IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS EN DIFERENTES TIPOS DE QUESO EN LA LÍNEA DE DERIVADOS LÁCTEOS DE LA INDUSTRIA COLOMBIANA DE ALIMENTOS, INDUCOLSA S.A.

CLAUDIA LORENA GÓMEZ FERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

POPAYÁN

2009

IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS EN DIFERENTES TIPOS DE QUESO EN LA LÍNEA DE DERIVADOS LÁCTEOS DE LA INDUSTRIA COLOMBIANA DE ALIMENTOS, INDUCOLSA S.A.

CLAUDIA LORENA GÓMEZ FERNÁNDEZ

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Químico

Director

Dra. MAITE DEL PILAR RADA

Asesor

YAQUELINE GÓMEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

POPAYÁN

2009

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____

Director: Ph. D. Maite del Pilar Mendoza

_____

Mg. Jose Fernando Grass

_____

Ph.D Olga Lucia Hoyos

A Dios infinitas gracias por brindarme la fortaleza y sabiduría necesaria para cumplir este logro, a mis padres y hermanos por su apoyo y confianza, a mis amigos por creer en mí, a mis profesores por las enseñanzas y a todas las personas que han contribuido en mi formación profesional y personal.

Claudia Lorena Gómez Fernández

“Lo importante no es ser el sol, sino una simple luz que brille donde la coloquen” Anónimo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la familia maravillosa que me ha dado y por permitirme despertar cada día.

A mis padres por haberme regalado el don de la vida, por haber hecho de mí la persona que soy, por su infinita paciencia, amor, respeto y apoyo.

A mis hermanos por apoyarme, soportarme y brindarme su amistad y cariño.

A Henry F.M.D. por su cariño, comprensión, apoyo y paciencia.

A mi familia por su apoyo, incondicionalidad y unión.

A mi jefe Nasly Paz por la colaboración y confianza depositada en mí.

A mis amigas Sandra R, Mari, Monik, Sofía, Lady y Dora por el apoyo, los consejos y momentos compartidos.

A mis profesores por haber compartido sus conocimientos y haber contribuido a mi formación profesional.

A mis jurados por el tiempo dedicado y observaciones realizadas.

A Diego Castro por su asesoría en la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN

RESUMEN

1. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES **1**

1.1 LECHE **1**

1.1.1 Lípidos **3**

1.1.2 Proteínas **4**

1.1.3 Sales **6**

1.1.4 Enzimas **6**

1.1.5 Vitaminas **7**

1.1.6 Lactosa **7**

1.2 DERIVADOS LÁCTEOS **8**

1.2.1 Mantequilla ó manteca **8**

1.2.2 Yogurt **8**

1.2.3 Crema de leche **8**

1.2.4 Queso **9**

1.2.4.1 El Queso **9**

1.3 ASPECTOS NUTRICIONALES DEL QUESO **10**

1.4 OTRAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO **14**

1.4.1 Grasa láctea **14**

1.4.2 Cloruro de calcio **14**

1.4.3 Nitratos **15**

1.4.4 Colorantes **15**

1.4.5 Sal **16**

1.4.6 Cultivo láctico **16**
1.4.7 Enzimas coagulantes **16**
1.5 PRINCIPIOS TECNOLÓGICOS EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS **17**
1.5.1 Pretratamiento De La Leche **17**
1.5.1.1 Filtración, clarificación **17**
1.5.1.2 Enfriamiento, almacenamiento **18**
1.5.1.3 Estandarización **19**
1.5.1.4 Tratamiento térmico **20**
1.5.2 Proceso De Elaboración De Queso **21**
1.5.2.1 Adición del Cuajo **21**
1.5.2.2 Coagulación enzimática **22**
1.5.2.3 Corte de la cuajada **23**
1.5.2.4 Reposo **24**
1.5.2.5 Agitación y calentamiento del cuajo ó cocción **24**
1.5.2.6 Extracción del suero **24**
1.5.2.7 Salazón **25**
1.5.2.8 Moldeo **25**
1.5.2.9 Prensado **25**
1.6 CLASIFICACIÓN DE LOS QUESOS **27**
1.7 CONTROL DE CALIDAD DE LOS QUESOS **28**
1.7.1 Determinación del contenido de humedad **28**
1.7.2 Determinación del porcentaje de Proteína **29**
1.7.3 Determinación del porcentaje de grasa método Gerber **29**
1.7.4 Determinación del porcentaje de ácido láctico **29**
1.7.5 Determinación de pH **30**
1.8 ESTANDARIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS **30**
1.8.1 Análisis numérico **30**
1.8.1.1 Repetibilidad (de mediciones r) **30**
1.8.1.2 Reproducibilidad (de mediciones R) **31**

1.8.1.3 Combinación de r&R 31
1.8.2 Rango (R) 32
1.8.3 Promedio ($\bar{X}$) 32
1.8.4 Análisis estadístico por medio del análisis de varianza, ANOVA. 32
2. METODOLOGÍA
2.1 MUESTRAS DE ESTUDIO 35
2.2 MUESTREO 35
2.3 EQUIPOS Y REACTIVOS 35
2.3.1 Equipos 35
2.3.2 Material de vidrio y plástico 35
2.3.3 Reactivos 36
2.4 TRATAMIENTO DE MUESTRAS DE QUESOS CAMPESINO Y DOBLE CREMA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS. 36
2.4.1 Limpieza del material 37
2.4.2 Tratamiento de las muestras 37
2.4.3 Almacenamiento y preservación de las muestras 37
2.5 IMPLEMENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS 37
2.5.1 Repetibilidad (r) 37
2.5.2 Reproducibilidad (R) 38
2.5.3 Combinación de r&R 38
2.6 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS 38
2.6.1 Humedad 38
2.6.2 Nitrógeno total 38
2.6.3 Grasa 39
2.6.4 Acidez 40
2.6.5 pH 40
2.7 CONTROL DEL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN. PRUEBA DE LA FOSFATASA ALCALINA 41

2.8 CONTROL DE PROCESO 41
2.8.1 Rango (R) 42
2.8.2 Promedio ($\bar{X}$) 42
2.8.3 Análisis de varianza, ANOVA 42
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS 42
3.1 IMPLEMENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS
3.1.1 ANÁLISIS NUMÉRICO QUESO CAMPESINO 43
3.1.1.1 Contenido de agua 43
3.1.1.2 Contenido de proteína 43
3.1.1.3 Contenido de grasa 43
3.1.1.4 Acidez 46
3.1.1.5 pH 48
3.1.2 ANÁLISIS NUMÉRICO QUESO DOBLECREMA 50
3.1.2.1 Contenido de agua 51
3.1.2.2 Contenido de proteína 53
3.1.2.3 Contenido de grasa 53
3.1.2.4 Acidez 55
3.1.2.5 pH 57
3.2 PRUEBA DE FOSFATASA ALCALINA. 58
3.3 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS 60
3.4 CONTROL DE PROCESO 61
3.4.1 Queso Campesino. Gráficos de control de rangos 62
3.4.2 Gráficos de control de promedios 65
3.4.3 Queso doblecrema. Gráficos de control para el rango 65
3.4.4 Gráficos de control de promedios queso doblecrema 71
3.5 Análisis de varianza (ANOVA) 77
3.5.1 Contenido De Humedad Queso Campesino 82
3.5.1.1 Prueba de hipótesis 87
3.5.1.2 Comparación entre medias 87

3.5.2 Contenido De Proteína Queso Campesino **88**
3.5.2.1 Prueba de hipótesis **89**
3.5.2.2 Comparación de medias **90**
3.5.3 Contenido De Grasa **90**
3.5.3.1 Prueba de hipótesis **91**
3.5.3.2 Comparación entre medias **92**
3.5.4 Acidez Queso Campesino **92**
3.5.4.1 Prueba de hipótesis **93**
3.5.5 pH queso campesino **94**
3.5.5.1 Prueba de hipótesis **94**
3.5.6 Contenido De Humedad Queso Doblecrema **95**
3.5.6.1 Prueba de hipótesis **95**
3.5.6.2 Comparación entre medias **96**
3.5.7 Contenido De Proteína Queso Doblecrema **96**
3.5.7.1 Prueba de hipótesis **97**
3.5.7.2 Comparación entre medias **98**
3.5.8 Contenido De Grasa Queso Doblecrema **98**
3.5.8.1 Prueba de hipótesis **99**
3.5.9 Acidez queso doblecrema **100**
3.5.9.1 Prueba de hipótesis **100**
3.5.9.2 Comparación entre medias **101**
3.5.10 pH queso doblecrema **101**
3.5.10.1 Prueba de hipótesis **102**
3.7 CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES QUESO CAMPESINO **103**
3.8 CORRELACIÓN DE VARIABLES QUESO DOBLECREMA **103**
4. CONCLUSIONES **104**
5. RECOMENDACIONES **106**
6. BIBLIOGRAFIA **108**
7. ANEXOS **109**

111

115

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Composición por cada 100g de leche entera 2
Tabla 2. Componentes principales de la leche para elaboración de quesos 3
Tabla 3. Características principales de las caseínas 5
Tabla 4. Aminoácidos esenciales presentes en 100g de leche y 100 g de caseína 11
Tabla 5. Comparación de las cantidades de nutrientes presentes en diferentes tipos de alimentos 13
Tabla 6. Clasificación del queso según el contenido de agua 27
Tabla 7. Clasificación del queso según el contenido de grasa 27
Tabla 8. Análisis numérico de la humedad para el queso campesino 44
Tabla 9. Análisis numérico de la Proteína para el queso campesino 47
Tabla 10. Análisis numérico de Grasa para el queso campesino 49
Tabla 11. Análisis numérico de Ácido láctico para el queso campesino 50
Tabla 12. Análisis numérico de pH para el queso campesino 52
Tabla 13. Análisis numérico de humedad para el queso doblecrema 53
Tabla 14. Análisis numérico de la Proteína para el queso doblecrema 56
Tabla 15. Análisis numérico de Grasa para el queso doblecrema 57
Tabla 16. Análisis numérico de Ácido láctico para el queso doblecrema 59
Tabla 17. Análisis numérico de pH para el queso doblecrema 60
Tabla 18.Datos de la prueba de fosfatasa alcalina para los quesos campesinos y doble crema. 62
Tabla 19. Parámetros fisicoquímicos obtenidos para el queso campesino y doblecrema 63
Tabla 20. Comparativo quesos campesino y doble crema. 65
Tabla 21. Datos gráfica de control de rangos queso campesino 66
Tabla 22. Datos gráfica de control de promedios queso campesino 72

Tabla 23. Datos gráfica de control de rangos queso doble crema 77
Tabla 24. Datos gráfica de control de promedios queso doble crema 82
Tabla 25. ANOVA 1 contenido de humedad queso campesino 88
Tabla 26. ANOVA 2 contenido de proteína queso campesino 90
Tabla 27. ANOVA 3 contenido de grasa queso campesino 92
Tabla 28. ANOVA 4 contenido de acidez queso campesino 94
Tabla 29. ANOVA 5 pH queso campesino 95
Tabla 30. ANOVA 6 contenido de humedad queso doble crema 96
Tabla 31. ANOVA 7 contenido de proteína queso doble crema 98
Tabla 32. ANOVA 8 contenido de grasa queso doble crema 100
Tabla 33. ANOVA 9 contenido de acidez queso doble crema 101
Tabla 34. ANOVA 10 pH queso doble crema 103
Tabla 35.Correlaciones de las variables fisicoquímicas para el queso campesino 104
Tabla 36.Correlaciones de las variables fisicoquímicas para el queso doble crema 106

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Estructura de la glucosa, galactosa y lactosa 8
Figura 2. Reacción de conversión de la lactosa en ácido láctico (17) 12
Figura 3. Estructura de la micela de caseína 22
Figura 4. Juego de liras para el corte de la cuajada 23
Figura 5. Flujogramas para la elaboración de queso a) campesino y b) doblecrema 26
Figura 5. Muestra digestada para análisis de proteína 40
Figura 6. Gráfico de control de rangos contenido de humedad queso campesino 67
Figura 7. Gráfico de control de rangos contenido de proteína queso campesino 68
Figura 8. Gráfico de control de rangos contenido de grasa queso campesino 69
Figura 9. Gráfico de control de rangos contenido de ácido láctico queso campesino 70
Figura 10. Gráfico de control de rangos pH queso campesino 71
Figura 11. Gráfico de control de promedios contenido de Humedad queso campesino 73
Figura 12. Gráfico de control de promedios contenido de Proteína queso campesino 74
Figura 13. Gráfico de control de promedios contenido de Grasa queso campesino 75
Figura 14. Gráfico de control de promedios contenido de Ácido láctico queso campesino 76
Figura 15. Gráfico de control de promedios pH queso campesino 76
Figura 16. Gráfico de control de rangos contenido de Humedad queso doble crema 78

Figura 17. Gráfico de control de rangos contenido de Proteína queso doble crema 79
Figura 18. Gráfico de control de rangos contenido de Grasa queso doble crema 80
Figura 19. Gráfico de control de rangos contenido de Ácido láctico queso doble crema 81
Figura 20. Gráfico de control de rangos pH queso doble crema 82
Figura 21. Gráfico de control promedios contenido de humedad queso doble crema 83
Figura 22. Gráfico de control de promedios contenido de proteína queso doble crema 84
Figura 23. Gráfico de control de promedios contenido de grasa queso doble crema. 85
Figura 24. Gráfico de control de promedios contenido de ácido láctico queso doble crema 86
Figura 25. Gráfico de control de promedios pH queso doble crema 87

SIGLAS Y ABREVIATURAS

Ac, Ácido

ANOVA, Análisis de varianza

BASC, Business Alliance for Source Commerce

cm, Centímetro

cv, coeficiente de variación

Ec, Ecuación

ºC, Grados Celsius

ºSH, Grados Soxleth-Henkel

g, gramo

HACCP, Hazard Analysis and Critical Control Points

ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación

INVIMA, Instituto nacional de vigilancia y control de medicamentos y alimentos.

ISO, International Organization for Standarization

Kcal, Kilocalorías

kg, Kilogramo

KJ, Kilojoules

LC, Límite de control

LC_I, Límite de control inferior

LC_S, Límite de control superior

L, litro

mg, miligramo

mL, mililitro

pag., página

ppm, partes por millón

S.A, sociedad anónima

SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje

VIM, vocabulario internacional de metrología

INTRODUCCIÓN

La Industria Colombiana de Alimentos, INDUCOLSA S.A., ubicada en el parque industrial y comercial del cauca (etapa 2, Caloto – Cauca), es una empresa procesadora y comercializadora de leche UHT (entera, semidescremada, deslactosada y descremada), leche media vida entera y leche pasteurizada entera. Sin embargo, recientemente se ha interesado en diversificar y ampliar sus productos, con el fin de mantenerse competitiva y poder brindar a la comunidad, en general, una mayor cantidad de productos, de alta calidad, en la línea de los derivados lácteos entre los cuales se destacan: las leches saborizadas (vainilla, fresa y achocolatada), avena (entera y deslactosada), crema de leche (entera), mantequilla (entera) y queso (campesino y doblecrema).

El queso es un derivado lácteo muy apetecido y aporta un alto porcentaje de proteínas, vitaminas y minerales a la dieta, lo que lo convierte en un alimento de elevado nivel nutricional. Inducolsa S.A. ofrece al consumidor, queso campesino y doblecrema cuya elaboración se hace a partir de leche pasteurizada. Sin embargo, el proceso de elaboración se encuentra en vía de estandarización y para ello se requiere de un control de calidad. Los distintos análisis fisicoquímicos que la empresa ha decidido implementar para realizar el control de este proceso son la determinación del contenido de agua, grasa y proteína, el porcentaje de acido láctico, pH y presencia de la enzima fosfatasa alcalina, teniendo en cuenta que los quesos se encuentran regulados por la Resolución número 01804 de 1989 del Ministerio de Salud, donde se establece su clasificación de acuerdo al porcentaje de humedad y contenido graso.

RESUMEN

En Colombia existen gran variedad de quesos y tecnologías utilizadas para su elaboración, que se diferencian principalmente de la región del país, ya que de ello dependen las características y propiedades de la leche. El tipo o las características de los quesos, varían de acuerdo a las propiedades de la leche y a las técnicas empleadas durante el proceso de fabricación, por ello, los rangos para la clasificación de los quesos a través del porcentaje de grasa y de humedad son bastante amplios. Debido a esta clasificación, encontramos quesos blandos, semiblandos, semiduros y duros, dependiendo del contenido de agua, y ricos en grasa, grasos, semigrasos, semimagros y magros, de acuerdo al porcentaje de grasa.

Las empresas productoras y comercializadoras de alimentos, se están volviendo más competitivas, lo cual implica la diversificación de sus productos con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes, es por ello, que estas empresas deben ofrecer productos de la más alta calidad y valor nutricional; siguiendo esta línea, Inducolsa S.A., ha decidido producir y comercializar queso campesino y doblecrema.

Con el fin de garantizar que se cumple con lo exigido por la normatividad Colombiana (Resolución 01804 de 1989 del Ministerio de Salud), este trabajo buscó implementar en la empresa los distintos ensayos fisicoquímicos (contenido de agua, proteína y grasa, acidez y pH) y la prueba de fosfatasa alcalina, analizando, por quintuplicado, 5 muestras de un mismo lote y para asegurar la confiabilidad de los resultados se realizó un análisis numérico basado en la repetibilidad y reproducibilidad. Adicionalmente, se analizaron, por quintuplicado, otras 5 muestras de 4 lotes diferentes para establecer si el proceso se encontraba bajo control y las condiciones del producto eran aptas para su comercialización y consumo. Los parámetros analíticos que sirvieron como criterio de confianza de los métodos empleados (repetibilidad, reproducibilidad y ANOVA), aseguraron la confiabilidad de los resultados.

Los resultados obtenidos permitieron clasificar los quesos obtenidos en Inducolsa, S.A., como semiduro y graso en el queso campesino, mientras que el queso doble crema se clasificó como semiblando y magro. Los gráficos de control establecieron los pasos de producción en los que se debe tener mayor cuidado con el fin de no afectar las características fisicoquímicas y organolépticas del producto final. Entre

estos pasos de encuentran: la adición del cuajo, corte de la cuajada, desuerado, prensado, empaque y almacenamiento.

1. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

1.1 LECHE

La leche es el primer alimento del hombre y su única fuente de nutrientes en el momento del nacimiento. Es el mejor alimento natural porque contiene cantidades relativamente importantes de unos 55 nutrientes esenciales para el hombre, entre los que se encuentran, proteínas, vitaminas y minerales.

El decreto 616 del Ministerio de Salud de Colombia, define a la leche como el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior (1).

Desde el punto de vista biológico, es el producto de la secreción de las glándulas mamarias, cuya función natural es la alimentación del recién nacido.

