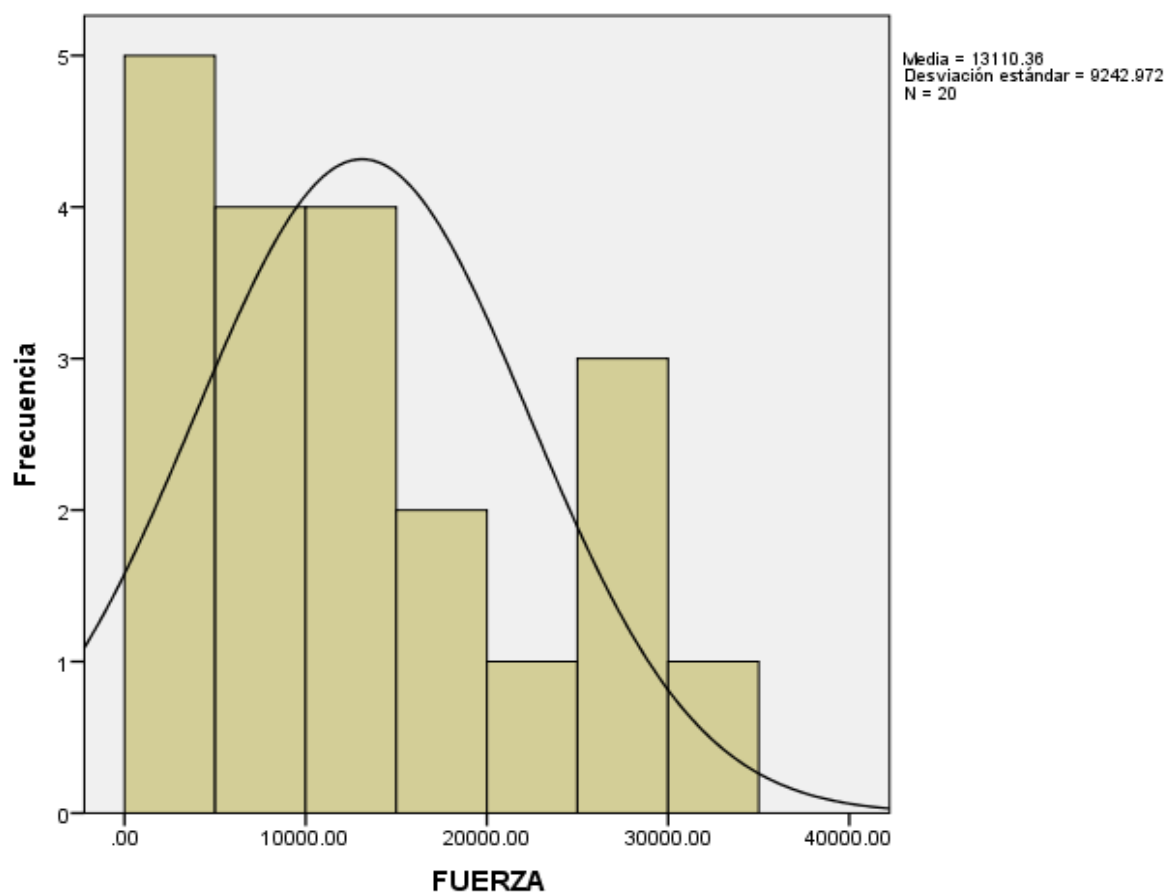
- **H_0 :** Los datos no se distribuyen normalmente
- **H_i :** los datos se distribuyen normalmente.

Análisis:

Como el valor p de la prueba 0.178 es mayor al valor α de 5%, el estadístico de prueba cae en la zona de aceptación.

Gráfico 7. Gráfico correspondiente a la prueba de normalidad para la variable fuerza de cuajo.

Gráfico



Fuente: Elaboración propia.

El histograma de barras anterior con curva normal nos muestra una distribución con sesgo izquierdo, pero en una forma con una distribución normal.

- **Prueba de homocedasticidad de varianzas:** Los datos de los tratamientos tienen varianzas iguales u homogéneas.

Unidireccional

Prueba de homogeneidad de varianzas

FUERZA

Estadístico de Levene	df1	df2	Sig.
8.264	3	16	.002

Imagen 12. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable fuerza de cuajo.

Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis:

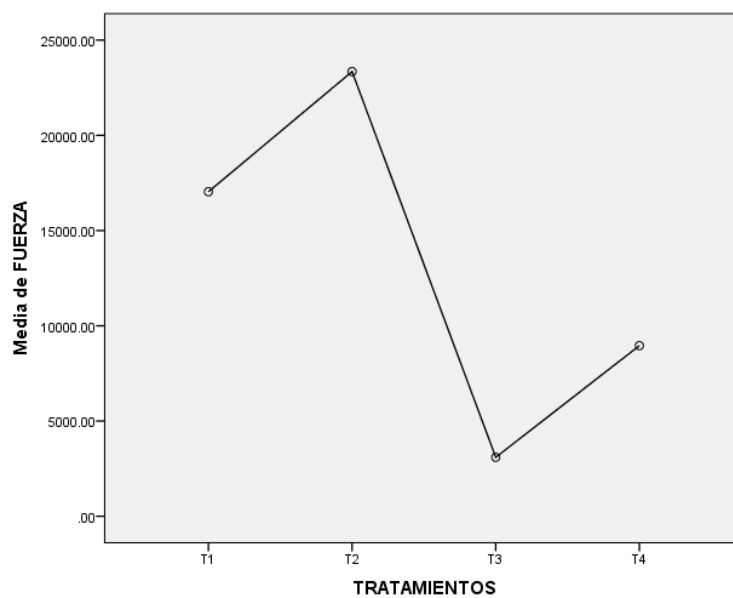
- H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$, es decir los tratamientos tienen iguales sus varianzas
- H_i : $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ para algún i, j

Análisis:

Como el valor p de la prueba del estadístico de Levene es de 8.264 lo que indica que es mayor que el 5% cae en la zona de aceptación de hipótesis H_0 , es decir, que se acepta que las varianzas de los tratamientos son iguales.

Se obtiene también el gráfico de comparación de medias donde se puede corroborar que el tratamiento que tiene el mayor promedio es el tratamiento 4.

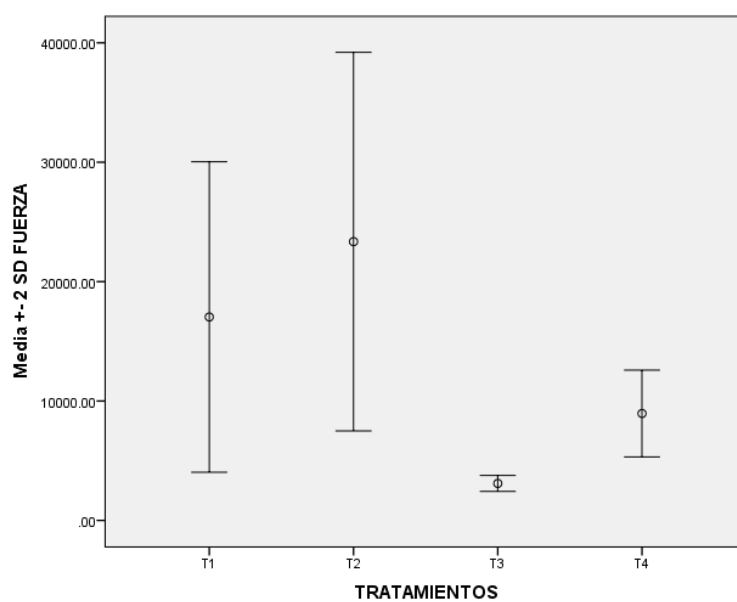
Gráfico 8. Gráfico de las medias de la variable fuerza de cuajo.
Gráficos de medias



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9. Gráfico de la variabilidad de las medias para la variable fuerza de cuajo.

Gráfico



Fuente: Elaboración propia.

Análisis:

En la gráfica anterior se pudo observar que la variabilidad en el tratamiento 3 es la más baja, es decir, que los datos obtenidos en el tratamiento 3 fueron casi lo mismo por lo tanto la fuerza del cuajo del tratamiento/cuajo 3 se mantiene estable al tratar con diferentes tipos de leche en los diferentes días.

Tabla 29. Valores Inter sujetos de la variable fuerza de cuajo.

Factores Inter sujetos

		Etiqueta de valor	N
TRATAMIENTOS	1.00	T1	5
	2.00	T2	5
	3.00	T3	5
	4.00	T4	5
BLOQUES	1.00	D	4
	2.00	D	4
	3.00	D	4
	4.00	D	4
	5.00	D	4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Pruebas de efectos de inter sujetos para la variable fuerza de cuajo.

Pruebas de efectos Inter sujetos

Variable dependiente: FUERZAS

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	GL	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	4841488922.881 ^a	8	605186115.360	33.106	.000
TRATAMIENTOS	1189166974.216	3	396388991.405	21.684	.000
BLOQUES	214688595.064	4	53672148.766	2.936	.066
Error	219362428.401	12	18280202.367		
Total	5060851351.282	20			

a. R al cuadrado = .957 (R al cuadrado ajustada = .928)

Fuente: Elaboración propia.

Análisis para bloques:

Para un valor p o significancia es 0.066, el cual es mayor que el valor α (0.05), por lo tanto, cae en la zona de aceptación de la hipótesis nula de igualdad de promedio de fuerza de cuajo en los tratamientos. Es decir, al nivel de significación de 5% los promedios de los tratamientos no difieren significativamente, lo cual quiere decir que la fuerza de cuajo en cuanto a los tratamientos es casi igual uno de otro.