Desde el punto de vista fisicoquímico, es una mezcla homogénea de un gran número de sustancias (lactosa, glicéridos, proteínas, sales, vitaminas, enzimas, etc.) que se encuentran, unas en emulsión (la grasa y sustancias asociadas), algunas en suspensión (las caseínas ligadas a sales naturales) y otras en disolución verdadera (lactosa, vitaminas hidrosolubles, proteínas del suero y sales) (2).

Por su alto contenido en agua, es un alimento propenso a alteraciones y a desarrollo microbiano; por eso, siempre debe conservarse refrigerada y respetando su fecha de vencimiento.

Está compuesta por un gran número de sustancias, tales como: glúcidos, lípidos, sustancias nitrogenadas, sales, enzimas, vitaminas liposolubles e hidrosolubles, entre otros. En la tabla 1 se resumen las características principales de la leche entera (3, 4).

Tabla 1. Composición por cada 100g de leche entera

Agua (%)	Calorías (Kcal)	Proteína (%)	Grasa (%)	Carbo-hidratos (%)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	B1 (mg)	B2 (mg)	Niacina (mg)	Ácido Ascór-bico (mg)
87,69	64	3,28	3,66	4,65	116 – 119	91 – 94	0,02 – 0.06	0,037 – 0.039	0,159 – 0.162	0,082 – 0.085	1,46 – 1.48

FURNTE. CHARLEY, HELEN. Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. México. Limusa. 1998. p. 380.

En la elaboración del queso hay dependencia de la composición macro de la leche (materia grasa, proteína, lactosa y cenizas) y de la microestructura de los componentes individuales (ácidos grasos, caseína, albúminas, globulinas, etc.)

La composición de la leche determina su calidad nutricional y su valor como materia prima para la transformación en productos lácteos (5).

En la tabla 2, se brinda información sobre los componentes de la leche que tienen mayor influencia en las características de los quesos; estas sustancias intervienen sobre el adecuado proceso de fabricación, por ejemplo, el contenido de proteínas es fundamental, ya que el proceso de coagulación depende, en gran parte, de ellas y por lo tanto el rendimiento quesero. El porcentaje de grasa tiene que ver con características como olor, color y sabor del producto final, mientras que las enzimas son catalizadores de reacciones de deterioro y vitaminas son nutrientes esenciales (6).

Tabla 2. Componentes principales de la leche para elaboración de quesos

Componentes Principales	Composición porcentual aproximada	Constituyentes
Grasa	3,46	Glicéridos: principalmente triglicéridos y algunos di y monoglicéridos
Fosfolípidos	0,04	Lecitina, cefalina, esfingomielinas
Proteínas	3,50	Caseínas (2,73%) α caseína (1,26%) β caseína (0,93%) γ caseína (0,19%) κ caseína (0,35%) Proteínas del suero (0,60%) α lactoalbúmina (0,13%) β lactoglobulinas (0,31%) Inmunoglubulinas (0,07%) Seroalbúminas (0,03%) Proteosapeptona (0,06%) Sustancias nitrogéna-das no-proteicas (0,17%)
Lactosa	4,70	Disacáridos de la leche (galactosa – glucosa)
Sales (minerales)	0,80	Calcio, magnesio, sodio, potasio, fosfatos, hierro, manganeso, cobre, cobalto, etc.

FUENTE. ALAIS, CHARLES; GODINA, ANTONIO. Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. 4ta edición. España. Editorial Reveté, S.A. 1985. p. 104.

1.1.1 Lípidos.

La materia grasa en la leche se encuentra dispersa en forma de pequeños glóbulos esféricos y está formada por numerosos lípidos diferentes (4):

a) Lípidos neutros: es la materia grasa constituida principalmente por triglicéridos (98%), algunos mono y diglicéridos.
b) Lípidos polares: constituyen alrededor del 1% de la grasa láctea y son principalmente fosfolípidos (glicerofosfátidos y esfingomielinas).

c) Sustancias lipoídicas o insaponificables: se encuentran en la grasa de la leche en una proporción menor del 1%, entre las cuales se encuentran esteroles (colesterol y dihidrocolesterol, principalmente), carotenoides (caroteno, especialmente sus isómeros alfa y beta).

Las propiedades físicas y químicas de los lípidos dependen sobre todo de su clase química, ya que son ésteres de los ácidos grasos y sustancias semejantes o derivadas, que son solubles en solventes orgánicos no polares e insolubles o parcialmente solubles en líquidos acuosos (6).

La composición y estructura de la membrana del glóbulo graso es muy difícil de determinar, pero en estudios realizados se ha revelado la presencia de varios tipos de sustancias, entre ellos, fosfolípidos y colesterol, proteínas, enzimas (principalmente la fosfatasa alcalina y la xantino oxidasa) y algunas vitaminas (6).

1.1.2 Proteínas

Las proteínas de la leche, consisten de cadenas polipeptídicas, no ramificadas, definidas por la secuencia de α-aminoácidos, unidos por un enlace único peptídico (el cual configura la estructura primaria de gran solidez). Sus propiedades se derivan de su composición y de la particular estructura espacial que resulta de las diferentes fuerzas de enlace entre las diversas partes de la cadena polipeptídica, originando una estructura secundaria y los posteriores plegamientos y enrollamientos que determinan la estructura terciaria y cuaternaria. Dependiendo de la estructura espacial, se pueden distinguir dos grupos de proteínas: a) las caseínas, que tienen una estructura laxa y b) las proteínas del suero, que tienen una estructura compacta en la cual los iones y las enzimas se introducen difícilmente (7).

a) Las caseínas, son un grupo de proteínas que contienen fosfato y que son específicas de la leche; precipitan a un pH de 4,6. Casi toda la proteína de la leche se encuentra en micelas de caseína.

Bajo la denominación de caseína, se pueden incluir cuatro tipos de cadenas polipeptídicas llamadas α S_1, α S_2, β y κ caseínas. Debido a su escasa solubilidad a pH 4,6 (punto isoeléctrico), pueden separarse de las proteínas del suero. Desde el punto de vista composicional, la marca de pureza de las caseínas es el enlace éster-fosfato, ya que todas las caseínas polipeptídicas de caseína tienen, por lo menos, uno de estos grupos por molécula. Sus grupos ionizables son asequibles a la titulación y a otras reacciones.

La caseína α S_1, tiene un contenido elevado de fósforo y la proporción de cadenas laterales no polares es elevada; es una proteína hidrofóbica y sensible al calcio a todas las temperaturas.

La caseína α S_2 es variable en el contenido de residuos fosfóricos; se distingue claramente de las otras caseínas por su mayor sensibilidad al calcio, por su bajo contenido en prolina y su débil hidrofobicidad.

La β caseína es rica en prolina y es muy hidrofóbica. Es sensible al calcio sólo a temperatura ambiente, ya que por debajo de 10°C permanece soluble en presencia de calcio.

La *κ* caseína es soluble en presencia de calcio a todas las temperaturas, lo que la provee de un poder estabilizante frente al calcio; tiene el papel de coloide protector y permite la formación de micelas estables en presencia de calcio (6).

En la tabla 3, se resumen las principales características de las caseínas (8).

Tabla 3. Características principales de las caseínas

	Caseína				
	α S_1	**α S_2**	**β**	***K***	**γ**
Proporción Media (%)	6	10	34	13	3
Aminoácidos (ppm)	199	207	209	169	181
Fosforo (%)	1,10	1,23 a 1,60	0,56	0,20	0,16
Glúcidos (%)	0	0	0	0,5	0
Sensibilidad al calcio	+	+++	+	0	
Sensibilidad a la quimosina	+	-	+	+++	
Hidrofobicidad (kJ)	4,89	9,64	5,66	5,30	
Número de grupos ácidos por molécula	48	49 – 45	31	18	16
Número de grupos básicos por molécula	25	33	20	17	16

Prolina por molécula	17	10	35	20	34

FUENTE. GÓMEZ, IGNACIO. Guía para producir quesos colombianos. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 1995. p. 32.

b) Las proteínas del suero, se encuentran en solución a pH 4,6 y están formadas por un grupo variado en el que se incluyen la α-lactoalbúmina, la β-lactoglobulina, inmunoglobulinas, seroalbúmina y la fracción proteasa-peptona.

Son proteínas globulares sujetas a la desnaturalización por el calor y pierden solubilidad al calentarse la leche; se encuentran en solución y no forman coloides (micelas) como las caseínas, ni cuajadas elásticas semejantes a las caseínas que se contraen, y por esto retienen humedad, favoreciendo el crecimiento de los microorganismos (7).

Adicionalmente, estas proteínas poseen una estructura definida, que puede modificarse por la acción de diversos tratamientos, dando lugar a la desnaturalización, que es una modificación de las estructuras secundarias y terciarias, sin ruptura de enlaces covalentes ni separación de fragmentos, seguida de un reagrupamiento que conduce a una nueva conformación; y como consecuencia, se tiene una disminución de la solubilidad y pérdida de su actividad (5).

1.1.3 Sales

Tienen importancia desde el punto de vista nutricional, ya que son en gran parte las responsables del estado fisicoquímico del suero de la leche, lo que a su vez influye mucho en la formación y estabilidad de las proteínas.

Las sales de la leche contienen una gran proporción de componentes metálicos tales como potasio, sodio, calcio, magnesio, manganeso, hierro, cobre, cobalto, zinc, cromo y níquel y también componentes no metálicos como azufre, cloro, fósforo, yodo, etc.; igualmente, se incluyen los radicales ácidos sulfato, fosfato, cloruro y citrato (7).

Aunque estos componentes se encuentran en pequeñas cantidades en la leche, son elementos muy importantes, al igual que las enzimas y otras estructuras (como las vitaminas); así, por ejemplo, el cobalto forma el centro del complejo de la vitamina B_{12}, el zinc en la enzima carbonianhidrasa y el molibdeno en la xantino oxidasa (7).

1.1.4 Enzimas

Las enzimas son proteínas que actúan como catalizadores biológicos, llevando a cabo reacciones bioquímicas a velocidades muy altas; no se consumen durante la reacción y, en general, presentan un alto grado de especificidad (7).

Las enzimas en la leche, pueden proceder de:

a. Microorganismos que se encuentran en la leche al tiempo de su obtención.

b. Las presentes en la leche al momento de su secreción.

c. Microorganismos que son contaminantes de la leche después de su producción.

Normalmente se hallan en la leche las siguientes enzimas: la lactoperoxidasa, la ribonucleasa, la xantino oxidasa, la catalasa, la aldolasa, la lactasa y los grupos de fosfatasas, lipasas, esterasas, proteasas, amilasas, oxidasas y reductasas (7).

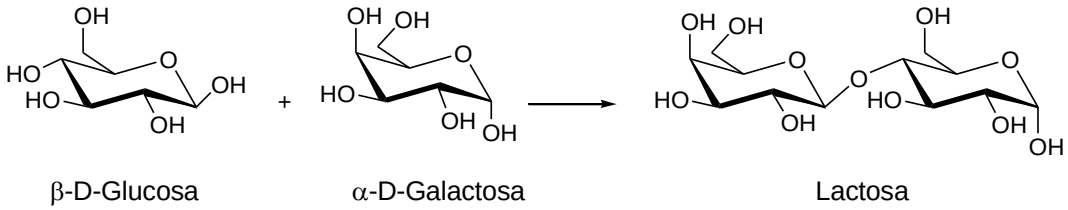
1.1.5 Vitaminas

En la leche están presentes la vitamina A, los carotenoides, las vitaminas del complejo B (esenciales en las propiedades nutritivas del queso y en la actividad metabólica de los microorganismos). También se encuentra el ácido pantoténico (soluble en agua y activo en una variedad de reacciones bioquímicas e importante durante el proceso de maduración del queso), el acido fólico y la biotina, que están involucrados en reacciones enzimáticas del metabolismo de los microorganismos que se desempeñan en la maduración del queso (4).

1.1.6 Lactosa

Cuantitativamente es el carbohidrato que se encuentra en mayor proporción (entre 4,5 y 5,0%). Químicamente, es un disacárido formado por un radical de D – glucosa y otro de D – galactosa, unidos por un enlace glucosídico β – 1,4. Puede encontrarse en dos formas anoméricas que difieren en su configuración estérica: α y β; estos anómeros tienen propiedades diferentes de solubilidad y rotación óptica específica (6, 7). En la figura 1 se muestran las estructuras de la glucosa, galactosa y lactosa.

Figura 1. Estructura de la glucosa, galactosa y lactosa



FUENTE. BADUI, Salvador. Química de los alimentos. 4ª ed. México. Pearson educación de México, S.A. 2006. p. 612.

Muchos microorganismos que están presentes en la leche, metabolizan la lactosa; así, las fermentaciones que producen ácido láctico son las más importantes en tecnología, sin embargo, las actividades de las bacterias lácticas procuran evitarse en la leche líquida para consumo, pero se favorecen en la elaboración de algunos tipos de queso (7).

1.2 DERIVADOS LÁCTEOS

Al ser la leche una fuente rica de proteínas, minerales y vitaminas, se pueden elaborar a partir de ella, gran cantidad de derivados lácteos, entre los que se destacan: la mantequilla, el yogurt, la crema de leche y el queso, productos que actualmente son elaborados en INDUCOLSA, S.A. A continuación, se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

1.2.1 Mantequilla ó manteca: es la emulsión de agua en grasa, obtenida como resultado del desuero, lavado y amasado de los conglomerados de glóbulos grasos, que se forman por el batido de la crema de leche y que es apta para consumo, con o sin maduración biológica, producida por bacterias específicas (9).

1.2.2 Yogurt: es el producto lácteo obtenido mediante la fermentación bacteriana de la leche. Si bien se puede emplear cualquier tipo de leche, la producción actual

usa predominantemente leche de vaca. La fermentación de la lactosa (el azúcar de la leche) en ácido láctico, es lo que da al yogurt su textura y sabor tan distintivo (3).

1.2.3 Crema de leche: es una sustancia de consistencia grasa y tonalidad blanca o amarillenta, que se encuentra de forma emulsionada en la leche recién ordeñada o cruda (es decir, en estado natural y que no ha pasado por ningún proceso artificial que elimine elementos grasos). Está constituida principalmente por glóbulos de materia grasa que se encuentran flotando en la superficie de la leche cruda; por esto, se dice que es una emulsión de grasa en agua; esta capa se puede apreciar dejando cierta cantidad de leche cruda (sin homogeneizar ni descremar) en un recipiente, así, se puede observar cómo una delgada capa toma forma en la superficie. Esta película se separa mediante un proceso de centrifugado, y se envasa por separado para su uso (3).

1.2.4 Queso: es el producto fresco, obtenido por la separación del suero después de la coagulación de la leche natural; es la cuajada de la leche, básicamente un gel de caseína del que más o menos se ha retirado el suero mediante calentamiento, agitación y presión (9).

1.2.4.1 EL QUESO

El proceso de elaboración del queso se ha venido desarrollando a la par con diferentes civilizaciones, en muchas de las cuales se encuentran leyendas que hace alusión a la fabricación y/o consumo del queso. Este tipo de narraciones se encuentran en la mitología griega y oriental y en relatos de la civilización romana. Con el transcurrir del tiempo y como consecuencia de la migración de las poblaciones, el queso ha llegado a todo el mundo.

La manufactura del queso en América llegó con los conquistadores españoles, con la importación de animales domésticos (caballo y vaca) a finales del siglo XV y parte del siglo XVI a la Nueva Granada.

En Colombia, pronto se inició la manufactura del queso en varias zonas y su consumo básicamente se hacía en forma fresca, sin proceso de maduración, presentándose variaciones entre las regiones, debidas principalmente a las condiciones climáticas. Estos quesos son producidos principalmente en fábricas pequeñas con una tecnología artesanal y aunque existen varias empresas modernas que procesan grandes volúmenes de leche, la mayor proporción del

queso que se consume en Colombia proviene de fábricas medianas o pequeñas (8).

En Colombia, se destacan dos grandes industrias productoras de queso y otros derivados:

- Alpina: produce gran variedad de quesos, entre los que se destacan el azul, brie, camembert, campesino, crema, doblecrema, mozzarella, parmesano y requesón. Esta industria posee certificación ISO 9001:2000, ISO 14001:2004, HACCP y BASC (10).

- Colanta: entre las variedades de queso que produce se destacan el quesillo, campesino, fundido, mozzarella, doblecrema, parmesano, holandés y cheddar. Está certificada con ISO 9001:2000 y por el ICONTEC (11).

1.3 ASPECTOS NUTRICIONALES DEL QUESO

La tendencia actual en el manejo industrial, tiene su enfoque en la problemática de cómo procesar las materias primas para obtener el máximo beneficio de ellas.

La leche, es una materia prima muy perecedera, que se utiliza en la fabricación de queso, el cual, de acuerdo con su tipo y condiciones de almacenamiento, tiene una vida útil que varía de unos pocos días a varios meses. El queso elaborado debe ser comestible, aceptable, apto para su comercialización, nutritivo y debe mantener sus cualidades organolépticas y fisicoquímicas durante el período de duración sanitaria, no ser tóxico y estar libre de organismos patógenos (12).

Para comercializar un queso se debe considerar la calidad nutricional, que incluye características fisicoquímicas (acidez, grasa y humedad), y organolépticas (aroma, sabor, textura y apariencia).

El valor nutritivo de un alimento se establece por:

a) La energía que proporciona
b) El contenido de nutrientes esenciales (ácidos grasos, aminoácidos, minerales y vitaminas)
c) La digestibilidad y absorbitivilidad de sus nutrientes

d) El contenido de alérgenos, inhibidores y toxinas

La energía proporcionada se calcula a partir de los contenidos de grasa, proteína y lactosa y se encuentra que el aporte calórico de la grasa láctea es menor que la media de las grasas comestibles, debido a su mayor contenido de ácidos grasos de cadena corta (12).

Además del agua, el hombre requiere de cuatro grupos principales de nutrientes en los alimentos: las grasas, las proteínas, los carbohidratos y las sales; sin embargo, en las pautas nutricionales modernas hay una mayor demanda de muchos componentes menores tales como las vitaminas y los minerales (13).

La grasa debe tener una adecuada proporción de ácidos grasos esenciales, como son los ácidos linoleico y araquidónico. Se sabe que el queso elaborado con leche entera contiene la mayoría de estos ácidos grasos, sin embargo, se han realizado esfuerzos para aumentar el contenido de ácidos grasos insaturados (linoleico) en la leche de vaca, a través del suministro de alimentos con grasas encapsuladas ricas en ácido linoleico, pero se cuenta con la desventaja de que el exceso de grasas insaturadas en la leche, puede causar rancidez (14).

La proteína debe contener los aminoácidos esenciales; el requerimiento diario de proteína para adultos es de aproximadamente 1g/Kg de peso corporal. Por ello, el queso es una fuente adecuada de proteína, ya que normalmente contiene todos los aminoácidos (ver tabla 4). Adicionalmente, las vitaminas son nutrientes esenciales y las enzimas son catalizadores destacados de las reacciones de deterioro. En el queso se pueden encontrar cantidades considerables de tiamina y riboflavina (15).

Tabla 4. Aminoácidos esenciales presentes en 100g de leche y 100 g de caseína

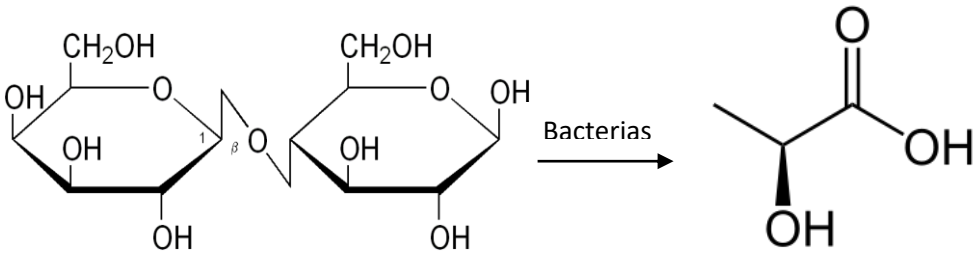
Aminoácidos	**Leche (mg)**	**Caseína (g)**
Arginina	3,7	3,9
Histidina	2,2	3,0
Treonina	4,6	4,5
Valina	7,1	7,4
Leucina	12,1	10,0
Isoleucina	6,7	6,4
Lisina	7,4	8,1
Metionina	2,8	3,3

Fenilalanina	5,5	5,4
Triptófano	1,4	9,6

FUENTE. GÓMEZ, de Illera Margarita. Tecnología de Lácteos. Bogotá. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. 2005. p. 137.

A pesar de que en la leche se encuentra la lactosa, el queso no contiene cantidades apreciables de ella, debido a que esta se pierde con el suero que se obtiene del proceso de coagulación o es convertida en ácido láctico o en lactatos durante el proceso, dependiendo de si el queso es fresco o madurado; por esto, el queso es un alimento con buena capacidad de conservación (16).

Figura 2. Reacción de conversión de la lactosa en ácido láctico (17)



Lactosa Ac. Láctico

FUENTE. Departamento de Engenharia química e Engenharia de alimentos. [Citado Octubre de 2008]. Disponible en internet. www.enq.ufsc.br/disci/equ5216/material_didactico/componentes_do_leite_arquivos/image014.gif&imgrefurl

En el queso también se destaca el contenido de minerales y sales, dentro de los cuales el calcio, el hierro y el fósforo son los más importantes. Las vitaminas que están presentes en el queso son la vitamina A, Tiamina, Riboflavina, Niacina, B_6, B_{12} y E; la vitamina C se pierde durante el proceso de fabricación (en la fase del desuerado) (15).

El queso es un alimento rico en nutrientes, por lo tanto presenta un alto grado de digestibilidad y absorción y al poseer bajas cantidades de lactosa es apto para todo el público (18).

Los beneficios nutricionales del queso, se pueden observar al ser comparados con otros alimentos, como se aprecia en la Tabla 5, el queso es un alimento con gran capacidad de conservación, con alto contenido de proteínas, grasa, calcio, fósforo, riboflavina y otras vitaminas disponibles en forma concentrada. Adicionalmente, presenta un gran contenido de minerales y sales, dentro de los cuales se encuentran el calcio (para la formación de los huesos y dientes), el hierro (para la formación de los glóbulos rojos de la sangre) y el fósforo(dientes y estructura ósea), como los más importantes y de mayor proporción (8, 15).

Si se compara el aporte de calcio que realiza el queso con el del yogurt, carne y frijol, se observa una gran diferencia; de igual forma se observa que el contenido de grasa es mayor con respecto a la carne de res magra, carne de cerdo magra, de pollo, kumis, alverja, entre otros; el aporte de energía que realiza el queso es alto al compararlo con la leche de vaca y otros derivados lácteos como el yogurt y kumis.

Tabla 5. Comparación de las cantidades de nutrientes presentes en diferentes tipos de alimentos

Alimento	Proteína (g)	Grasa (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Ac. Ascórbico (mg)	Energía (Kcal)
Cuajada	15,6	18,9	490	1,5	0,02	0,46	0,0	256
Queso Blando	15,0	7,0	350	0,5	0,02	0,03	0,0	145
Queso Semiblando	21,7	19,0	690	0,7	0,02	0,04	0,0	280
Queso Duro	25,0	31,0	800	0,8	0,04	0,05	0,0	387
Leche de Vaca	3,4	3,3	120	0,2	0,04	0,18	2,0	60
Kumis	3,5	2,5	106	0,1	0,03	0,17	1,0	76
Yogurt	2,9	2,9	111	0,3	0,04	0,20	3,0	94
Carne de Res magra	21,5	6,5	6	2,7	0,08	0,23	0,0	150
Carne de Cerdo magra	18,5	11,9	5	2,0	0,71	0,25	0,0	186
Pollo	20,2	10,2	14	1,5	0,08	0,16	0,0	178
Alverja verde	8,2	0,3	36	2,4	0,36	0,12	20,0	116

Frijol Rojo	20,4	1,2	100	7,1	0,43	0,12	3,0	302

FUENTE. WALSTRA, P.; JENNESS, R. Química y física lactológica. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 1987. p. 55

1.4 OTRAS MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO

La calidad de los quesos depende de la calidad de la materia prima empleada para su elaboración. A continuación, se da una breve reseña sobre lo que se debe tener en cuenta para escoger la materia prima.

1.4.1 Grasa láctea

Los componentes de la grasa láctea son parcialmente responsables no sólo del aroma y sabor del queso, sino también de su cuerpo y contextura. Así, el queso elaborado sin grasa, generalmente tiene una contextura dura, es insípido y no desarrolla el aroma y sabor típico que se espera.

La incorporación de la grasa a la cuajada no está solamente relacionada con la cantidad de grasa en la leche, sino también con la composición de la grasa y de su membrana envolvente; la composición de la grasa afecta su punto de fusión y durante el proceso, se puede liberar grasa líquida por el manejo de la cuajada (20).

La rancidez es un término utilizado para denotar la presencia de ácidos grasos libres (principalmente, el ácido butírico), los cuales son precursores del aroma y el sabor en la cuajada. Estos ácidos grasos son liberados del glicerol por la hidrólisis causada por acción enzimática de las lipasas (lipólisis), las cuales son producidas por los microorganismos presentes en la leche pueden ser más activas y mucha veces más resistentes a los tratamientos térmicos; así la mayoría de las lipasas de los microorganismos psicrotróficos sobreviven a la pasteurización. La agitación violenta y la homogenización de la leche, puede dejar la grasa libre para la acción de las lipasas; también un exceso de acidez y un tratamiento térmico alto, tienden a desnaturalizar el complejo proteico alrededor del glóbulo graso y a producir la ruptura de la membrana y la salida de la grasa (4).

1.4.2 Cloruro de calcio

Cuando la leche es sometida al proceso de pasteurización, se hace necesario reponer los iones de calcio, agregando de 10 a 20 gramos de cloruro de calcio por cada 100 litros de leche. Dicha sal debe ser de grado alimenticio y se debe disolver en agua por lo menos 30 minutos antes de su utilización, a fin de facilitar la ionización (13).

Un bajo contenido de iones calcio en la leche, produce una mala capacidad de coagulación, lo que conlleva bajos rendimientos y pérdidas para el productor al no obtener la cantidad de cuajo esperada para fabricar determinada cantidad de quesos (15).

Los iones de calcio funcionan como puentes entre las micelas de *p*-caseína (en especial la *k* – caseína) constituyendo un factor importante para el tamaño de las partículas y para el tiempo de coagulación, firmeza del coágulo y separación del suero (8).

1.4.3 Nitratos

En la fabricación de queso, principalmente en los de maduración, se utiliza el nitrato de potasio y el de sodio, para evitar que el queso se hinche por la formación excesiva de gas.

La hinchazón desarrollada en los dos primeros días, es provocada por la presencia de coliformes y se le conoce con el nombre de hinchazón temprana. Sin embargo, el nitrato no inhibe el desarrollo de las bacterias acido-butíricas, sino que al reducirse a nitrito, actúa sobre las bacterias, ya que es tóxico para ellas. Igualmente es tóxico para el hombre (debido a la formación de nitrosaminas), por eso, la cantidad máxima que se debe usar es de 20 g por 100 litros de leche y no se recomienda para quesos frescos (19).

1.4.4 Colorantes

El color amarillo de los quesos se debe principalmente al contenido de caroteno que hay en la grasa. Este contenido puede variar durante el año, dependiendo especialmente del forraje empleado en la alimentación.

Con el fin de proporcionar un color que sea uniforme durante todo el año, se puede agregar un colorante a la leche. De ellos, solo están permitidos los colorantes vegetales, entre los que se encuentran los del achiote o bixaorellana y el caroteno.

Es muy importante que el colorante se mezcle lentamente, por lo cual es necesario agregarlo antes de la adición del cuajo para evitar una coloración no homogénea (20).

1.4.5 Sal

La sal mejora el sabor en el queso y su cantidad varía según los diferentes tipos de quesos y según el método empleado para su aplicación. Normalmente su contenido en los quesos es del 1 al 3%.

La adición de sal en el suero ocasiona una mayor cantidad de agua en el queso, debido a que ocurre un mayor intercambio de los iones de calcio de la caseína por los iones de sodio, lo que origina un queso de cuerpo más suave y flexible, debido a que los iones de calcio aumentan la absorción de agua.

En general, puede decirse que la sal tiene un efecto conservante en el queso, ya que inhibe las bacterias contaminantes (20).

1.4.6 Cultivo láctico

La acidificación de la leche por la acción de las bacterias lácticas, tiene gran influencia en la elaboración de los quesos. Este proceso influye en la coagulación, el desuerado, la conservación, la consistencia, el sabor, el aroma y la maduración.

La proporción de cultivo láctico empleado en la elaboración de quesos, varía de 0,1 a 1%, dependiendo de la acidez deseada y el tipo de queso. El cultivo generalmente contiene las bacterias *Lactococcus lactis*, las cuales son mesófilas y se desarrollan a temperaturas entre 18 y 22°C (3).

1.4.7 Enzimas coagulantes

El agente coagulante que se utiliza tradicionalmente es el cuajo animal (obtenido del estómago de rumiantes), que contiene la enzima llamada quimosina, que

puede obtenerse pura y cristalizada por precipitaciones repetidas con cloruro de sodio.

Debido a la progresiva escasez de cuajares de terneros jóvenes y al incremento en la demanda de cuajo, se han buscado sustitutos, entre ellos, la pepsina, las enzimas vegetales (extracto de *Cynara cardunculus (L.)*) y las enzimas microbianas de carácter fúngico (*Endothia parasítica, Proteasa de Rhizomucor miehei y pusillus*) principalmente, que han dado como resultado, productos coagulantes más económicos que el cuajo, con propiedades específicas que posean mejores ventajas tecnológicas (15).

Los sustitutos considerados como seguros y adecuados son:

- Pepsina de estómago de bovinos adultos rumiantes o cerdos, que pueden representar hasta un 15% de actividad coagulante total; es la enzima más parecida al cuajo y su pH óptimo para la actividad proteolítica se encuentra en torno 2, pero se inhibe a valores de pH superiores a 6,6. La pepsina bovina comercial contiene de 10 a 20% de quimosina.

La quimosina, es el componente principal de los cuajos. Su actividad coagulante es muy alta y su actividad proteolítica es más alta a pH 4; sin embargo, cuando el pH es cercano a 7,5 su actividad coagulante cesa y se produce la desnaturalización irreversible de la enzima a pH superior a 8. Su estabilidad es buena entre pH de 5,3 y 6,3 y por encima de 6,5 decrece rápidamente (2, 4).

1.5 PRINCIPIOS TECNOLÓGICOS EN LA ELABORACIÓN DE QUESOS

La tendencia de la industria hoy en día es procesar las materias primas obteniendo el máximo beneficio de ellas. La leche es una materia prima muy perecedera y dependiendo del tratamiento para su transformación puede proporcionar quesos con una vida útil de sólo días hasta varios meses. Además, se debe asegurar que el producto final sea comestible, nutritivo y apto para su comercialización.

1.5.1 PRETRATAMIENTO DE LA LECHE

Para que la leche sea apta para producir quesos, es necesario realizar una serie de tratamientos que garanticen su homogeneidad y correcta higienización. La

leche debe estar libre de partículas extrañas y no debe contener microorganismos dañinos para el ser humano.

1.5.1.1 Filtración, clarificación

La filtración es una operación que se realiza inmediatamente después del ordeño ó al momento de recibir la leche en las plantas cuando es destinada a la industrialización y tiene como objetivo eliminar partículas macroscópicas extrañas que puedan ser causantes de interrupciones en el funcionamiento de equipos y defectos en el producto final (21).

La clarificación consiste en aplicar sobre la leche una fuerza centrífuga de 3500 rpm para eliminar partículas extrañas más densas que pueden formar sedimentos. La clarificación puede realizarse en una de las siguientes etapas:

a) En el momento de la recepción de la leche, antes de su almacenamiento en los tanques, se filtra la leche a través de un filtro que hay en la bomba de descarga donde se eliminan elementos mayores de 1 cm.

b) Entre la sección de recuperación y la del calentamiento del pasteurizador de placas: la leche entra al pasteurizador y se calienta entre 45 - 50°C, pasa a la clarificadora, que por medio de la fuerza centrífuga separa los sólidos que hay en la leche mediante un sistema agua-presión.

1.5.1.2 Enfriamiento, almacenamiento

Con el proceso de enfriamiento, se conserva la calidad inicial de la leche hasta el momento de su utilización o transformación. Tras el ordeño, la leche forma una masa tibia con una temperatura cercana a los 33ºC, difícil de enfriar a temperatura ambiente, lo que proporciona condiciones muy favorables para la multiplicación de numerosas especies de bacterias acidificantes mesófilas, que provocan la alteración de la leche.

Es por ello que la refrigeración debe mantenerse desde el momento del ordeño y su eficacia es mayor si la carga bacteriana es más baja, lo cual se logra con ordeños higiénicos (22).

La temperatura óptima de almacenamiento en tanques de acero inoxidable es de 4ºC, lo cual evita que el número de bacterias se incremente en forma rápida. La agitación adecuada de la leche en los tanques de almacenamiento también es

importante, ya que se debe prevenir la separación de la crema para evitar variaciones en el contenido de grasa (5).

La capacidad de la leche para la coagulación no es muy estable y pueden presentarse variaciones fisicoquímicas debidas a las bajas temperaturas de almacenamiento en tanques de acero inoxidable; los efectos de la conservación por debajo de 10°C son de dos órdenes:

1) Prolongación del tiempo de coagulación, debido a la separación de los componentes de la leche, principalmente la grasa.

2) Disminución de la tensión de la cuajada, debido a que se dificulta la expulsión del suero, quedando un porcentaje de agua mayor al esperado, obteniéndose un cuajo blando y difícil de trabajar (8).

1.5.1.3 Estandarización

La estandarización es una operación que consiste en ajustar la composición de la leche, para obtener quesos de composición y calidad iguales.

La estandarización de la leche para elaborar quesos tiene dos objetivos principales (5, 22):

1) Lograr un queso con una composición que cumpla con las exigencias de la legislación

2) Emplear racionalmente los componentes de la leche, combinando el rendimiento económico con la aceptación del consumidor respecto al % de grasa, el cuerpo, el aroma y el sabor del queso.

La estandarización del contenido de grasa se ha realizado a través de los siguientes métodos, dependiendo de las necesidades o capacidades de la empresa (22):

1) Si la leche se encuentra alta en grasa:

   a. agregar leche descremada

   b. agregar leche con un contenido bajo de grasa

   c. descremar parte de la leche y luego agregar la leche descremada a la leche que permanece con alto contenido graso

2) Si la leche es deficiente en grasa

   a. agregar crema

   b. agregar leche rica en grasa

1.5.1.4 Tratamiento térmico

Tiene como finalidad principal destruir microorganismos y enzimas perjudiciales para el procesamiento del queso o bacterias patógenas al consumidor.

El tratamiento térmico de la leche es una operación compuesta de dos partes separadas: la temperatura a la cual la leche es calentada y, el tiempo durante el cual la leche es mantenida a esa temperatura (tiempo de retención). El tiempo de retención es una parte esencial del tratamiento térmico eficiente, puesto que no todos los microorganismos ó enzimas indeseables son destruidos instantáneamente a la temperatura del tratamiento; no es conveniente confiar sólo en la temperatura y descuidar el tiempo de retención (23).

Pueden usarse dos sistemas para el tratamiento térmico de la leche para queso:

1. sistema de alta temperatura y corto tiempo de retención, usando temperaturas de 71 a 75^{o}C por tiempos de 15 a 40 segundos en un pasteurizador de placas.

2. baja temperatura, largo tiempo de retención, con temperaturas de 61 a 65^{o}C y tiempos de 20 a 40 minutos en un pasteurizador de placas (5).

Una consecuencia del tratamiento térmico es el aumento del rendimiento quesero, que se debe a tres causas (14):

a) La desnaturalización de las proteínas solubles, cuya intensidad es proporcional a la temperatura alcanzada.
b) La mejor retención de la materia grasa en la cuajada.
c) La insolubilización de una parte de las sales minerales.

El aumento en el rendimiento es variable, debido a las diferencias en la composición de la leche, al sistema empleado en el tratamiento térmico y a los procedimientos de elaboración (15).

El tamaño de las micelas es dependiente de la temperatura, pero también del equilibrio entre el calcio y el magnesio y los iones fosfato y citrato.

Las caseínas no son afectadas solo por el tratamiento térmico normal, pero es posible que se presente una interacción con las proteínas del suero; la influencia recíproca entre las caseínas y las proteínas del suero es dependiente de la temperatura y el pH (23).

1.5.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO

La condición de excelente calidad para un determinado tipo o variedad de queso se obtiene cuando se reúnen ciertas características como olor, textura, color, consistencia y aspecto, las cuales dependen principalmente de las condiciones de elaboración y control del proceso.

1.5.2.1 Adición del Cuajo

La adición de cuajo tiene el propósito de llevar a cabo la coagulación enzimática de la leche y consecuentemente la formación de una cuajada firme, que sea posible cortar y que tendrá determinadas características, dependiendo de la variedad del queso que se va a elaborar (8).

Antes de adicionar las enzimas coagulantes, es necesario controlar diferentes factores que influyen en el proceso de coagulación y en la tecnología de la elaboración como:

- La cantidad de la leche, con el fin de adicionar la proporción necesaria de cuajo para llevar a cabo una coagulación completa.
- La temperatura de la leche, ya que esta influye en el tiempo de coagulación; la leche debe estar a 45°C (± 2°C).
- La cantidad adecuada de cuajo que se requiere, porque este influye en el tiempo de coagulación y en las características organolépticas del queso, ya que un exceso de cuajo producirá un sabor amargo, mientras que poca cantidad producirá una consistencia arenosa (14).
- El cuajo debe diluirse (ya sea en agua o en leche, aproximadamente en 10mL) para ser adicionado; esta fase debe realizarse justo antes de ser adicionado a la leche, pues las enzimas pierden rápidamente la capacidad

coagulante cuando permanecen en dilución en condiciones inadecuadas (21).