Análisis para tratamientos:

Para un f observado de 21.684, su valor p o significancia de la prueba es de 0.00; este valor es el área a la derecha del f observado, como el valor $p < \alpha$ (0.05), indica que cae en zona de rechazo de hipótesis, es decir, la igualdad de promedio de los días es diferente, en otras palabras los datos obtenidos de la fuerza de cuajo nos muestran que si son diferentes para todos los días evaluados lo cual indica que en cuanto a eficiencia si hay diferencia siendo el más eficiente en cuanto a cantidad de cuajo utilizado, cantidad de leche a coagular y el tiempo que está se tardó es el tratamiento/cuajo 4.

A pesar de que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, se realizaron las pruebas post hoc de los tratamientos para identificar cuál de los tratamientos (cuajos) es el que muestra mejor rendimiento en la variable FUERZA DE CUAJO. Estas pruebas post hoc se realizaron por medio del método de Tukey el cual presenta el siguiente resultado:

Tabla 31. Pruebas post hoc de los tratamientos de la variable fuerza de cuajo.**Pruebas post hoc****TRATAMIENTOS****Comparaciones múltiples**

Variable dependiente: REPETICIONES

HSD Tukey

(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	-6309.5518	2704.08597	.145	-14337.7157	1718.6121
	T3	13944.6526*	2704.08597	.001	5916.4887	21972.8165
	T4	8082.9276*	2704.08597	.048	54.7637	16111.0915
T2	T1	6309.5518	2704.08597	.145	-1718.6121	14337.7157
	T3	20254.2044*	2704.08597	.000	12226.0405	28282.3683
	T4	14392.4794*	2704.08597	.001	6364.3155	22420.6433
T3	T1	-13944.6526*	2704.08597	.001	-21972.8165	-5916.4887
	T2	-20254.2044*	2704.08597	.000	-28282.3683	-12226.0405
	T4	-5861.7250	2704.08597	.188	-13889.8889	2166.4389
T4	T1	-8082.9276*	2704.08597	.048	-16111.0915	-54.7637
	T2	-14392.4794*	2704.08597	.001	-22420.6433	-6364.3155
	T3	5861.7250	2704.08597	.188	-2166.4389	13889.8889

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 18280202.367.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 32.** Subconjuntos homogéneos para la variable fuerza de cuajo.**Subconjuntos homogéneos****REPETICIONES**HSD Tukey^{a,b}

TRATAMIENTOS	N	Subconjunto	
		1	2
T3	5	3095.2194	17039.8720 23349.4238
T4	5	8956.9444	
T1	5		
T2	5		
Sig.		.188	.145

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 18280202.367.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

b. Alfa = 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

El tratamiento/cuajo que por los datos obtenidos se pudo observar que para la variable fuerza de cuajo tiene el mayor valor es el tratamiento 2 cuyo valor es 1:23,349 en comparación con tratamiento 3 1:3,095; tratamiento 4 1:8,957 y tratamiento 1 1:17,040.

Hipótesis:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$
- $H_i: \mu_i \neq \mu_j$ para algún ij .

Análisis:

El resultado cae en zona de rechazo por lo tanto la hipótesis H_i se acepta, es decir que al nivel de significación de 5% hay evidencia estadística que indica que las medias de los tratamientos de las fuerzas de cuajo son diferentes.

CONCLUSIONES

1. No se tomaron en cuenta factores importantes como son las características fisicoquímicas de la leche como, por ejemplo: Porcentaje de grasa, Acidez, Grados Dornic, entre otros, debido a la pandemia que se vivió por la enfermedad Covid-19, ya que los laboratorios en la universidad se encontraban cerrados y no contábamos con el equipo adecuado para realizar las pruebas.
2. Se pudo concluir que el tratamiento que resultó ser más eficiente en relación peso-tiempo fue el tratamiento 2 porque fue el que obtuvo menos diferencia significativa en tiempos y el mejor rendimiento en peso cuyo valor más alto fue 455.77 gramos.
3. El tiempo que tarda el cuajo en formar coágulo en la leche si afecta en el rendimiento final en peso que se obtiene, ya que entre más se tarda menos peso final se obtiene y el suero es muy turbio lo que indica es que ha quedado caseína suspendida que no fue posible coagular.
4. Se pudo determinar comparando por observación todos los días evaluados que la cantidad de grados Dornic y el porcentaje de grasa presentes en la leche si afectan el rendimiento en peso de producto final que se obtiene, pero también en el tiempo que se tarda en coagular.