- La agitación de la leche debe ser uniforme antes de adicionar las enzimas coagulantes, para garantizar la homogeneidad de la leche.
- Se debe tapar el recipiente de cuajado con plástico para evitar que la leche se enfríe en la superficie, lo cual asegura una temperatura uniforme y una coagulación adecuada (18).

1.5.2.2 Coagulación enzimática

Se produce por la acción de las enzimas, que tienen la propiedad de coagular el complejo de caseína; es el método más empleado en la fabricación de quesos en INDUCOLSA, donde se emplea la quimosina para la coagulación. En el proceso de coagulación, el fosfocaseinato de calcio que se encuentra en estado de solución coloidal, bajo la acción de las enzimas coagulantes, se transforma en fosfoparacaseinato de calcio que es insoluble (reacción 1).

$$\text{Fosfocaseinato de Ca} \xrightarrow{\text{Enzima}} \text{Fosfoparacaseinato de Ca + Proteosa del suero}$$

(reacción 1)

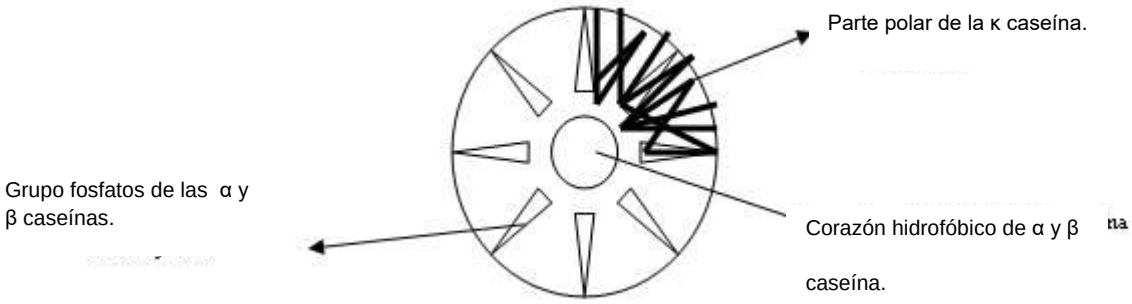
Posteriormente, las micelas de fosfoparacaseinato, por acción de los iones calcio, se unen formando la cuajada (reacción 2).

$$\text{Micelas de fosfoparacaseinato} \xrightarrow{Ca^{++}} \text{Formación de la red (cuajada)}$$

(reacción 2)

A continuación se muestra la estructura de la micela de caseína (figura 3).

Figura 3. Estructura de la micela de caseína



FUENTE. GÓMEZ, IGNACIO. Guía para producir quesos colombianos. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 1995. p. 48.

Entre las características del coágulo enzimático destacan que es compacto, flexible, elástico impermeable y contráctil. Estas características poseen una gran influencia en el desuerado y en el endurecimiento de la cuajada, porque permite el uso de los tratamientos mecánicos durante el proceso de elaboración, facilitando la contracción del coágulo y la expulsión del suero (22).

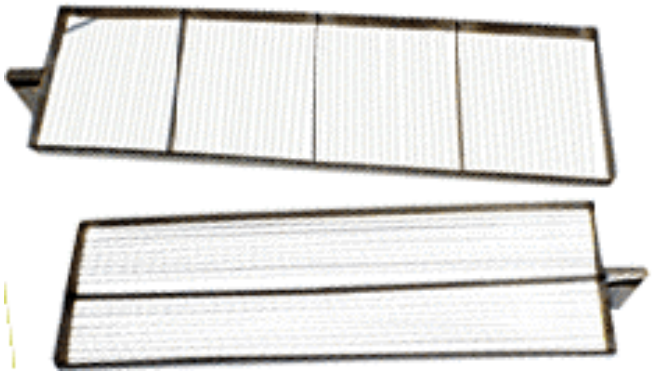
1.5.2.3 Corte de la cuajada

Al terminar el proceso de coagulación, el gel formado se debe cortar en pequeños granos (dependiendo del tipo de queso a preparar, teniendo en cuenta que a menor tamaño de grano, menor humedad en el queso), a fin de facilitar la expulsión del suero.

Antes de proceder a cortar, es necesario verificar si la coagulación se ha completado, pues un corte prematuro puede ocasionar grandes pérdidas de grasa y proteína. Al cortar el gel formado en pequeños granos, se facilita la expulsión de suero, debido al aumento de la superficie con relación al volumen. Dicho corte debe hacerse en forma cuidadosa y uniforme para evitar la formación de polvo de queso o partículas demasiado finas que quedan suspendidas fácilmente en el suero.

Se acostumbra a realizar el corte con unos implementos llamados liras, que consisten en unos marcos provistos de cuerdas o cuchillas de acero inoxidable. Cada juego de liras debe tener cuerdas dispuestas horizontal y verticalmente. En la figura 4 se muestra un juego de liras (24).

Figura 4. Juego de liras para el corte de la cuajada



FUENTE. VIGUSA. Virgilio Guajardo S.A. de C.V. [Citado Diciembre de 2008]. Disponible en Internet.www.vigusa.com.mx/gifs/liras.gif

Los granos o partículas de cuajada deben ser lo más uniformes posible, para evitar diferencias de humedad dentro de la cuajada. El tamaño del grano en la cuajada se corta y tiene influencia directa en la velocidad de expulsión del suero, por lo que la humedad final de la cuajada y del queso, dependerá en forma directa del tamaño y la uniformidad del corte (5, 16).

1.5.2.4 Reposo

Luego del corte, deben dejarse los granos en reposo durante unos minutos, con el objeto de permitir la formación de una fina película en la parte exterior de los granos, a través de la cual se va a presentar posteriormente la expulsión del suero y un intercambio de elementos (como agua, vitaminas y minerales) entre el grano y el suero (5).

1.5.2.5 Agitación y calentamiento del cuajo ó cocción

Esta fase tiene por objeto facilitar la expulsión del suero de la cuajada, lo cual se logra manteniendo los granos suspendidos en el suero mediante agitación muy suave con varas de acero inoxidable. Inicialmente la agitación dura de 15 a 30 minutos. Luego de esta primera agitación se inicia un calentamiento progresivo cuya intensidad depende de cada tipo de queso y del fabricante, así por ejemplo, para el queso campesino la temperatura va de 32 a 38°C durante 15 minutos, mientras que para el queso doblecrema la temperatura es de 40 a 45°C durante 5 minutos (6, 8, 20).

1.5.2.6 Extracción del suero

La extracción se inicia desde la etapa de calentamiento de la cuajada y se termina antes de llevar la cuajada a los moldes. En algunas ocasiones se prensa la cuajada con pesas de 15 – 20 Kg dentro del suero, lo cual se conoce como pre-prensado. El prensado dentro del suero sirve para compactar los granos de cuajada sin permitir la inclusión de burbujas de aire dentro de ellos, evitando el cambio de la textura interna del queso (16).

1.5.2.7 Salazón

El momento y la forma de colocar la sal a los quesos, puede variar de un queso a otro; algunas veces se agrega durante la agitación final, otras veces se adiciona sal directamente a la cuajada ya bien escurrida, distribuyéndola con una operación de amasado o resobado, o se coloca la sal al queso ya libre de suero mediante una inmersión en salmuera (20 grados Baumé) antes del prensado final (16, 17).

1.5.2.8 Moldeo

Al terminar el proceso de desuerado de la cuajada, esta se coloca en moldes de acero inoxidable o plástico, cuyo tamaño y forma son definidas según el tipo de queso. Durante esta operación, es necesario evitar el contacto de la cuajada con utensilios que no hayan sido desinfectados adecuadamente, con el fin de evitar la contaminación del producto. Las condiciones que debe cumplir el material del molde son (7):

- No poroso
- No absorbente
- Fácil de lavar

1.5.2.9 Prensado

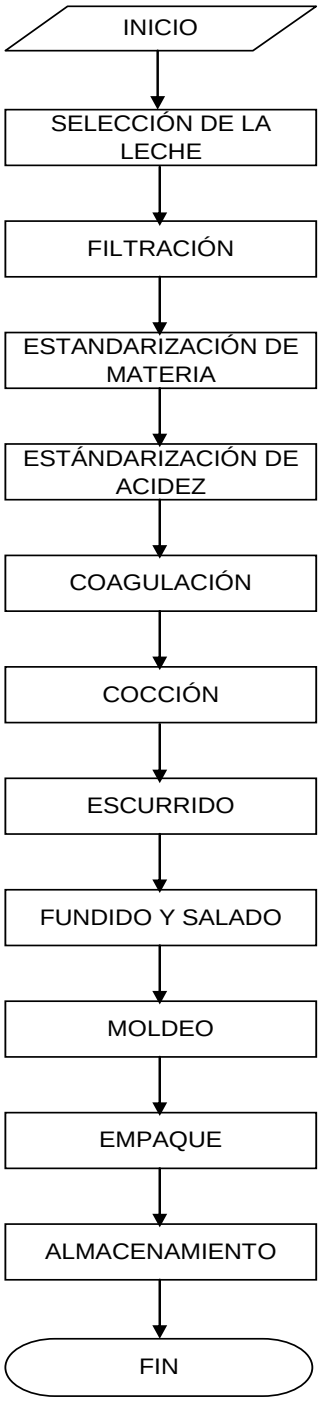
La mayoría de los quesos se llevan a una prensa manual (a la que se le adiciona peso regularmente) después del moldeo, con el objeto de darle mayor grado de

acabado a la superficie, ayudar a formar la corteza y a controlar la humedad del producto final. Las prensas utilizadas en la fabricación de quesos deben estar construidas con materiales fáciles de lavar e higienizar, como el acero inoxidable, y deben tener la manera de recoger el suero que liberan los quesos (5).

En la figura 5, se muestran los flujogramas de los pasos para la elaboración de los quesos campesino y doble crema en Inducolsa S.A.

Figura 5. Flujogramas para la elaboración de queso a) campesino y b) doblecrema

a) queso campesino



b) queso doblecrema

FUENTE. INDUCOLSA, S.A.

1.6 CLASIFICACIÓN DE LOS QUESOS

Los criterios principales para clasificar los más de 3000 tipos de queso que hay en el mundo son: la manera de coagular la leche, el contenido de agua y grasa.

En las tablas 6 y 7 se muestra la clasificación de acuerdo al contenido de agua y contenido de grasa, respectivamente según la Resolución número 01804 de 1989 del Ministerio de Salud (25).

Tabla 6. Clasificación del queso según el contenido de agua

	Blando	**Semiblando**	**Semiduro**	**Duro**
Humedad, máximo (%)	80,0	65,0	55,0	40,0

FUENTE. NORMAS Y PROCEDIMIENTOS REGLAMENTARIOS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. Ministerio de Salud. Resolución número 01804 de 1989 (03 febrero de 1989).

Tabla 7. Clasificación del queso según el contenido de grasa

	Rico en grasa	**Graso**	**Semigraso**	**Magro**
Materia grasa, mínimo (%)	60,0	45,0	20,0	0,1

FUENTE. NORMAS Y PROCEDIMIENTOS REGLAMENTARIOS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. Ministerio de Salud. Resolución número 01804 de 1989 (03 febrero de 1989).

De igual forma los quesos se pueden agrupar en (7, 16)

:

- Quesos frescos: no se maduran después de su fabricación, sino que se consumen en estado fresco; generalmente se trata de variedades de pasta blanda. Entre las variedades más comunes se encuentra el Cottage, los quesos de nata y similares y los quesos frescos de textura semidura. La diferencia entre el campesino y el doble crema radica en el proceso de fabricación. El queso campesino es un queso fresco (no madurado) no acidificado. Fabricado en molde pequeño, prensado o no. Presenta una superficie color blanco crema, que va aumentando de intensidad con la exposición de la materia grasa al medio ambiente. El queso doble crema

pertenece a los quesos frescos ácidos, no madurados, de pasta semi cocida e hilada. La apariencia externa presenta un color blanco crema o ligeramente amarillento, con una superficie brillante sin corteza o cáscara. Tiene una consistencia semiblanda, plástica, que no se deshace fácilmente cuando se frota en los dedos; de textura cerrada. Este tipo de queso se consume fresco, su sabor se caracteriza por ser moderadamente ácido.

- Quesos madurados: la mayor parte de los quesos se encuentran en esta categoría; sufren de forma progresiva y durante un tiempo más o menos largo complejas transformaciones bioquímicas, lo que brinda a cada queso un sabor, aroma, aspecto, textura y consistencia característicos.

- Quesos fundidos: la técnica del fundido consiste en transformar el paracaseinato de calcio en una solución coloidal termoestable de paracaseinato sódico, mediante el empleo de sales fundentes apropiadas, calor y agitación.

1.7 CONTROL DE CALIDAD DE LOS QUESOS

La calidad de los quesos producidos por Inducolsa, se determinaron mediante los siguientes análisis:

1.7.1 Determinación del contenido de humedad

Este análisis se realiza con de fin de determinar si el contenido de agua dentro del queso es el adecuado, ya que un exceso o defecto de esta puede afectar la durabilidad, las características fisicoquímicas y organolépticas del producto final. Además, es útil para verificar si el proceso necesita ajustes (15).
En este método la muestra se calienta bajo condiciones específicas y la pérdida de peso de la muestra se utiliza para calcular el contenido de humedad de la misma. El valor del contenido de humedad obtenido es altamente dependiente del tipo de horno que se va a utilizar, las condiciones del horno y el tiempo, así como la temperatura de secado. El tiempo requerido para el análisis puede ser de unos cuantos minutos hasta más de 24 horas (23).
De acuerdo a la cantidad de agua los quesos se clasifican como blandos, semiblandos, semiduros y duros (25).

1.7.2 Determinación del porcentaje de Proteína

El contenido de proteína da información sobre el tipo de control que se realizó del proceso, ya que el contenido de esta en el producto final depende si el proceso de coagulación, desuerado y moldeo (principalmente) se llevó a cabo adecuadamente y no hubo pérdidas significativas de proteína durante la fabricación (15).
El método de Kjeldahl es el más utilizado para determinar la proteína. El método consiste en la digestión de la muestra con H_2SO_4 y la formación de NH_4OH que es recibido en ácido para ser titulado con un álcali de concentración conocida. Deben aplicarse factores de conversión de N a proteína, que son específicos para los distintos tipos de proteína (4).

1.7.3 Determinación del porcentaje de grasa método Gerber

De acuerdo a la normativa colombiana los quesos se pueden clasificar según el contenido de grasa en ricos en grasa, grasos, semigrasas y magros (25). Esta caracteristica fisicoquimica influye en el color y sabor del queso, ademas en su durabilidad ya que un exceso de esta provoca que la durabilidad del producto sea menor ya que lo hace más susceptible a sufrir rancidez.

Este consiste en disolver la muestra en ácido sulfúrico y separar la grasa por centrifugación en butirómetros especiales para queso (23).

1.7.4 Determinación del porcentaje de ácido láctico

La acidez indica si durante el proceso de coagulación y desuerado hubo retrasos ya que el queso sufre cambios en sabor y olor, y posteriormente pude provocar problemas de durabilidad (5).
La determinación de la acidez se realiza mediante la observación del color, al mezclar volúmenes iguales de analito y una solución alcalina, que contiene un indicador incorporado (fenolftaleína).
La acidez titulable corresponde al número de mililitros (ml) de solución 0,1M de NaOH, necesarios para neutralizar determinada cantidad de muestra. El grado de acidez corresponde a la suma de todas las sustancias de reacción ácida contenidas en la misma (16).

1.7.5 Determinación de pH

El pH indica si el queso ha sufrido algún tipo de adulteración o puede dar un indicio de fallas dentro del proceso, las cuales deben analizarse y mejorarse.

En este método se mide la concentración de hidrogeniones disociados en el medio. La valoración electrónica del pH se basa en la medida de una diferencia de potencial muy pequeña, que se establece entre el electrodo de vidrio y uno de referencia, que mantiene un potencial constante (16)

1.8 ESTANDARIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

La estandarización de un método analítico es un proceso riguroso, que dependiendo de la técnica analítica a la que pertenezca el método, la matriz del analito y la cantidad de parámetros de estandarización, incluye los parámetros fundamentales para que un método analítico una vez montado, pueda empezar a reportar datos con adecuado y comprobable grado de confianza (26).

Mediante la estandarización, se obtiene en forma experimental y para las condiciones particulares del laboratorio, los valores de los parámetros que servirán como criterio de confianza del método analítico, Las variables que se deben determinar son: el promedio, rango, repetibilidad, reproducibilidad y el análisis numérico (combinación r & R) (26).

1.8.1 Análisis numérico

Este análisis se realiza mediante el cálculo de las componentes individuales de repetibilidad y reproducibilidad, y se complementa con la comparación del valor obtenido de la reproducibilidad con respecto a la repetibilidad. Este análisis se realizó para verificar la implementación de los análisis fisicoquímicos.

1.8.1.1 Repetibilidad (de mediciones *r*)

Según el VIM (vocabulario internacional de metrología), es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando, bajo las mismas condiciones de medición. Estas condiciones son llamadas condiciones de repetibilidad e incluyen: el mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición (utilizado bajo

las mismas condiciones), el mismo lugar y la repetición en un período corto de tiempo.

La repetibilidad puede ser expresada cuantitativamente en términos de la dispersión característica de los resultados (27).

1.8.1.2 Reproducibilidad (de mediciones *R*)

De acuerdo al VIM, es la concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando, bajo condiciones de medición que cambian.

Una declaración válida de reproducibilidad, requiere que se especifique la condición que cambia, las cuales pueden incluir: principio de medición, método de medición, observador, instrumento de medición, patrón de referencia, lugar, condiciones de uso y tiempo.

Si la reproducibilidad puede ser expresada cuantitativamente en términos de la dispersión característica de los resultados; se entiende que usualmente, son resultados corregidos. Así, tenemos que (27, 29):

- Si la reproducibilidad está por debajo del 10% de la repetibilidad ($R < 0{,}1r$), generalmente se considera que la reproducibilidad es aceptable, y existe compatibilidad entre las diferentes condiciones que fueron evaluadas.

- Si la reproducibilidad está entre el 10 y el 30% de la repetibilidad ($0{,}1r < R < 0{,}3r$), se considera que la reproducibilidad entre las diferentes condiciones puede ser aceptable en base a la importancia de la medición.

- Si la reproducibilidad está por encima del 30% de la repetibilidad ($R > 0{,}3r$), se deberá mejorar el sistema de medición (personal, equipo, métodos, condiciones).

1.8.1.3 Combinación de r&R

Al analizar la información que arroja el estudio de *r & R,* es posible evaluar las causas que originan la variación del sistema o del instrumento. Así, los coeficientes de variabilidad para que un proceso de medición sea aceptable, deberán estar por debajo del 5% y muy buenos por debajo del 1% (27, 30).

Con el fin de verificar si los procesos se encuentran bajo control y garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos se realizaron gráficos de control de rango y de promedio y se realizó un análisis de varianza (ANOVA).

1.8.2 Rango (R)

El rango se define como la diferencia entre los valores máximo y mínimo en un conjunto de datos.

Su determinación permite ver una rápida aproximación a la variabilidad de las mediciones y es el método rápido para verificar si la relación de ***r&R*** (repetibilidad & Reproducibilidad) no ha cambiado; así, si en los gráficos de control de R (Rango) se observan elementos fuera de control, nos indica que la repetibilidad del sistema es inestable (27).

1.8.3 Promedio ($\bar{X}$)

El promedio de los datos estadísticos, se conoce como la media aritmética y para calcularla, es necesario sumar todas las cifras de la distribución y dividirlas entre el número de cifras (27).

Esta determinación permite una estimación de la repetibilidad y de la reproducibilidad. Si en la carta de control de $\bar{X}$ se encuentran elementos fuera de control, nos indica que el sistema de medición no está operando adecuadamente, es decir, que se observan cambios en la desviación y por lo tanto, se deben realizar pruebas para determinar las causas y corregirlas, para lo cual se pueden emplear diagramas de pareto, espina de pescado, tormenta de ideas, entre otras (27).

1.8.4 Análisis estadístico por medio del análisis de varianza, ANOVA.

Los modelos de Análisis de varianza (ANOVA), son una herramienta fundamental para adentrarse en la naturaleza de la variación de los acontecimientos, ya que permiten discernir mejor las causas de los fenómenos y los efectos de los factores involucrados.

El ANOVA puede ser considerado como una manera de verificar si dos o más medias muestrales, fueron extraídas de una misma población o de poblaciones

con el mismo valor esperado. En el cuadro 1 se aprecia la forma de presentar los datos en un ANOVA simple.

Cuadro 1. Presentación de datos en un ANOVA simple

	Factor A (Lote)				
Muestra	Grupo I	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
1	X11	X21	X31	X41	X51
2	X12	X22	X32	X42	X52
3	X13	X23	X33	X43	X53
4	X14	X24	X34	X44	X54
5	X15	X25	X35	X45	X55
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
125	X1125	X2125	X3125	X4125	X5125

FUENTE. Roberto O. Kuehl. “Diseño de Experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación”. Segunda edición. Editorial Thomson Learning. Universidad de Arizona (2001).

Este método es de tipo unifactorial, es decir, que se emplea para estudiar el efecto de un cierto factor A (Lote), sobre las muestras tomadas. A cada lote se le denomina grupo.

Cuando se requiere hacer un contraste de hipótesis para el caso de variables cuantitativas, se cuenta con dos tipos de análisis de varianza:

a. Los paramétricos, que requieren que se cumplan estos dos supuestos:

- La normalidad de las distribuciones o poblaciones y

- La homogeneidad de varianza dentro de cada población a comparar

b. Los no paramétricos, que no exigen supuestos para poder ser aplicados.

Para evaluar la normalidad, la prueba más utilizada es la de Shapiro-Wilk, debido a que esta prueba calcula un estadístico W que contrasta si una muestra aleatoria $X_1,\ldots..,X_n$, procede de una distribución específicamente normal. Para evaluar la homogeneidad de varianza se utiliza la prueba Levene, debido a que este test aplica para el contraste de la hipótesis nula (H_o) de la homogeneidad de varianzas, y además permite rechazar la H_o si la significancia de su estadístico es < que 0,05.

La utilización de modelos de ANOVA, permite detectar diferencias a nivel global, entre las medias involucradas en el diseño experimental, pero en muchas ocasiones deseamos trabajar a un mayor detalle y detectar las diferencias entre grupos concretos lo que sólo es posible mediante el uso de los Procedimientos de *Comparaciones de Medias.*

Mediante el ANOVA se puede llegar a la conclusión de que existe una diferencia significativa entre los lotes para cada una de las variables consideradas, pues el interés radica en saber cuáles son los pares de lotes que difieren entre sí; este objetivo se puede lograr mediante el uso del procedimiento de comparaciones de *Tukey*, la cual es una de las pruebas más utilizadas en la literatura y en la que todas las comparaciones se refieren a una diferencia mínima (31, 32, 33).

2. METODOLOGÍA

2.1 Muestras de estudio

Los tipos de queso que se analizaron en este trabajo, fueron los queso campesino y doblecrema producidos en Inducolsa S.A.

2.2 Muestreo

Con el fin de realizar la implementación de los distintos análisis fisicoquímicos, se escogió un (1) lote conformado por 90 unidades de 250g cada una, del cual se tomaron aleatoriamente cinco (5) unidades y cada una se analizó por quintuplicado.

Para realizar el diagnóstico del proceso, se analizaron 4 lotes más; de cada lote se tomaron aleatoriamente 5 muestras y cada muestra se analizó 5 veces.

El muestreo se basó en la Norma Técnica Colombiana, NTC-ISO 2859-1 (34).

2.3 Equipos y reactivos

La parte experimental de este trabajo de grado, se desarrolló utilizando los equipos, reactivos y solventes grado analítico, que se listan a continuación, para llevar a cabo los diferentes análisis.

2.3.1 Equipos

- Balanza analítica Mettler Toledo AB 204S (220 g $\pm$ 0,1 mg)
- Baño María Memmert
- Centrífuga K.schneider y Co (1350 rpm, temperatura ambiente)
- Estufa Binder (10 – 200°C)
- Estufa para digestión Buchi (200 – 650°C)
- Incubadora Lab – Line Imperial II
- Nevera challenger

- pH-metro Mettler Toledo Seven Easy con electrodo de vidrio Mettler Toledo Indulab 410
- Unidad de destilación Buchi K – 424

2.3.2 Material de vidrio y plástico

- Balones kjeldahl, Pyrex, de 250mL de capacidad
- Butirómetros Dr. Gerber Cheese Fromage ISO 3432 (0 – 40%)
- Cajas petri de 10cm de diámetro
- Desecador
- Embudo de vidrio, Pyrex, con recipiente en ángulo de 60° y vástago de 150mm
- Erlenmeyer de vidrio de 250 mL Schott
- Frascos de boca ancha de 500 mL con tapa, Wheaton <<900>> Redi - Pak Varilla de vidrio
- Papel filtro, Schleicher & Schuell 110mm
- Pipetas graduadas de 1, 5 y 10 mL
- Rayador metálico, tamaño de poro 0,5 cm
- Tubos de ensayo de 5mL
- Varilla de vidrio
- Vaso plástico de 100 mL

2.3.3 Reactivos

- Ácido bórico comercial, Carlo Erba
- Ácido clorhídrico, Merck, 37.0 %
- Ácido sulfúrico, Mallinckrodt, 98,08%
- Alcohol Isoamílico, Merck
- Bicarbonato de sodio, Merck, 99,8%
- Carbonato de sodio, Merck, 99,9%
- Detergente multiusos pH neutro, Negreaser IC1, Ecolab
- Fenolftaleína, Merck, 0,5%
- Hidróxido de sodio, Merck, 0,1M
- Indicador Tashiro, compuesto por 0,2g de rojo de metilo, 0,1g de azul de metileno y se llevan a 100 mL con etanol
- *p*- nitrofenil-ortofosfato disódico, Carlo Erba
- Óxido de titanio, Merck, 98,0%
- Sulfato de cobre, Merck, 99,0%
- Sulfato de potasio, Merck, 99,0%

2.4 Tratamiento de muestras de quesos campesino y doble crema para la determinación de los parámetros fisicoquímicos.

2.4.1 Limpieza del material

En primer lugar, se llevó a cabo la limpieza del material de vidrio y plástico con el detergente multiusos de pH neutro, luego se enjuagó con agua destilada y se secó a 40°C en una estufa. Este proceso se realizó para evitar interferencias debidas a la contaminación secundaria por residuos de grasa o de soluciones, ya que todo el material debe estar exento de ellos (35).

2.4.2 Tratamiento de las muestras

Las muestras de 250g de queso campesino y 250g de queso doblecrema, se rayaron, con el fin de obtener partículas de menor tamaño y así facilitar la homogenización y el manejo de las muestras para realizar los análisis.

2.4.3 Almacenamiento y preservación de las muestras

Para el almacenamiento de las muestras de queso campesino y doblecrema, se utilizaron recipientes de vidrio de boca ancha y con tapa de 500mL (18) y se refrigeraron en recipientes de vidrio de boca ancha y con tapa a una temperatura de 3 – 4°C y los análisis se realizaron en un período no mayor a dos (2) semanas.

2.5 Implementación de los análisis fisicoquímicos

Al no poseer estándares certificados de muestras de queso para verificar la sensibilidad de los métodos empleados en este trabajo, para la determinación del contenido de agua, grasa, proteína, del pH y la acidez, se recurrió a métodos estadísticos no paramétricos, donde se evaluaron los datos obtenidos, realizando un análisis numérico basado en la repetibilidad y reproducibilidad en el caso de la implementación.

A las muestras se les analizó el contenido de agua y grasa para clasificar los quesos de acuerdo a la normatividad colombiana y la proteína, pH y acidez, se analizaron para conocer las condiciones fisicoquímicas finales del producto y así establecer si pueden o no salir al mercado y si son aptas para el consumo humano.

Para realizar la implementación, se analizaron por quintuplicado, cinco muestras de un lote.

.

2.5.1 Repetibilidad (*r*)

La repetibilidad fue evaluada estadísticamente con los datos experimentales obtenidos. Se analizaron, por quintuplicado, cinco muestras de un mismo lote.
El cálculo se muestra en el anexo D.

2.5.2 Reproducibilidad (*R*)

La reproducibilidad de los métodos fisicoquímicos se determinó, analizando diferentes muestras durante los días de producción de otros lotes.

El cálculo se muestra en el anexo D.

2.5.3 Combinación de *r&R*

La combinación de *r&R* se obtuvo como la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de repetibilidad (variabilidad interna promedio) y reproducibilidad (variabilidad entre condiciones).

2.6 Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos que la empresa ha decidido implementar son la determinación del contenido de agua, grasa y proteína, el porcentaje de acido láctico, pH.

A continuación, se describen los análisis realizados:

2.6.1 Humedad

Se pesaron 5 g (± 0,1mg) de muestra en una caja petri y se secaron en una estufa a 102°C durante 6 horas. Se dejó enfriar en el desecador, hasta obtener un peso constante (37).

El contenido de agua fué calculado empleando la ecuación 1 que se muestra a continuación:

$$\% H = \frac{\text{w inicial muestra (g)} - \text{w final muestra (g)}}{\text{w inicial muestra (g)}} \times 100 \qquad \text{(Ec. 1)}$$

Donde: w inicial muestra, es lo que se pesó de muestra de queso inicialmente

w final muestra, es el peso obtenido después del proceso de secado

2.6.2 Nitrógeno total

En un balón kjeldahl de 250mL de capacidad, se realizó la digestión de 0,5g (± 0,1mg) de muestra de queso con 10mL de ácido sulfúrico concentrado y 3g (± 0,1mg) de catalizador (compuesto por 10g sulfato de potasio, 0,3g sulfato cúprico y 0,3 dióxido de titanio) en la estufa de digestión durante 4 horas a una temperatura de 400ºC hasta un color verde claro. Luego, se dejó enfriar la muestra y se destiló, en la unidad de destilación, recogiendo el ion amonio en ácido bórico al 4%, para finalmente titularla con una solución estandarizada de ácido clorhídrico 0,1 N hasta color fucsia, utilizando el indicador Tashiro (14, 37).

El contenido de nitrógeno fue calculado empleando la ecuación 2:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{\text{V HCl (mL) x N HCl x 0,014}}{\text{W muestra (g)}} \times 100 \qquad \text{(Ec. 2)}$$

Donde: V HCl, es el volumen de ácido clorhídrico empleado en la titulación
N HCl, es la normalidad de ácido clorhídrico empleado en la titulación
W muestra, es el peso de la muestra utilizada

Para calcular el porcentaje de proteína, se empleó la siguiente ecuación (Ec. 3):

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times 6{,}38 \qquad \text{(Ec .3)}$$

En la figura 5 se aprecia cómo quedan las muestras después del proceso de digestión.

Figura 5. Muestra digestada para análisis de proteína

FUENTE. AUTOR.

2.6.3 Grasa

Para la determinación del porcentaje de grasa en el queso campesino y doblecrema, se utilizó el método Gerber Van-Gulk, donde se pesaron 3g (±0,1 mg) de muestra en la cápsula de vidrio del butirómetro; se le adicionaron 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (densidad 1,8250g/mL), 1mL de alcohol isoamílico y se completó con agua destilada hasta cubrir completamente el cuello del butirómetro. Se centrifugó por espacio de 10 minutos a 1350 revoluciones por minuto. Posteriormente, se colocaron los butirómetros en baño maría a 65°C (±1°C) durante 5 minutos y se procedió a realizar la lectura directa (37, 38).

2.6.4 Acidez

A 10g (±0,1 mg) de muestra de queso, se le adicionó 100mL de agua destilada a 40°C; se agitó vigorosamente y se filtró a través de papel filtro. Se tomaron 25mL

de la solución filtrada y se tituló con NaOH 0,1 M hasta el cambio de color, usando fenolftaleína como indicador (37).

El contenido de ácido láctico se calculó mediante la siguiente ecuación (Ec. 4):

$$\% \text{ Ácido Láctico} = \frac{\text{V NaOH (L) x N NaOH x (90.08)}}{\text{W muestra (g)}} \times 100 \qquad \text{(Ec. 4)}$$

Donde, V NaOH, es el volumen gastado para la titulación en litros

N NaOH, es la normalidad del hidróxido de sodio (g/L)

W muestra, es el peso de la muestra tomado (g)

Los resultados se expresan como ácido láctico: 1mL de NaOH 0,1M = 0,0090g ácido láctico, o también se pueden expresar como mL de NaOH 0,1M / 100 g.

2.6.5 pH

A 10g (±0,1 mg) de muestra de queso se le adicionó lentamente y con agitación constante, 90mL de agua destilada caliente, hasta obtener una suspensión homogénea. Se dejó enfriar y cuando la suspensión llegó a 20°C, se midió el pH con un pH-metro (37).

2.7 Control del proceso de pasteurización. Prueba de la Fosfatasa alcalina

Con el fin de verificar que la leche empleada en la fabricación de los quesos campesino y doblecrema, hubiera sido higienizada correctamente, se realizó la prueba de fosfatasa. Para implementar esta prueba, se analizaron por quintuplicado, 5 muestras de un lote.

Para esta prueba, se tomaron 5 g (±0,1 mg) de muestra de queso, que se mezclaron con 10mL de una solución tampón de carbonato/bicarbonato de sodio de pH 7, hasta obtener una papilla, la cual se centrifugó por espacio de 5 minutos a 1350 revoluciones por minuto. Se tomaron 0,5mL del sobrenadante y se adicionaron a tubos de ensayo que contenían 2,5mL de *p* - nitrofenil-ortofosfato

disódico y se incubaron a 37°C durante 2h. Cumplidas las 2 horas, se observaron los tubos de ensayo; se verificó que no hubiera cambio en el color de la solución; un cambio de color de blanco a amarillo, indica una pasteurización deficiente (6).

2.8 CONTROL DE PROCESO

Una vez implementados los análisis, se aplicaron para verificar que el proceso se encontraba bajo control, se analizaron cuatro lotes adicionales, de los cuales, de cada unos se tomaron 5 muestras y cada muestra se analizó 5 veces. Con estos datos, se realizaron las gráficas de promedio y de rango y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para ver si existían diferencias entre ellos.

2.8.1 Rango (R)

El valor del rango se obtiene de la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de los datos experimentales obtenidos en el laboratorio. En este trabajo, para determinar el valor del rango, se promediaron los rangos de cada repetición. Los datos se muestran en el anexo E.

2.8.2 Promedio ($\bar{X}$)

En este trabajo se calculó el promedio de cada repetición y el valor obtenido se promedió, es decir, se toma un promedio de promedios.

Los datos se muestran en el anexo E.

2.8.3 Análisis de varianza, ANOVA

Para realizar el análisis de varianza ANOVA, se tomaron 125 datos, que se obtuvieron de los diferentes análisis realizados y fueron introducidos en el programa estadístico SPSS con el fin de conocer si había diferencias entre ellos.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante el desarrollo de este trabajo, se realizó la implementación de los distintos análisis fisicoquímicos de los quesos como herramienta principal de la empresa para la clasificación de los quesos y evaluar su calidad; posteriormente se realizó un control sobre el proceso basado en gráficos de control de rangos y promedios y un análisis estadístico por medio de ANOVA, con el fin de conocer si los procesos se encontraban bajo control. A continuación se presentan los resultados obtenidos para la implementación.

3.1 Implementación de los análisis fisicoquímicos

Los primeros intentos para mejorar la calidad de los productos se basa en el uso de los recursos disponibles en la inspección de los productos finales, en este trabajo, se recurrió al análisis numérico que se basa en la repetibilidad y reproducibilidad para establecer si la implementación de los métodos para determinar las variables fisicoquímicas presentaban las características estadísticas necesarias para ser validos, puesto que no se contaba con un patrón de queso no se puedo detectar limite de cuantificación, sensibilidad, linealidad y precisión.

3.1.1 ANALISIS NUMERICO QUESO CAMPESINO

3.1.1.1 Contenido de agua

Para realizar la implementación se analizaron por quintuplicado, cinco muestras de un mismo lote. El muestreo aleatorio se basó en la NTC-ISO 2859-1 y los datos obtenidos se trataron estadísticamente por medio de un análisis numérico fundamentado en el método de repetibilidad y reproducibilidad; el cálculo de las componentes individuales de repetibilidad y reproducibilidad, se muestran a continuación en la tabla 8.