5. El tratamiento que presento resultados desfavorables en cuanto a la variable tiempo fue el Tratamiento 3 que correspondió a utilizar 0.80 ml de cuajo, con un tiempo estimado de coagulación de 37 a 49 minutos.
6. El tratamiento que presento los mejores resultados en cuanto a la variable fuerza de cuajo fue el Tratamiento 2 que correspondió a utilizar 0.30 ml de cuajo, con una fuerza de cuajo estimada de 14285.71 (1: 14 000) a 33333.33 (1: 33 000) versus el Tratamiento 3 que correspondió a utilizar 0.80 ml de cuajo, con una fuerza de cuajo estimada de 2678.57 (1: 2 000) a 3547.29 (1: 3 000).
7. Comparando el cuajo líquido del tratamiento 2 que resultó ser el mejor con el cuajo sólido que es el tratamiento 4, se pudo comprobar que no existen diferencias significativas entre ellos, es decir, que de ambos se obtiene un rendimiento parecido y tardan en coagular un tiempo muy similar.
8. Se corroboró que no todas las empresas que venden cuajo se encuentran en el listado que proporciona el Ministerio de Salud de los números de Registro Sanitario, por lo que se vuelve un poco más complicado la obtención del total de vendedores de este tipo de producto.
9. También se puede concluir que la leche no debe ser calentada por mucho tiempo ni a una temperatura alta ya que esto afecta en la capacidad que tiene la leche por medio de la caseína de coagular, convirtiéndola en imposible o casi imposible de coagular.

- 10.** Se pudo comprobar por medio de la viñeta de los cuajos que si contaban con el número de registro vigente y en orden con las condiciones de calidad adecuada, no se pudieron obtener los certificados de análisis y calidad debido a que los establecimientos de venta por el tema de la pandemia no estaban entregando ese tipo de documentación.

RECOMENDACIONES

1. Dentro de las recomendaciones que se tienen es que se debe de monitorear siempre la temperatura de la leche al calentarla para no permitir que exceda los 40°C para que esta sea viable para coagular, tampoco que exceda los 30 minutos en lo caliente.
2. Para que la coagulación se realice de manera más efectiva se debe de colocar el cuajo a una temperatura de máxima de 35°C y mínima de 30°C, ya que si se coloca a una diferente temperatura el cuajo no es capaz de reaccionar y no se produce la coagulación.
3. Utilizar recipientes redondos y amplios ya que de esta manera la leche tiene coagular mejor, se puede cortar de una manera más uniforme la cuajada para permitir así un mejor desuerado y se evita un falso resultado en la variable tiempo.
4. No exceder de la cantidad recomendada de uso del cuajo ya que esto afecta directamente al producto final en este caso la cuajada, y también así se evita el desperdicio innecesario de cuajo.
5. Se recomienda utilizar leche de vaca 100% cruda por que se tiene la certeza de que la leche no ha sido sometida a ningún tratamiento térmico, permitiendo así tener un mejor control de todo el experimento.

6. Se recomienda utilizar el suero o residuo de la cuajada para elaborar subproductos y así poder evitar la contaminación ambiental, algunos de los subproductos que se pueden realizar es el requesón o bebidas a base de suero.
7. También recomendamos a las empresas evaluar proyectos como la fabricación de proteínas para bebidas proteicas o barras alimentarias proteicas extrayendo la proteína del suero de la leche que se obtiene al elaborar cuajada para quesos frescos.
8. Se recomienda también a los distribuidores de cuajos en El Salvador evaluar el producir su propio cuajo para incentivar así la producción local y mejorar la calidad ya que se pudo determinar es que el cuajo con menos rendimiento es el salvadoreño.
9. Se invita a todos los queseros artesanales a cumplir siempre con las BPM (Buenas Prácticas de Manufactura) que se citan anteriormente y que se pueden encontrar en el sitio web del MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador).
10. Se le recomienda a la industria láctea de El Salvador a cumplir las normativas propuestas por el MARN (Ministerio de Medio Ambiente de El Salvador) para contribuir de manera activa a disminuir la contaminación ambiental y elaborar productos más amigables con este.

CAPÍTULO IV: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUDELO GÓMEZ, Divier A;y BEDOYA MEJÍA, Oswaldo. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. En: *Revista Lasallista de Investigación*. [En línea] Vol. 2. No.1. pp. 38- 42. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2020]. ISBN: 1794-4449. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/695/69520107.pdf>

AMENU, B; DEETH, H.C. 2007. The impact of milk composition on cheddar cheese manufacture. En: *Australian Journal of Dairy Technology*. [En línea] Vol. 62, No. 3. pp. 171-178. [Fecha de consulta: 16 de marzo de 2020] Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/43478271_The_impact_of_milk_composition_on_cheddar_cheese_manufactureq