TABLA 8. Análisis numérico de la humedad para el queso campesino

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	48,3242	48,3444	0,2463	0,0963	0,0092	0,090	48,540	0,180	0,110	0,220	0,140
		2	48,4999										
		3	48,2536										
		4	48,2817										
		5	48,3627										
	2	1	48,6920	48,6755	0,1320	0,0525	0,0028						
		2	48,7177										
		3	48,5858										
		4	48,7080										
		5	48,6758										
	3	1	48,6572	48,6980	0,2209	0,0872	0,0076						
		2	48,7872										
		3	48,7405										
		4	48,7389										
		5	48,5663										
	4	1	48,6876	48,7172	0,0603	0,0235	0,0006						
		2	48,7138										
		3	48,7479										
		4	48,7323										
		5	48,7048										
	5	1	48,4867	48,5263	0,0737	0,0295	0,0008						
		2	48,5803										
		3	48,5440										
		4	48,5120										
		5	48,5284										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A

La desviación estándar, que indica cuanto tienden a alejarse los datos del promedio, presentó el valor más alto (0,0963) en la muestra número 1, lo cual se verifica al mirar el valor del rango (0,2463) que es el valor obtenido de la diferencia entre 48,4999 (mayor valor) y 48,2536 (menor valor), que también fue el más alto de las cinco muestras analizadas; sin embargo, todo el conjunto de datos no superó el 0,1 en el valor de desviación estándar, lo que indica que los análisis

realizados cumplieron con lo establecido estadísticamente para ser implementados y las pequeñas diferencias que aparecen entre los datos pueden deberse a:

1. Para este análisis se utilizaron gran cantidad de cajas petri con pesos bastante variables que afectaron los resultados obtenidos

2. Errores por parte del experimentador al no esparcir adecuadamente la muestra sobre la caja petri, impidiendo que el agua fuera expulsada uniformemente de la muestra, proporcionando datos errados

3. Fluctuaciones de temperatura del horno empleado para el análisis

4. Falta de verificación, por parte del experimentador, del estado de la silica gel del desecador, ya que si esta se encuentra húmeda puede provocar ganancia de humedad de la muestra o que la muestra no se encuentre fría al momento de ser pesada, lo que afecta el peso

5. Como la temperatura no es uniforme en toda la estufa, pudo haber muestras que quedaron ubicadas en lugares de temperaturas un poco menores, afectando la liberación del agua de las muestras e incrementando su peso final.

Adicionalmente, hay que tener en cuenta que el estado de los equipos empleados para las determinaciones no fue el óptimo, ya que la estufa donde se realizó el proceso de secado había sido reparada recientemente y la calibración después de su revisión no había sido hecha, lo que pudo afectar la temperatura. Una vez detectado este inconveniente se solicitó la verificación de la temperatura y su respectiva calibración con el fin de disminuir el error producido por este factor en ensayos posteriores.

También hay que considerar que el entorno desempeña un papel importante al momento de realizar los análisis; el laboratorio fisicoquímico de Inducolsa no tiene un ambiente controlado y las balanzas no están ubicadas en cuartos o cabinas especiales, donde factores como el viento y la temperatura no afecten los pesos; con esta consideración, se realizó una mejora, ya que se realizó la solicitud para que fueran adquiridas mesas antivibratorias y la construcción de un cuarto especial para ellas.

Con respecto a la varianza, los resultados son bastante pequeños, lo que quiere decir que el conjunto de datos es muy homogéneo, o sea, el sistema se encuentra en equilibrio.

El sigma de repetibilidad (*r*) se basa en la relación del promedio de cada repetición y se observa que es muy bajo (0,090) y el sigma de reproducibilidad (*R*) presentó un valor de 0,110; ambos valores son bastante menores de 5%, valor que se considera muy bueno estadísticamente para el desarrollo de mediciones estadísticas. El sigma de reproducibilidad es un poco mayor que el de repetibilidad ya que este es influenciado por la repetibilidad y la variabilidad de todas las mediciones.

Como se observa, en los valores obtenidos de C_{Vr} y C_{VR} para determinar el contenido de agua, estos no fueron mayores al 0,3 %, lo que indica que todos los errores atribuibles al ensayo se encuentran dentro del margen esperado de aceptación (5%) y las diferencias halladas pueden ser debidas a errores cometidos por parte del experimentador como se mencionó anteriormente, es decir errores clasificados como groseros, debido a que se atribuyen al operador.

La correlación r&R presenta un valor bajo (0,140), lo que indica que el proceso de implementación se encuentra funcionando en condiciones normales, es decir, la implementación posee buena repetibilidad y reproducibilidad; y las diferencias observadas en los datos son atribuibles a causas ajenas al proceso, como ya se mencionó anteriormente.

3.1.1.2 Contenido de proteína

La normatividad colombiana no establece el contenido de proteína en el queso como parámetro de clasificación. En este trabajo se determinó el contenido de proteína debido a la importancia que tienen las caseínas de la leche en el proceso de coagulación y se tomó como referencia los valores reportados en la literatura (entre 17 y 29%).

Los datos para esta implementación se obtuvieron al analizar cinco muestras de un lote, por quintuplicado y se muestran en la tabla 9.

TABLA 9. Análisis numérico de la Proteína para el queso campesino

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	PROTEÍNA (%)	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	15,50	15,52	0,04	0,015	0,0002	0,01	15,55	0,09	0,01	0,09	0,02
		2	15,53										
		3	15,54										
		4	15,52										
		5	15,52										
	2	1	15,54	15,56	0,03	0,012	0,0002						
		2	15,57										
		3	15,57										
		4	15,56										
		5	15,56										
	3	1	15,55	15,56	0,02	0,008	0,0001						
		2	15,55										
		3	15,56										
		4	15,56										
		5	15,57										
	4	1	15,56	15,56	0,03	0,013	0,0002						
		2	15,54										
		3	15,54										
		4	15,57										
		5	15,56										
	5	1	15,54	15,55	0,02	0,008	0,0001						
		2	15,54										
		3	15,56										
		4	15,55										
		5	15,56										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A

La tabla 9 muestra que el mayor valor en desviación estándar (0,015) y rango (0,04) se presentó en las 5 repeticiones de la muestra 1, variación que fue atribuida a errores en la manipulación del equipo empleado para la determinación de proteína ya que era nuevo y fue complicado establecer las condiciones optimas de funcionamiento, las lecturas se vieron influenciadas por el estado de los equipos y si no se encuentran calibrados influye sobre la repetibilidad debido a la variabilidad que pueden presentar los datos, pero con el paso de las muestras esto se mejoró, ya que en eso consiste la mejora continua; a pesar de esto las desviaciones estándar fueron muy pequeñas indicando que la mayoría de los valores giran cerca al rango, de igual forma los promedios tiene valores muy cercanos entres sí, la diferencia entre los valores puede deberse a:

1. Errores al momento de digestar completamente la muestra, debido a que no se permitió que la reacción se llevara a cabo completamente y no fuera liberada toda la proteína, dando valores erróneos

2. Apreciaciones equivocas del viraje del indicador al momento de realizar la titulación, debido a que el cambio del indicador es de apreciación y se ve afectado por la iluminación

3. Una homogenización deficiente de la muestra en el instante de conservarla, ya que al momento de pasarla por el tamiz y reagruparla pudo haber perdidas de muestra.

Sin embargo, los valores de varianza reflejan que una buena homogeneidad del conjunto.

De igual forma, la correlación r&R muestra un valor 0,02, que es mucho menor de lo que exige la estadística (hasta 5%) para establecer que las condiciones del proceso son muy buenas.

3.1.1.3 Contenido de grasa

Para realizar la implementación se analizaron por quintuplicado, cinco muestras de un mismo lote. El muestreo aleatorio se basó en la NTC-ISO 2859-1 y los datos obtenidos se trataron estadísticamente por medio de un análisis numérico fundamentado en el método de repetibilidad y reproducibilidad; el cálculo de las componentes individuales de repetibilidad (C_{vr}) y reproducibilidad (C_{vR}), se muestran a continuación en la tabla 10.

TABLA 10. Análisis numérico de Grasa para el queso campesino

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	GRASA (%)	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	25,00	24,60	1,00	0,548	0,300	0,650	24,800	2,610	0,660	2,670	0,930
		2	25,00										
		3	24,00										
		4	24,00										
		5	25,00										
	2	1	24,50	24,60	1,00	0,418	0,175						
		2	25,00										
		3	25,00										
		4	24,50										
		5	24,00										
	3	1	24,50	24,70	1,00	0,447	0,200						
		2	24,00										
		3	25,00										
		4	25,00										
		5	25,00										
	4	1	24,00	24,20	0,05	0,274	0,075						
		2	24,50										
		3	24,00										
		4	24,00										
		5	24,50										
	5	1	25,00	24,80	1,50	0,570	0,325						
		2	25,00										
		3	25,00										
		4	24,00										
		5	24,50										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A.

Los valores de varianza, en la tabla 10, no superan el 0,4 y la desviación estándar no muestra valores mayores de 0,6, esto indica que la implementación del análisis se llevó a cabo satisfactoriamente y que el método es confiable debido a que no superó el 1%; lo cual se confirma con el valor r&R que es mucho menor (0,930) a lo exigido estadísticamente (5%) para que los análisis sean aceptados y catalogados como muy buenos.

En la tabla se observa que la muestra número 4 presenta el menor valor promedio de grasa, esto pudo deberse a

1. Errores por parte del experimentador al no agitar adecuadamente la muestra antes de colocarla en la centrífuga

2. Haber realizado una mala lectura del butirómetro después de retirarlo del baño maría al observar equívocamente la posición del menisco

3. Al momento de tomar la muestra no se homogenizó correctamente.

3.1.1.4 Acidez

El contenido de ácido láctico no es establecido, por la normatividad colombiana, como parámetro para clasificar los quesos. En este trabajo se incluyó la implementación de este análisis puesto que ayuda a verificar las buenas condiciones del producto.

Los datos para esta implementación se obtuvieron al analizar cinco muestras de un lote, por quintuplicado y se muestran en la tabla 11.

TABLA 11. Análisis numérico de Ácido láctico para el queso campesino

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	ÁCIDO LÁCTICO (%)	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	2,52E-03	2,57E-03	9,0E-05	4,93E-05	0,0000	8,70E-05	2,60E-03	3,330	8,80E-05	3,370	1,24E-04
		2	2,61E-03										
		3	2,61E-03										
		4	2,52E-03										
		5	2,61E-03										
	2	1	2,70E-03	2,68E-03	1,8E-04	7,53E-05	0,0000						
		2	2,61E-03										
		3	2,79E-03										
		4	2,61E-03										
		5	2,70E-03										
	3	1	2,52E-03	2,62E-03	1,8E-04	7,53E-05	0,0000						
		2	2,61E-03										
		3	2,61E-03										
		4	2,70E-03										
		5	2,70E-03										
	4	1	2,61E-03	2,52E-03	1,8E-04	6,38E-05	0,0000						
		2	2,52E-03										
		3	2,43E-03										
		4	2,52E-03										
		5	2,52E-03										
	5	1	2,70E-03	2,88E-03	2,7E-04	1,03E-04	0,0000						
		2	2,61E-03										
		3	2,52E-03										
		4	2,79E-03										
		5	2,70E-03										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A.

La tabla 11, muestra que para la acidez se obtuvo una correlación r&R menor al 2,00E-03%, lo que indica que todos los errores atribuibles al ensayo se encuentran dentro del margen esperado de aceptación. La variabilidad entre los cinco diferentes subgrupos, se debe a las pequeños cambios entre las desviaciones estándar, por ser un método de medición en el cual hay diferencias en los resultados debido a la pericia del analista en la titulación y a que el resultado es subjetivo de apreciación o percepción del color indicado para el fin de la titulación, ya que esto depende de factores como la luminosidad del lugar donde se realiza el análisis; para corregir este factor y colaborar con los analistas, se dispuso un lugar especifico para realizar las titulaciones y se instaló una lámpara adicional en el laboratorio fisicoquímico.

Hay que considerar que la variación es un elemento inherente a la respuesta de un proceso; se pueden lograr procesos con una variación reducida a su mínima expresión pero nunca ésta va a ser cero.

3.1.1.5 pH

La normatividad colombiana, no establece el pH en el queso como parámetro de clasificación. En este trabajo se determinó el pH con el fin de verificar las condiciones del producto.

Los datos para esta determinación se obtuvieron al analizar cinco muestras de un lote, por quintuplicado y se muestran en la tabla 12.

TABLA 12. Análisis numérico de pH para el queso campesino

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	pH	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	7,31	7,32	0,20	0,07	0,005	0,11	7,28	1,56	0,11	1,55	0,16
		2	7,40										
		3	7,34										
		4	7,20										
		5	7,33										
	2	1	7,39	7,28	0,23	0,11	0,011						
		2	7,34										
		3	7,18										
		4	7,16										
		5	7,35										
	3	1	7,43	7,26	0,30	0,14	0,019						
		2	7,39										
		3	7,19										
		4	7,13										
		5	7,17										
	4	1	7,38	7,31	0,23	0,09	0,008						
		2	7,34										
		3	7,32										
		4	7,15										
		5	7,35										
	5	1	7,21	7,25	0,14	0,07	0,004						
		2	7,19										
		3	7,33										
		4	7,31										
		5	7,20										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A.

En la tabla 12, los resultados de la desviación estándar y los rangos para pH no superan el 0.3, demostrando la poca variabilidad del método empleado, es decir, la variación natural del proceso es inferior a la permitida por la especificación, demostrando que el proceso satisface los requerimientos para su implementación. La variabilidad más alta se observa en muestra número 3, debido, a la temperatura de la muestra en el momento de la medición y/o a la preparación de la muestra. También se deben tener en cuenta las condiciones del equipo empleado para la medición.

Con respecto a los valores obtenidos para la combinación *r & R* se observa que el valor supera el 0,2%, lo cual indica que el proceso de medición realizado es muy buena y las causas que originan la variación del sistema están bajo control.

3.1.2 ANÁLISIS NUMÉRICO QUESO DOBLECREMA

3.1.2.1 Contenido de agua

Para realizar la implementación se analizaron por quintuplicado, cinco muestras de un mismo lote. El muestreo aleatorio se basó en la NTC-ISO 2859-1 y los datos obtenidos se trataron estadísticamente por medio de un análisis numérico fundamentado en el método de repetibilidad y reproducibilidad; el cálculo de las componentes individuales de repetibilidad y reproducibilidad, se muestran a continuación en la tabla 13.

TABLA 13. Análisis numérico de humedad para el queso doblecrema

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	57,9980	57,7623	0,3672	0,1505	0,0226	0,100	58,340	0,180	0,130	0,230	0,170
		2	57,6308										
		3	57,7143										
		4	57,6509										
		5	57,8178										
	2	1	58,3444	58,3539	0,1956	0,0734	0,0054						
		2	58,4541										
		3	58,3220										
		4	58,2586										
		5	58,3903										
	3	1	58,5219	58,5193	0,1740	0,0679	0,0046						
		2	58,4354										
		3	58,4744										
		4	58,6095										
		5	58,5554										
	4	1	58,5768	58,5296	0,1753	0,0706	0,0049						
		2	58,4451										
		3	58,5234										
		4	58,6204										
		5	58,4823										
	5	1	58,5043	58,5220	0,1526	0,0556	0,0031						
		2	58,5423										
		3	58,5194										
		4	58,4457										
		5	58,5982										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A.

En esta tabla 13 se observa una desviación estándar inferior a 0,2, indicando que los análisis realizados fueron buenos y las pequeñas diferencias que aparecen entre los datos se debieron a

1. La falta de cuidado por parte del experimentador al momento de tarar las cajas petri a utilizar

2. Errores por parte del experimentador al no distribuir uniformemente la muestra sobre la caja petri, dificultando la adecuada expulsión de agua de la muestra, proporcionando datos errados

3. La temperatura del horno empleado para el análisis fluctuaba en un rango de $\pm$ 10,0°C produciendo falencias para alcanzar la temperatura adecuada del proceso de secado

4. Como la temperatura no es uniforme en toda la estufa, pudo haber muestras que quedaron ubicadas en lugares de temperaturas un poco menores, afectando la liberación del agua de las muestras e incrementando su peso final

5. Falta de verificación, por parte del experimentador, del estado de la silica gel del desecador, ya que si esta se encuentra húmeda puede provocar ganancia de humedad de la muestra o que la muestra no se encuentre fría al momento de ser pesada, lo que afecta el peso.

Con respecto a la varianza, los resultados son bastante pequeños, lo que quiere decir que el conjunto de datos es muy homogéneo, o sea, el sistema se encuentra en equilibrio.

Los valores obtenidos de C_{Vr} y C_{VR} para determinar el contenido de agua, estos no fueron mayores al 0,2 %, lo que indica que los errores atribuibles al ensayo se encuentran dentro del margen esperado de aceptación y las diferencias halladas pueden ser debidas de errores cometidos por parte del experimentador como se mencionó anteriormente.

Se debe considerar que las variaciones que ocurren dentro de los procesos tienen cinco fuentes importantes, que son:

- Hombre: experiencia, motivación, preparación, instrucción, etc.

- Máquinas: edad, calidad, estado de mantenimiento, etc.
- Materiales: características dimensionales, heterogeneidad, físicas.
- Métodos: efectividad, rendimiento, etc.
- Entrono: presión, temperatura, humedad, vibraciones, etc.

Siendo tantos los factores que afectan la respuesta de un sistema, está más que justificada la existencia de variación en las características que determinan la calidad del producto.

3.1.2.2 Contenido de proteína

La normatividad colombiana no establece el contenido de proteína en el queso como parámetro de clasificación. En este trabajo se determinó el contenido de proteína debido a la importancia que tienen las caseínas de la leche en el proceso de coagulación.

Los datos para esta determinación se obtuvieron al analizar cinco muestras de un lote, por quintuplicado y se muestran en la tabla 14.

TABLA 14. Análisis numérico de la Proteína para el queso doblecrema

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	PROTEÍNA (%)	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	21,49	21,51	0,03	0,011	0,0001	0,01	21,50	0,06	0,01	0,06	0,02
		2	21,51										
		3	21,51										
		4	21,52										
		5	21,50										
	2	1	21,48	21,50	0,03	0,011	0,0001						
		2	21,50										
		3	21,51										
		4	21,50										
		5	21,49										
	3	1	21,51	21,51	0,02	0,009	0,0001						
		2	21,52										
		3	21,50										
		4	21,52										
		5	21,52										
	4	1	21,49	21,50	0,03	0,011	0,0001						
		2	21,52										
		3	21,50										
		4	21,50										
		5	21,50										
	5	1	21,49	21,49	0,03	0,013	0,0002						
		2	21,48										
		3	21,51										
		4	21,48										
		5	21,48										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A.

Las desviaciones estándar indican la cercanía de los datos al promedio, que se muestran en la tabla 14 son bastante pequeñas indicando que la mayoría de los valores giran cerca al rango, de igual forma las varianzas tiene valores muy cercanos entres sí demostrando el equilibrio del sistema; las diferencias que se muestran entre los promedios se atribuyeron a:

1. Una homogenización deficiente de la muestra en el instante de conservarla

2. Apreciaciones equivocas del viraje del indicador al momento de realizar la titulación

3. Errores al momento de digestar completamente la muestra, dando valores diferentes.

La correlación r&R muestra un valor 0,02, mucho menor de lo que exigido estadísticamente (hasta 5%) para establecer que las condiciones y resultados de un análisis son muy buenas.

3.1.2.3 Contenido de grasa

Para realizar la implementación se analizaron por quintuplicado, cinco muestras de un mismo lote. El muestreo aleatorio se basó en la NTC-ISO 2859-1 y los datos obtenidos se trataron estadísticamente por medio de un análisis numérico fundamentado en el método de repetibilidad y reproducibilidad; el cálculo de las componentes individuales de repetibilidad y reproducibilidad, se muestran a continuación en la tabla 15.