BADUI DERGAL, Salvador. 2006. Química de alimentos. En: *Pearson Educación*. [En línea] 4^{ta} edición. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2020]. ISBN: 970-26-0670-5. Disponible en:

https://www.academia.edu/35155876/Badui_2006_Quimica_de_alimentos

COMEX; MEIC; MAG. 2013 Guía de interpretación de RTCA 67.04.65:12 Uso de términos lecheros. [En línea] [Fecha de consulta: 15 de Julio de 2020]. Disponible en:

<http://proleche.com/wp-content/uploads/2018/01/Gu%C3%ADa-de-Interpretaci%C3%B3n-RTCA-Uso-de-T%C3%A9rminos-Lecheros.pdf>

DUBACH, José. 1988. El "ABC" para la quesería rural de los Andes. En: *Proyecto queserías rurales del Ecuador convenio mag-cotesu*. [En línea] 2^a ed. [Fecha de consulta: 16 de marzo de

2020]. Disponible en: <https://pdfslide.net/documents/el-abc-para-la-queseria-rural-de-los-andes.html>

DUMAIS, R; BLAIS, J. A and CONRAD, F. 1991. Queso. En: *Ciencia y tecnología de la leche. Principios y aplicaciones*, Editorial Acribia. [Fecha de consulta: 08 de marzo de 2020]. ISBN: 9788420007137.

FORMACIÓN INTEF. Leche entera. En: *España*. [En línea]. [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2020]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/leche%20entera_tcm30-102669.pdf

FOX, Patrick F; GUINEE, Timothy P; COGAN, Timothy M y MCSWEENEY, Paul L.H. 2017. Fundamentals of Cheese Science. En: *Springer New York*. [En línea] 2^{da} edición. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2020]. ISBN: 978-1-4899-7679-6. Disponible en: <https://books.google.com.sv/books?id=vCLkDAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

INCAP. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica. Menchú, MT; Méndez, H. 2007. En: *Serviprensa S.A.* [En línea] 2da edición.. [Fecha de consulta: 20 de marzo de 2020] I.S.B.N: 99922-880-2-7. Disponible en: <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAAlimentos.pdf>

LUCERO CÁCERES, José Ignacio. 2017. Definición, composición, estructura y propiedades de la leche. En: *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*. [En línea] [Fecha de consulta: 26 de marzo 2020]. Disponible en: <https://silo.tips/download/definicion-composicion-estructura-y-propiedades-de-la-leche>

MENZ NEIRA, María Beatriz. 2002. Estudio del Rendimiento Quesero Teórico a través de Ecuaciones Predictivas y su Correlación con el Rendimiento Práctico, en Queso Chanco Industrial. En: *Universidad Austral de Chile*. [En Línea] [Tesis de ingeniería en alimentos]. p. 1 [Fecha de consulta: 26 de marzo 2020]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/fam551e/doc/fam551e.pdf>

MINISTERIO DE SALUD DE EL SALVADOR. Listado del número de registro sanitarios: cuajos. En: *El Salvador*. [En línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2020] Disponible en: https://sisam.salud.gob.sv/admin/centeot/registrosanitario/alimproductolist/list?filter%5Bnombre%5D%5Btype%5D=&filter%5Bnombre%5D%5Bvalue%5D=cuajo&filter%5BnumRegistroSanitario%5D%5Btype%5D=&filter%5BnumRegistroSanitario%5D%5Bvalue%5D=&filter%5Bempresas_idAlimEmpresaPersonaAux%5D%5Btype%5D=&filter%5Bempresas_idAlimEmpresaPersonaAux%5D%5Bvalue%5D=&filter%5BidCtlPais%5D%5Btype%5D=&filter%5BidCtlPais%5D%5Bvalue%5D=&filter%5B_page%5D=1&filter%5B_sort_by%5D=tipoProducto&filter%5B_sort_order%5D=ASC&filter%5B_per_page%5D=25

MINISTERIO DE SALUD ESPAÑOL. *Leche entera*. [En línea] España. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2020]. Disponible en:

https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/leche%20entera_tcm30-102669.pdf

NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA (67.01.04:06). 2008. Productos lácteos. Quesos no madurados. *Especificaciones*. [En línea]. [Fecha de consulta: 28 marzo 2020]. Disponible en:

<https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/LACTEOS/NSO67.01.04.06%20QUESOS%20NO%20MADUROS.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Sin fecha. *Composición de leche*. [En línea] [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/composicion-de-la-leche/es/>

POTTER, Norman, HOTCHKISS, Joseph. 1995. Ciencia de los alimentos. En: *Editorial Acribia*, S.A. [En línea] 5^a. ed. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2020]. ISBN: 84-200-0891-5.

Disponible en: <https://doku.pub/documents/ciencia-de-los-alimentos-norman-potter-j0v6vvoyrxqx>

RAMÍREZ LÓPEZ, C; VÉLEZ RUÍZ, J. 2012. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. En: *Universidad de las Américas Puebla*. [En línea] pp.132, 133, 135. [Fecha de consulta: 28 de marzo de 2020] Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carolina_Ramirez_Lopez/publication/303959697_Quesos_frescos_propiedades_metodos_de_determinacion_y_factores_que_afectan_su_calidad/links/57601b6208ae227f4a3ee94e/Quesos-frescos-propiedades-metodos-de-determinacion-y-factores-que-afectan-su-calidad.pdf

REGLAMENTO TECNICO CENTROAMERICANO, RTCA 67.01.33:06. 2003. *Industria de alimentos y bebidas procesados. Buenas prácticas de manufactura. Principios generales*. [En línea]. [Fecha de consulta: 26 de marzo 2020]. Disponible en: http://www.puntofocal.gov.ar/notific_otros_miembros/hnd29_t.pdf.

REGLAMENTO TECNICO CENTROAMERICANO, RTCA. 67.04.65:12. 2013. *Uso de términos lecheros*. [En línea]. [Fecha de consulta: 12 de marzo 2020]. Disponible en: <http://proleche.com/wp-content/uploads/2018/01/Gu%C3%ADa-de-Interpretaci%C3%B3n-RTCA-Uso-de-T%C3%A9rminos-Lecheros.pdf>

ROJAS RUIZ, José. 2005. Extracción y Caracterización de Proteasas de Especies Vegetales Nativas y su Potencial Utilización en Quesería. En: *Universidad Austral de Chile*. [En línea] [Tesis de Licenciatura en Ciencia de Alimentos]. [Fecha de consulta: 26 de marzo de 2020]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/far934e/doc/far934e.pdf>

TAUCHER, Erica. 1997. Bioestadística. En: *Editorial Universitaria S.A.* [En línea]. 2^{da} edición. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020]. ISBN: 956-11-1310-4. Disponible en:

https://books.google.com.sv/books?id=IoMan8LibZgC&printsec=frontcover&hl=es&source=books_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD). Definición, composición, estructura y propiedades de la leche. En: *Colombia*. [En línea]. [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2020] Disponible en:

https://www.academia.edu/40904952/LECTURA_Revision_de_Presaberes

VERDALET GUZMÁN, Iñigo. 1989. Las aptitudes queseras de la leche. En: *Universidad Veracruzana*. [En línea] [Fecha de consulta: 20 de febrero de 2020]. Disponible en:

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/5055/19894P97.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

WALSTRA, Pieter, WOUTERS, Jan T. M., GEURTS, Tom J. *Dairy Science and Technology*. [En línea] 2^a. ed. Florida, Estados Unidos. En: Florida: Taylor & Francis Group. 2006. [Fecha de consulta: 28 marzo 2020]. ISBN: 10: 0-8247-2763-0. Disponible en:

<https://biot409.files.wordpress.com/2014/02/16-dairy-science-and-technology.pdf>

GLOSARIO

1. **Centipoise:** es la unidad de viscosidad dinámica del Sistema Cegesimal de Unidades: 1 poise (P) $\equiv 1 \text{ g} \cdot (\text{s} \cdot \text{cm})^{-1} \equiv 1 \text{ dina} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2} \equiv 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$. Equivale a una fuerza de 1 dina por 1 cm^2 , generada por una diferencia de velocidad de 1 cm por segundo, en un espacio de 1 cm.
2. **Estandarización:** el proceso de estandarización se realiza con el objetivo de regular el contenido graso de la leche a un valor deseado, para la elaboración de los diversos derivados lácteos.
3. **Grados Dornic (°D):** es una forma de expresar el grado de acidez de la leche midiendo la acidez titulable.
4. **Homogenización:** la homogeneización de la leche consiste en hacer los glóbulos de grasa más pequeños para que la mezcla de los nutrientes de la leche sea más estable.
5. **Índice crioscópico:** o punto de congelación corresponde a la temperatura de congelamiento de la leche. Es utilizado en la industria láctea como un indicador para el control de calidad de la leche. Esta propiedad es de utilidad para detectar adulteraciones en la leche, por ejemplo, agua que no sea apreciable a simple vista.
6. **Proteínas séricas:** son proteínas solubles en agua; las más importantes son la lactoalbúmina y la lactoglobulina.
7. **Viscoelasticidad:** es un tipo de comportamiento reológico inelástico que presentan ciertos materiales que exhiben tanto propiedades viscosas como propiedades elásticas cuando se deforman.

ANEXOS

Fotos generales



Imagen 13. Montaje del experimento.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 14. Imagen del tratamiento 1.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 15. Imagen del tratamiento 2.
Fuente: Elaboración propia.