TABLA 15. Análisis numérico de Grasa para el queso doblecrema

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	GRASA (%)	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	19,00	19,20	0,50	0,274	0,075	0,500	19,020	2,650	0,500	2,660	0,710
		2	19,00										
		3	19,50										
		4	19,00										
		5	19,50										
	2	1	18,50	18,60	0,50	0,224	0,060						
		2	18,50										
		3	19,00										
		4	18,50										
		5	18,50										
	3	1	19,50	19,30	0,50	0,274	0,075						
		2	19,50										
		3	19,00										
		4	19,50										
		5	19,00										
	4	1	19,00	19,10	0,50	0,224	0,050						
		2	19,50										
		3	19,00										
		4	19,00										
		5	19,00										
	5	1	19,50	18,90	2,00	0,882	0,675						
		2	19,00										
		3	19,00										
		4	17,50										
		5	19,50										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A.

Los valores de varianza mostrados en la tabla 15, no superan el 1,0 y la desviación estándar no muestra valores superiores de 0,9, esto indica que la implementación del análisis se llevó cabo satisfactoriamente y que el método es confiable; lo cual se confirma con el valor r&R que es mucho menor (0,71%) a lo exigido estadísticamente (5%) para que los procesos sean aceptados, es decir, las condiciones sobre las que se realizaron las mediciones se encontraban bajo control (objeto a medir, equipo, metrólogo, condiciones ambientales y método).

En la tabla 15 se observa que los rangos son un poco mayores a lo que se había venido mostrando, esto puede atribuirse a la consistencia cauchosa del queso doblecrema, ya que hace más difícil su manejo y homogenización, además durante el proceso se pueden cometer errores que ocasionan una mala distribución de la grasa dentro de los quesos (hilado, moldeo y volteos, principalmente); en la muestra número 5 se presenta el mayor valor de rango de grasa, esto debió a errores por parte del experimentador al no agitar adecuadamente la muestra o haber realizado una mala lectura del butirómetro o al momento de tomar la muestra para realizar el ensayo no se agitó adecuadamente.

Se debe tener en cuenta que existen causas comunes o causas aleatorias de variación, como son el entrenamiento o experiencia del personal, maquinas con adecuado mantenimiento preventivo, condiciones del entorno variables, entre otras, que con el tiempo produce que las variaciones se estabilicen dando lugar a una variación previsible, que proporciona un punto de partida para la posterior mejora del proceso. Adicionalmente, sobre el proceso actúan causas especificas que producen efectos definidos, estas causas especificas de variación son: desgastes excesivos en maquinas y herramientas, fallos humanos, material fuera de especificación, entre otras, y producen variaciones no constantes (impredecibles), variaciones importantes e inestabilidad en el proceso, es decir errores sistemáticos, de ajuste y aleatorios.

3.1.2.4 Acidez

El contenido de ácido láctico no es establecido, por la normatividad colombiana, como parámetro para clasificar los quesos. En este trabajo se implementó el

análisis del porcentaje de ácido láctico con la finalidad de verificar las buenas condiciones del producto.

Los datos para esta determinación se obtuvieron al analizar cinco muestras de un lote, por quintuplicado y se muestran en la tabla 16.

TABLA 16. Análisis numérico de Ácido láctico para el queso doblecrema

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	ÁCIDO LÁCTICO (%)	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	3,60E-03	3,42E-03	9,0E-05	1,80E-04	0,0000	1,60E-04	4,10E-03	3,870	1,90E-04	4,590	2,45E-04
		2	3,24E-03										
		3	3,24E-03										
		4	3,42E-03										
		5	3,60E-03										
	2	1	4,14E-03	4,32E-03	1,8E-04	1,68E-04	0,0000						
		2	4,32E-03										
		3	4,59E-03										
		4	4,23E-03										
		5	4,32E-03										
	3	1	3,87E-03	3,96E-03	1,8E-04	9,00E-05	0,0000						
		2	3,87E-03										
		3	3,96E-03										
		4	4,05E-03										
		5	4,05E-03										
	4	1	4,50E-03	4,46E-03	1,8E-04	1,02E-04	0,0000						
		2	4,32E-03										
		3	4,41E-03										
		4	4,59E-03										
		5	4,50E-03										
	5	1	4,23E-03	4,21E-03	2,7E-04	1,17E-04	0,0000						
		2	4,05E-03										
		3	4,32E-03										
		4	4,32E-03										
		5	4,14E-03										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A.

Como se muestra en la tabla 16, para la acidez, se obtuvo una correlación r&R menor al 2,00E-03, lo que indica que todos los errores atribuibles al ensayo se encuentran dentro del margen esperado de aceptación. Las diferencias entre los cinco diferentes subgrupos, se debe a la variabilidad en las desviaciones estándar,

por ser un método de medición en el cual hay variación en los resultados debido a la pericia del analista en la titulación y a que el resultado es subjetivo de apreciación o percepción del color indicado para el fin de la titulación.

Se debe ser cuidadoso en la producción de este tipo de queso ya que al clasificarse como ácido, es una variable que debe monitorearse constantemente durante la coagulación principalmente, ya que no se debe permitir un aumento abrupto de esta porque puede ocasionar problemas de calidad y dificultades en la producción.

3.1.2.5 pH

La normatividad colombiana, no establece el pH en el queso como parámetro de clasificación. En este trabajo se determinó el pH con el fin de verificar las condiciones del producto.
Los datos para esta implementación se obtuvieron al analizar cinco muestras de un lote, por quintuplicado y se muestran en la tabla 17.

TABLA 17. Análisis numérico de pH para el queso doblecrema

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	pH	PROMEDIO	RANGO	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	S_r	M_p	C_{vr}	S_R	C_{vR}	r &R
1	1	1	6,56	6,56	0,20	0,01	0,3E-04	0,01	6,56	0,12	0,01	0,12	0,01
		2	6,56										
		3	6,56										
		4	6,56										
		5	6,55										
	2	1	6,57	6,57	0,23	0,01	0,3E-04						
		2	6,56										
		3	6,57										
		4	6,57										
		5	6,56										
	3	1	6,55	6,55	0,30	0,01	0,3E-04						
		2	6,55										
		3	6,56										
		4	6,56										
		5	6,55										
	4	1	6,54	6,56	0,23	0,01	1,2E-04						
		2	6,56										
		3	6,57										
		4	6,56										
		5	6,56										
	5	1	6,55	6,55	0,14	0,01	0,3E-04						
		2	6,56										
		3	6,56										
		4	6,55										
		5	6,55										

FUENTE. AUTOR

Los datos se trataron según las ecuaciones y los cálculos relacionados en el anexo A.

La tabla 17 muestra que los valores de las desviaciones estándar para pH, no fueron superiores al 0,3, lo que indica que todos los errores atribuibles al ensayo se encuentran dentro del margen esperado de aceptación. La variabilidad más alta se observa en muestra número 3, debido, a la temperatura de la muestra en el momento de la medición y/o a la preparación de la muestra. También se deben tener en cuenta las condiciones del equipo empleado para la medición.

Con respecto a los valores obtenidos para la combinación *r & R* se observa que el valor supera el 0,2%, lo cual indica que el proceso de medición realizado es muy buena y las causas que originan la variación del sistema están bajo control.

Se debe tener en cuenta que existen varios factores que influyen sobre los resultados obtenidos, como los son el ambiente donde se realizan los análisis, el estado de los equipos, para el pH-metro se debe verificar la fecha de la última calibración, revisar el estado del electrodo, temperatura de la muestra, entre otros, ya que esto produce variabilidad en los resultados.

3.2 PRUEBA DE FOSFATASA ALCALINA.

Para cada muestra de queso analizada (campesino y doblecrema), se realizó la determinación de la ausencia de la enzima fosfatasa en el producto terminado, con el fin de determinar si la leche empleada para su producción fue higienizada correctamente, es decir, son seguros para el consumo humano.

Los resultados obtenidos se resumen a continuación (tabla 18).

TABLA 18. Datos de la prueba de fosfatasa alcalina para los quesos campesinos y doble crema.

Tipo de queso	Lote	Resultado
CAMPESINO	1	Negativo
	2	Negativo
	3	Negativo
	4	Negativo
	5	Negativo
DOBLECREMA	1	Negativo
	2	Negativo
	3	Negativo
	4	Negativo
	5	Negativo

FUENTE. AUTOR.

Los resultados de la prueba de fosfatasa fueron negativos para todas las muestras analizadas, lo que indica que el proceso de pasteurización de la leche se realizó adecuadamente; por lo tanto, se verificó que el producto final se han inhibido las bacterias que pueden ocasionar problemas a la salud de los seres humanos.

3.3. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

A continuación, se muestra un resumen de los parámetros fisicoquímicos y posteriormente se muestran los gráficos de control para el proceso.

Para realizar este trabajo, se tomaron 5 lotes de producción, de los cuales se retiraron 5 muestras (de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana, NTC-ISO 2859-1, 34); cada muestra se analizó 5 veces, con el fin de obtener una buena cantidad de datos para realizar un análisis confiable.

En la tabla 19, se resumen los resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos de los quesos campesino y doblecrema analizados.

TABLA 19. Parámetros fisicoquímicos obtenidos para el queso campesino y doblecrema

		Parametros Fisicoquimicos				
Tipo de queso	Lote	Humedad (%)	Proteina (%)	Grasa (%)	Acidez (g)	pH
CAMPESINO	1	48,60	15,55	24,60	2,60E-03	7,28
	2	48,60	15,52	24,90	2,70E-03	7,25
	3	48,40	15,56	24,80	2,60E-03	7,27
	4	48,30	15,55	24,90	2,70E-03	7,26
	5	47,90	15,51	25,20	2,60E-03	7,29
	$\overline{X}$ (± δ)	48,36 (± 0,25)	15,54 (± 0,01)	24,88 (± 0,19)	2,64E-3 (± 4,89E-5)	7,27 (± 0,014)
	c.v (%)	0,53	0,12	0,77	1,85	0,19
DOBLE CREMA	1	58,30	21,50	19,00	4,10E-03	6,56
	2	56,90	21,56	19,00	4,30E-03	6,56
	3	57,00	21,53	18,90	4,20E-03	6,56
	4	56,20	21,54	19,00	4,20E-03	6,56
	5	57,50	21,51	19,00	4,50E-03	6,56
	$\overline{X}$ (± δ)	57,18 (± 0,69)	21,53 (± 0,021)	18,98 (± 0,04)	4,26E-3 (± 1,35E-4)	6,56 (± 0,0)
	c.v (%)	1,21	0,099	0,21	3,18	0,00

FUENTE. AUTOR.

Las características finales de los quesos dependen de las propiedades iníciales de la leche, es por ello que se deben evaluar sus propiedades fisicoquímicas; para efectos del rendimiento, se debe tener en cuenta el contenido de grasa y proteína; adicionalmente, se evalúa que la leche no tenga ningún tipo de adulterantes, ya que la presencia de estos puede alterar las características del producto final. Se debe considerar que la diferencia entre lotes se basa en las características iníciales de la materia prima y en los procesos de fabricación que se utilicen para cada queso.

Si comparamos los datos obtenidos con los hallados en la bibliografía de humedad 54 – 56% y proteína 17 – 29% (7, 14, 20, 38) para el queso campesino, observamos que para el porcentaje de humedad y proteína, los valores obtenidos son menores, mientras que los valores de grasa y pH son más altos en nuestro ensayo; esto se debe a que los parámetros son influenciados por las características de la leche empleada (contenido graso, proteico, crioscopía y acidez), tipo de ganado, alimentación, cuidado, tipo de terreno, época del año y el tipo de proceso realizado para la elaboración del producto, ya que cada fabricante

ajusta sus procesos de acuerdo a los recursos disponibles de personal, maquinaria e instalaciones.

Al comparar los datos obtenidos para el queso doblecrema de humedad 49 – 52% y pH 4,9 – 5,2 (7, 14, 20, 38), se aprecia que los datos hallados experimentalmente para el porcentaje de humedad y pH son mayores, a diferencia de los datos de la grasa que son más bajos, mientras que los valores de proteína se encuentran en el mismo rango (20 – 22%); además de lo mencionado anteriormente, para el queso campesino se debe tener en cuenta que las etapas para la fabricación de este tipo de queso son diferentes y más complejas. Las etapas de mayor cuidado en la preparación de este tipo de queso, son las de cocción y moldeo, ya que influyen directamente sobre el contenido del agua y los valores de pH.

Los coeficientes de variación (cv) nos indican la dispersión de los datos obtenidos experimentalmente; estos valores deben ser menores que el 1,5%; se observa que para la acidez hay una mayor dispersión de los datos obtenidos, esto se debió a errores durante la elaboración de los quesos ya que se encuentran en fase de estandarización y los operarios interpretaron de manera equivoca los instructivos, adicionalmente, no se estaban controlando las características de la leche destinadas a esta línea.

Basados en lo reglamentado por el ministerio de salud y de acuerdo con los datos obtenidos el queso campesino se clasificó como semiduro y graso, mientras que el queso doblecrema fue clasificado como semiblando y semigraso.

Clasificación del queso según el contenido de agua

	Blando	**Semiblando**	**Semiduro**	**Duro**
Humedad, máximo (%)	80,0	65,0	55,0	40,0

FUENTE. NORMAS Y PROCEDIMIENTOS REGLAMENTARIOS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. Ministerio de Salud. Resolución número 01804 de 1989 (03 febrero de 1989).

Clasificación del queso según el contenido de grasa

	Rico en grasa	**Graso**	**Semigraso**	**Magro**
Materia grasa, mínimo (%)	60,0	45,0	20,0	0,1

FUENTE. NORMAS Y PROCEDIMIENTOS REGLAMENTARIOS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. Ministerio de Salud. Resolución número 01804 de 1989 (03 febrero de 1989).

En la tabla 20, se resumen los datos promedio de los parámetros fisicoquímicos obtenidos experimentalmente para el queso campesino y doblecrema analizados en este trabajo con el fin de compararlos.

Tabla 20. Comparativo quesos campesino y doble crema.

COMPARATIVO QUESOS CAMPESINO Y DOBLE CREMA					
TIPO DE QUESO	PARÁMETROS				
	% HUMEDAD	% PROTEÍNA	% GRASA	% ÁCIDO LÁCTICO	pH
CAMPESINO	48,36	15,51	25,2	2,60E-03	7,29
DOBLE CREMA	57,18	21,53	18,98	4,26E-03	6,56

FUENTE. AUTOR.

En la tabla 20 se observa que el queso doble crema presenta mayor porcentaje de humedad, proteína, ácido láctico y menor valor de pH debido a que es un queso fresco ácido, de consistencia cauchosa, al cual, si no se le realiza un seguimiento constante durante la producción, puede ocasionar dificultades en el desuerado, prensado y moldeo, lo cual aumenta principalmente el contenido de humedad dentro de él; posteriormente, puede causar problemas o deficiencias en la durabilidad del mismo; el menor valor de pH se debe a sus características ácidas.

El queso campesino presentó un mayor porcentaje de grasa, lo cual puede atribuirse a las características de la materia prima empleada y a que durante su fabricación no hubo pérdidas significativas de materia grasa durante los procesos de corte de la cuajada y desuerado. Adicionalmente, se debe considerar que su proceso de fabricación es, teóricamente, más simple que el del queso doblecrema y es más fácil de manejar.

3.4 CONTROL DE PROCESO

La finalidad de los gráficos de control es monitorizar los procesos para controlar su buen funcionamiento y detectar cualquier anomalía; su interés radica en que son fáciles de interpretar y usar y permite que las decisiones se basen en hechos y no en intuiciones o apreciaciones subjetivas que pueden resultar falsas.

3.4.1 Queso Campesino. Gráficos de control de rangos

Los parámetros fisicoquímicos implementados se aplicaron para estudiar el comportamiento del proceso. Los datos se utilizaron para realizar gráficos de control para el rango, con el fin de observar, detectar y prevenir el comportamiento

del proceso, es decir, identificar si el proceso estaba bajo control, lo cual es una herramienta estadística que detecta la variabilidad, consistencia y control de los mismos. Se resumen a continuación en la tabla 21, los datos de los parámetros para cada uno de los análisis, utilizados en la elaboración de los gráficos de control de rangos.

TABLA 21. Datos gráfica de control de rangos queso campesino

Parámetro	D_4	$\overline{R}$	$LC_S = D_4 \overline{R}$	D_3	$LC_I = D_3 \overline{R}$
Humedad	2,115	0,20	0,40	*	**
Proteína	2,115	0,02	0,04	*	**
Grasa	2,115	1,16	2,45	*	**
Acidez	2,115	1,90E-04	4,04E-04	*	**
pH	2,115	0,12	0,25	*	**

***D_3** para n5 no se considera, ya que n es menor a 6, por lo tanto el límite inferior tampoco
****No se considera para n5
Diplomado en metrología. Corporación Metrocalidad. Módulos 2 y 3. Colombia. 2001.

El cálculo del rango (R) es importante porque indica la dispersión de los datos obtenidos y va enfocado a la repetibilidad de la medición.

- Contenido de agua

En la determinación del porcentaje de humedad, se observa que los resultados se encuentran dispersos alrededor del rango promedio, lo que significa que el análisis tiene buena repetibilidad. En el gráfico de control (figura 6) para el contenido de humedad, se observan tres puntos por fuera de control (15, 17 y 22); en un nuevo análisis más profundo para verificar estos datos, se determinó que los principales errores fueron:

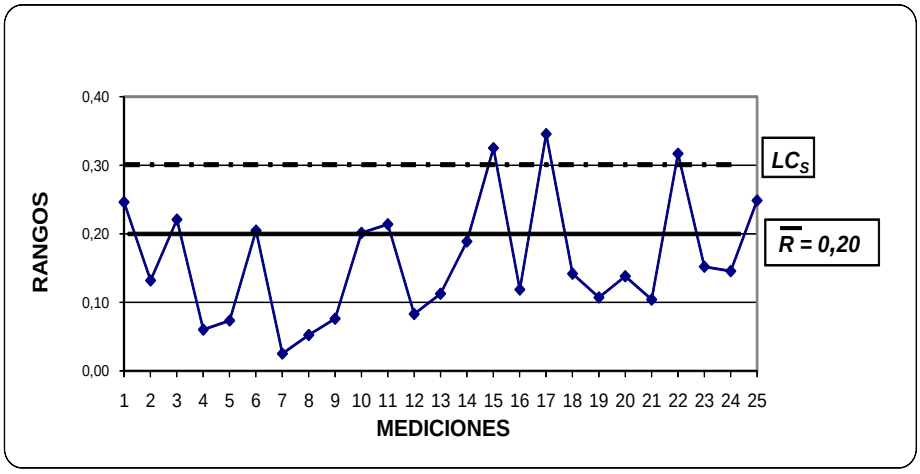
1. El proceso de fabricación del queso no está estandarizado, por lo tanto los operarios no llevan un control estricto de los pasos que deben seguir para la fabricación.