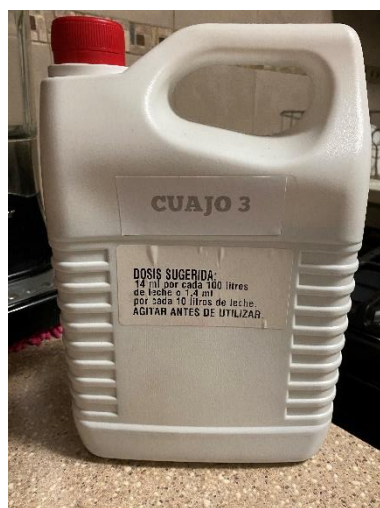


Imagen 1614. Imagen del tratamiento 3.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 1714. Imagen del tratamiento 4.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 18. Aplicación de tratamiento.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 19. Aplicación de tratamiento.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 20. Temperatura estándar.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 21. Corte de cuajada en bloques.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 22. Leche coagulada.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 23. Corte manual de cuajada.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 24. Cuajada en proceso de desuerado.

Fuente: Elaboración propia.

Día 1 de pruebas

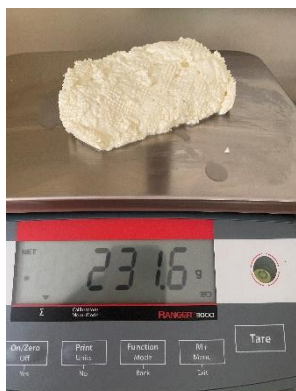


Imagen 25. Tratamiento 1 peso 1.

Fuente: Elaboración propia.

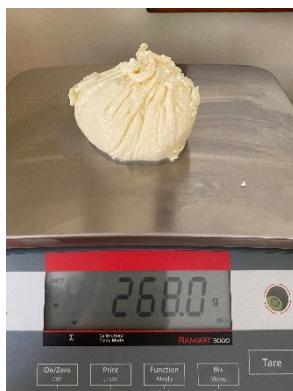


Imagen 26. Tratamiento 2 peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 27. Tratamiento 3 peso 1.

Fuente: Elaboración propia.

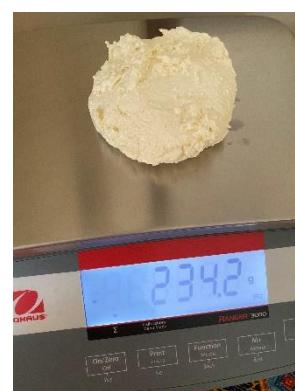


Imagen 28. Tratamiento 4 peso 1.

Fuente: Elaboración propia.

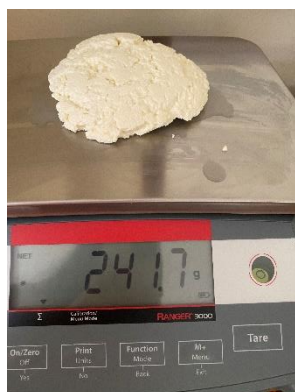


Imagen 29. Tratamiento 1
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 30. Tratamiento 2
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

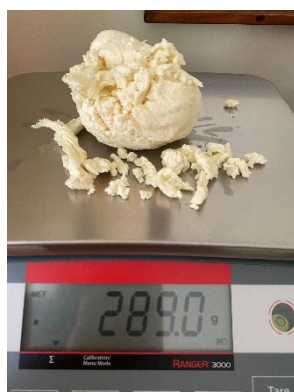


Imagen 31. Tratamiento 3
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 32. Tratamiento 4
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

Día 2 de pruebas



Imagen 33. Tratamiento 1
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 34. Tratamiento 2
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.

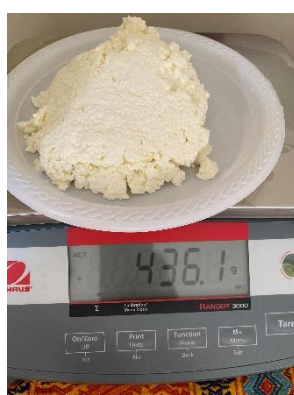


Imagen 35. Tratamiento 3
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 36. Tratamiento 4
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 37. Tratamiento 1
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

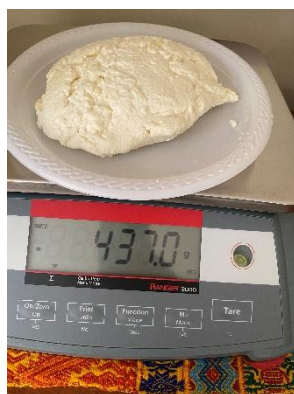


Imagen 38. Tratamiento 2
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

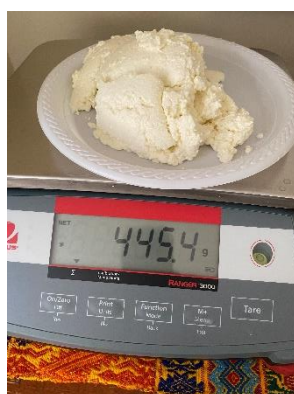


Imagen 39. Tratamiento 3
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 40. Tratamiento 4
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

Día 3 de pruebas



Imagen 41. Tratamiento 1
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 42. Tratamiento 2
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.

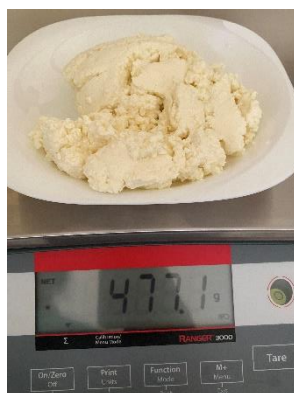


Imagen 43. Tratamiento 3
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.

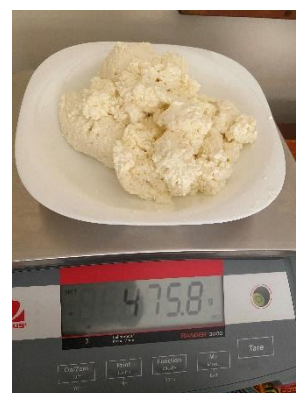


Imagen 44. Tratamiento 4
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.

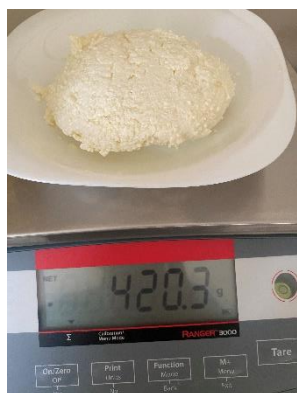


Imagen 45. Tratamiento 1
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 46. Tratamiento 2
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 47. Tratamiento 3
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 48. Tratamiento 4
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

Día 4 de pruebas

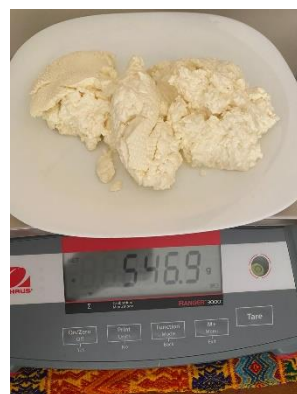


Imagen 49. Tratamiento 1
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 50. Tratamiento 2
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 51. Tratamiento 3
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 52. Tratamiento 4
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 53. Tratamiento 1
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 54. Tratamiento 2
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

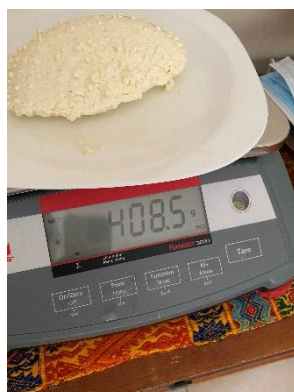


Imagen 55. Tratamiento 3
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 56. Tratamiento 4
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

Día 5 de pruebas



Imagen 57. Tratamiento 1
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 58. Tratamiento 2
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.

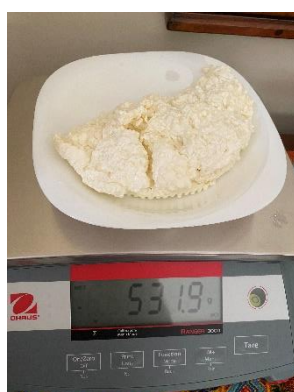


Imagen 59. Tratamiento 3
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 60. Tratamiento 4
peso 1.

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 61. Tratamiento 1
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

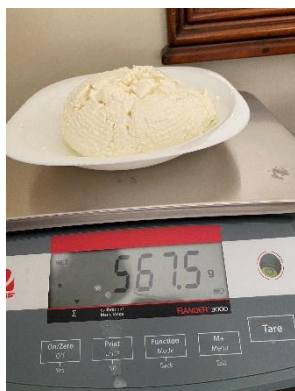


Imagen 62. Tratamiento 2
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

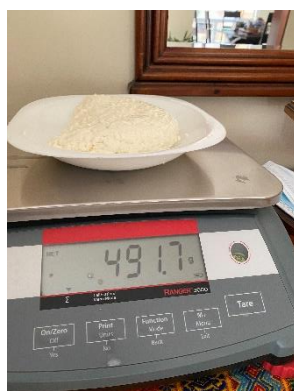


Imagen 63. Tratamiento 3
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.

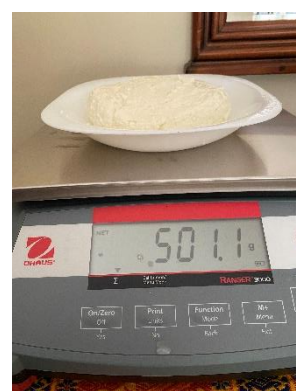


Imagen 64. Tratamiento 4
peso 2.

Fuente: Elaboración propia.