2. Al momento de empacar el producto, no se selló adecuadamente el paquete, permitiendo el ingreso de aire a la bolsa, lo que facilita que el queso gane humedad del ambiente.

3. El proceso de desuerado no se llevó a cabo completamente, lo que incrementó el contenido de agua dentro del queso.

4. Al realizar los volteos, no se fue cuidadoso en dejar los quesos el tiempo suficiente para que el proceso de escurrido se llevara a cabo homogéneamente dentro del queso.

Figura 6. Gráfico de control de rangos contenido de humedad queso campesino

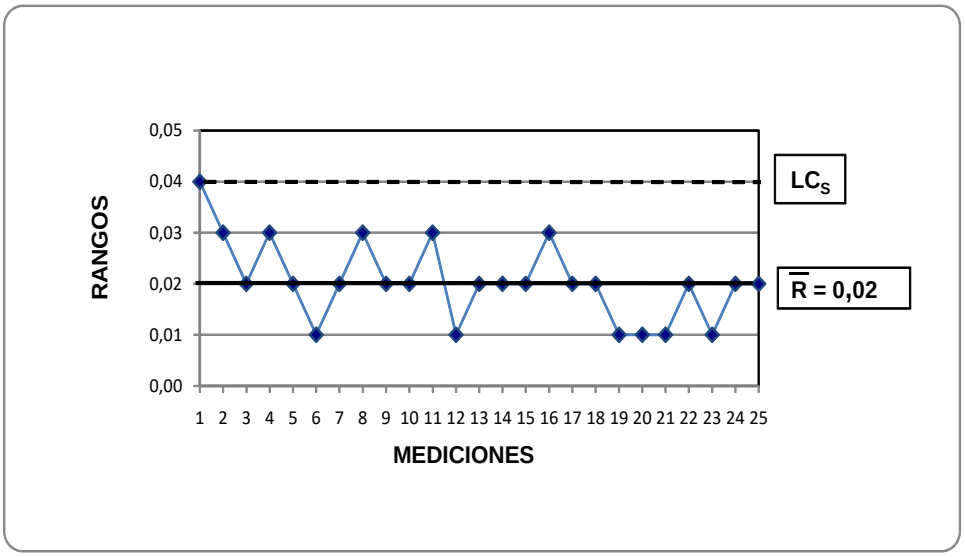


FUENTE. AUTOR.

- Contenido de proteína

En el gráfico de control (figura 7) para el contenido de proteína, se observa que los datos se encuentran agrupados en una tendencia central (alrededor de R), lo que indica que el análisis realizado es bueno. Solo existe un punto (1) alejado del promedio, que se encuentra en el límite superior; lo anterior, puede fue causado a errores en el momento de fabricación, especialmente durante la coagulación, el desuerado y prensado, ya que en estas etapas de proceso la proteína se puede perder en el lactosuero al no quedar ligada fuertemente a la cuajada. Adicionalmente, hay que considerar la posibilidad de que la materia prima empleada no poseía características adecuadas con respecto al contenido de proteína inicial; para mejorar este punto se evaluó que proveedores poseían mejores valores de proteína para destinar esta leche para la producción de quesos.

Figura 7. Gráfico de control de rangos contenido de proteína queso campesino

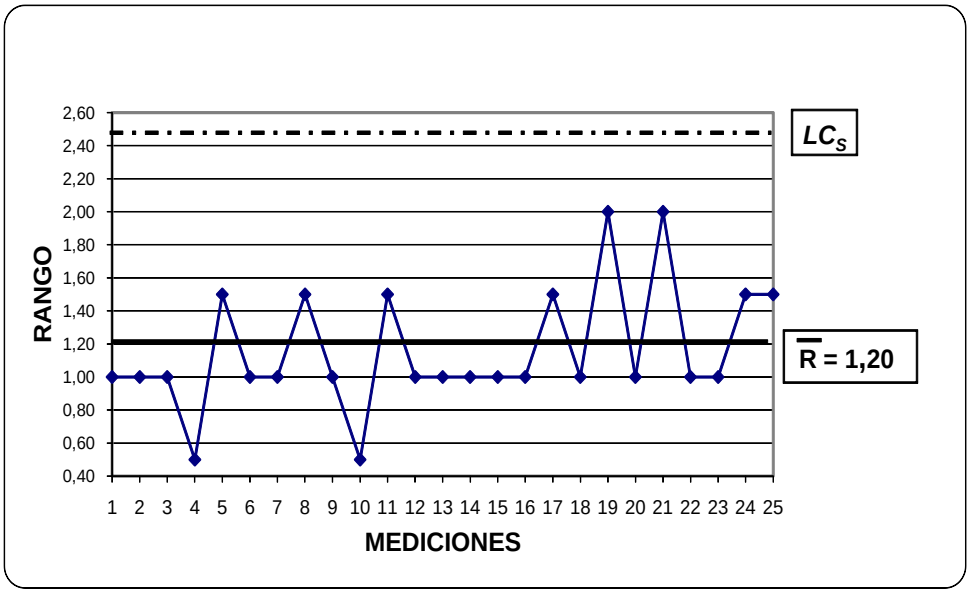


FUENTE. AUTOR.

- Contenido de grasa

En el gráfico de control (figura 8) para la determinación del contenido de grasa, se observa que la tendencia es central, y que los datos se encuentran dispersos alrededor del rango promedio. En el grafico también se aprecia que hay aproximadamente 15 puntos que siguen la misma tendencia (1, 2, 3, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22 y 23), lo cual se atribuyó a que la materia prima empleada poseía características muy similares y que durante el proceso de elaboración no hubo pérdidas significativas de materia grasa y se fue cuidadoso al momento del corte de la cuajada, desuerado, amasado y moldeo.

Figura 8. Gráfico de control de rangos contenido de grasa queso campesino



FUENTE. AUTOR.

- Acidez

En el gráfico de control (figura 9) para el contenido de ácido láctico, se observan algunos puntos alejados del rango promedio, pero dentro de control (1, 16, 17, 20, 25 y especialmente el 14); esto se debe a:

1. Que no se llevó un control estricto dentro del proceso de elaboración del queso (principalmente durante la coagulación) ya que si deja pasar mucho tiempo, esta se puede acidificar por acción de las bacterias y/o microorganismos produciendo un exceso de ácido láctico.

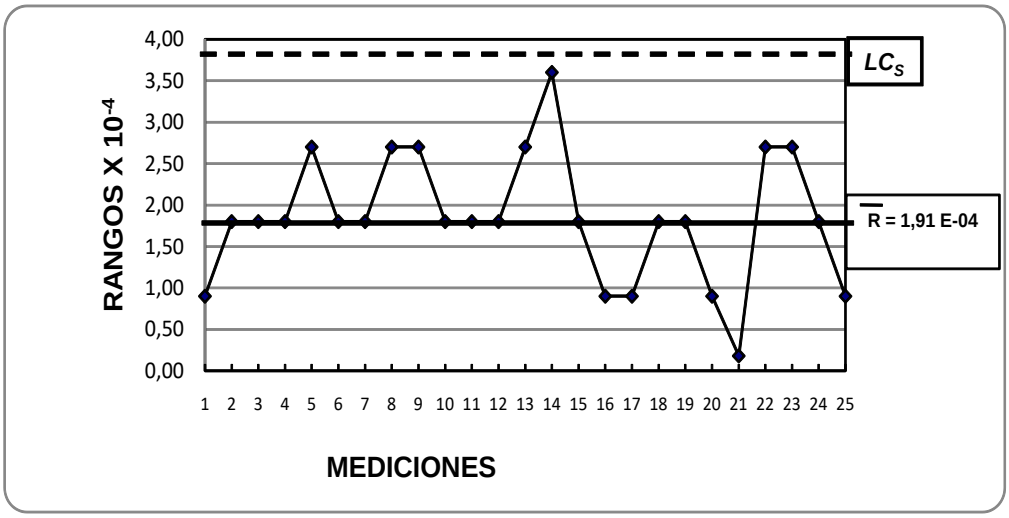
2. Fue demorado el procesamiento de la leche, lo que cambió las condiciones iníciales, especialmente la acidez, por acción de microorganismos, o si la leche tenía un contenido alto de grasa, se inició el proceso de rancidez.

3. La cuajada se dejó acidificar, porque después de retirar el suero no se proceso rápidamente por dificultades en la planta ajenas al proceso, como fallas mecánicas.

4. El almacenamiento no fue el mejor, es decir, no se conservó refrigerado a temperaturas menores de 4°C, lo que favoreció el crecimiento microbiano, provocando reacciones bioquímicas que aumentaron la acidez.

5. La materia prima utilizada no tenía las características adecuadas para el proceso; por eso se vio la necesidad de escoger que proveedor ofrecía las mejores características de la leche para el proceso. Sin embargo, prácticamente todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de control (la tendencia es central, los datos están dispersos alrededor del rango promedio).

Figura 9. Gráfico de control de rangos contenido de ácido láctico queso campesino



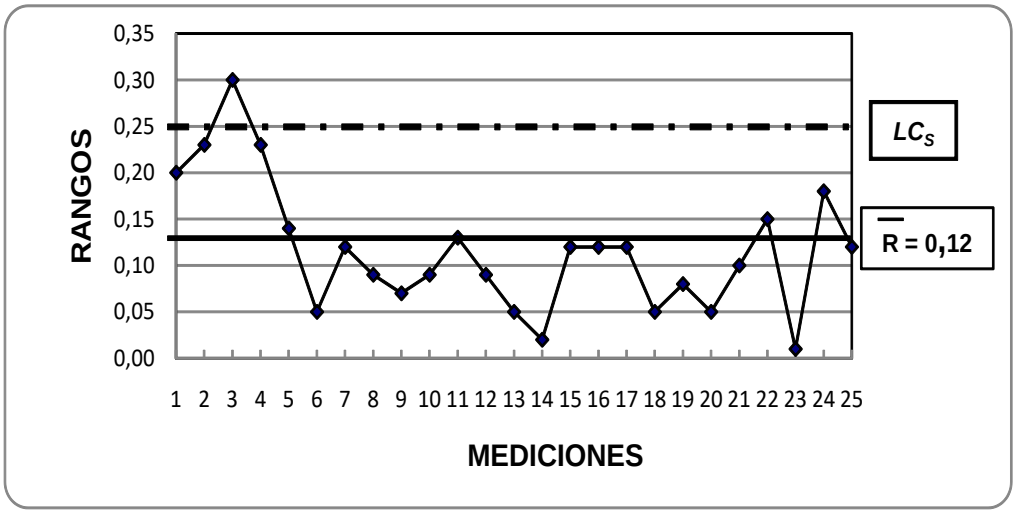
FUENTE. AUTOR.

- pH

Con respecto al pH, en el gráfico de control (figura 10) para el contenido de pH, se observa que todos los datos obtenidos, a excepción de uno (3), se encuentran dentro de los límites de control, pero la mayoría de ellos tienden a estar por debajo del promedio, debido a que los instructivos de elaboración del queso no son específicos (solo son una guía) y su modo de empleo depende de las necesidades del fabricante y esto puede producir variabilidad en las características durante su fabricación. Se recomendó utilizar sólo materia prima de proveedores específicos (que cumplieran con un porcentaje de grasa no menor al 3,80%, un valor de acidez bajo y libre de adulterantes, como las harinas y agua) con el fin de evitar

variaciones significativas, ya que la acidez afecta el proceso de coagulación y provoca que el producto final tenga sabor acido ó acelera el proceso de rancidez influyendo en el valor de pH y los adulterantes influyen sobre el sabor y textura, principalmente.

Figura 10. Gráfico de control de rangos pH queso campesino



FUENTE. AUTOR.

3.4.2 Gráficos de control de promedios

Adicionalmente, se realizaron los gráficos de control para el promedio, los cuales proporcionan información rápida y eficiente del proceso de estudio y sirven para verificar que el proceso se encuentra bajo control o para reconocer la aparición de causas especiales de variación; en la tabla 22 se muestran los datos para el control de promedios.

TABLA 22. Datos gráfica de control de promedios queso campesino

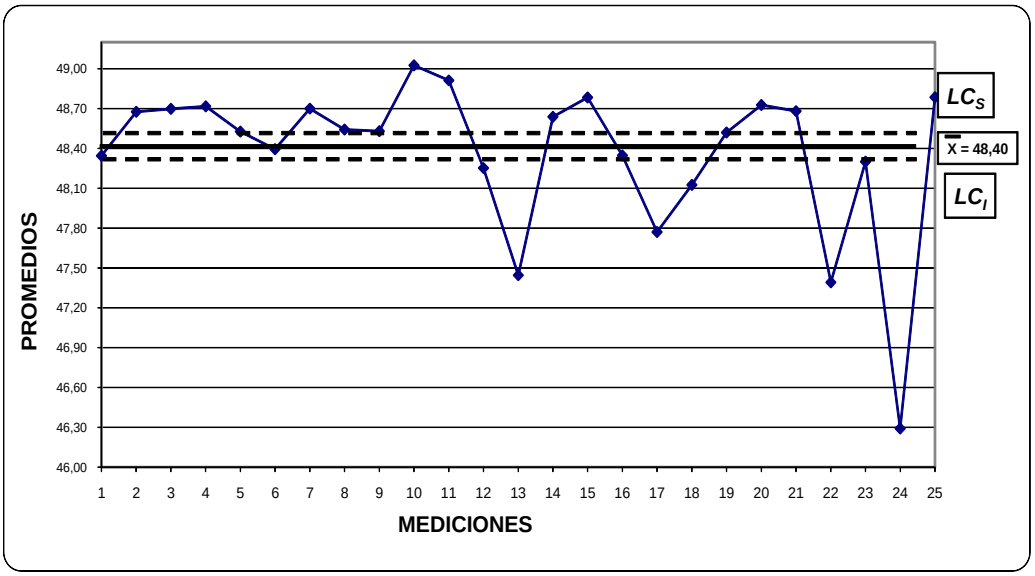
QUESO CAMPESINO						
Parámetro	$\overline{\overline{X}}$	**A_2***	$\overline{R}$	**LC_S =** $\overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R}$	**LC =** $\overline{\overline{X}}$	**LC_I =** $\overline{\overline{X}} - A_2 \overline{R}$
Humedad	48,36	0,577	0,16	48,50	48,40	48,30
Proteína	15,54	0,577	0,02	15,55	15,54	15,53
Grasa	24,86	0,577	1,16	25,50	24,86	24,20
Acidez	2,65E-03	0,577	1,90E-04	2,77E-03	2,65E-03	2,55E-03
pH	7,27	0,577	0,12	7,34	7,27	7,20

* FUENTE. Diplomado en metrología. Corporación Metrocalidad. Módulos 2 y 3. Colombia. 2001.

- Contenido de agua

Para la figura 11 gráfico de control de promedios del contenido de humedad, se observa que la mayoría de los puntos, se encuentran fuera de los límites de control (excepto 1, 6, 16 y 23), esto fue causado porque el proceso de fabricación del queso apenas está en proceso de estandarización, por ello, poco a poco se está corrigiendo la escogencia de la leche y el proceso de elaboración. Se recomendó tener controles más estrictos sobre las etapas del proceso (desuerado, prensado y empaque) y brindar mayor capacitación a las personas encargadas de la fabricación.

Figura 11. Gráfico de control de promedios contenido de Humedad queso campesino



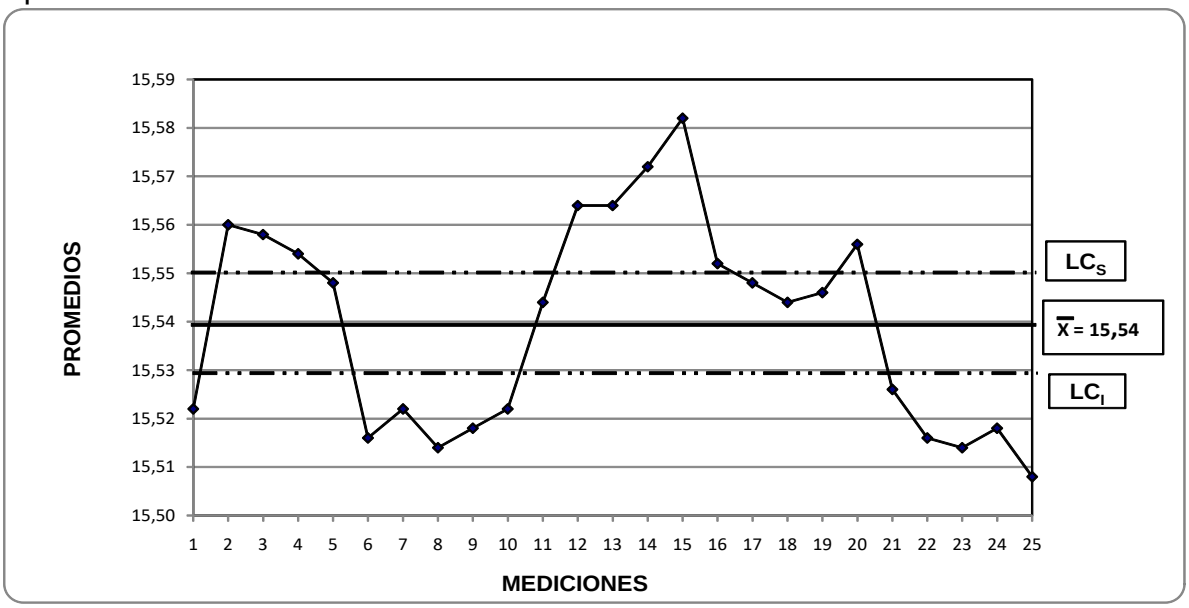
FUENTE. AUTOR.

Adicionalmente, en la figura 11 gráfico de control de promedios, se observa que el punto más desviado es el número 24, producto que posteriormente presentó problemas de durabilidad y fué dado de baja, ya que cambió de coloración y sabor; adicionalmente, el control realizado por el laboratorio de microbiología mostró resultados positivos que indicaron contaminación del producto. La prueba de fosfatasa para esta muestra dio negativa, por lo tanto, se descarta una mala higienización de la leche y la contaminación se atribuyó a factores como mala manipulación al momento del amasado, moldeo y empaque.

- Contenido de proteína

La figura 12 gráfico de control de promedios del contenido de proteína, muestra diversidad entre las muestras, ya que existen varios puntos por fuera de los límites de control (1 – 4, 6 – 10, 12 – 16, 20 – 25), lo que puede atribuirse a diferencias en la materia prima empleada, ya que los componentes de la leche varían dependiendo de la época del año, la alimentación del ganado, las condiciones de almacenamiento y el tratamiento de la misma (preservación y/o calentamiento); además, deben tenerse en cuenta errores en el proceso de fabricación (como el desuerado), que pudieron favorecer o no la preservación de estos nutrientes y que influyen aumentando o disminuyendo el porcentaje de proteína encontrado en las diferentes muestras.

Figura 12. Gráfico de control de promedios contenido de Proteína queso campesino

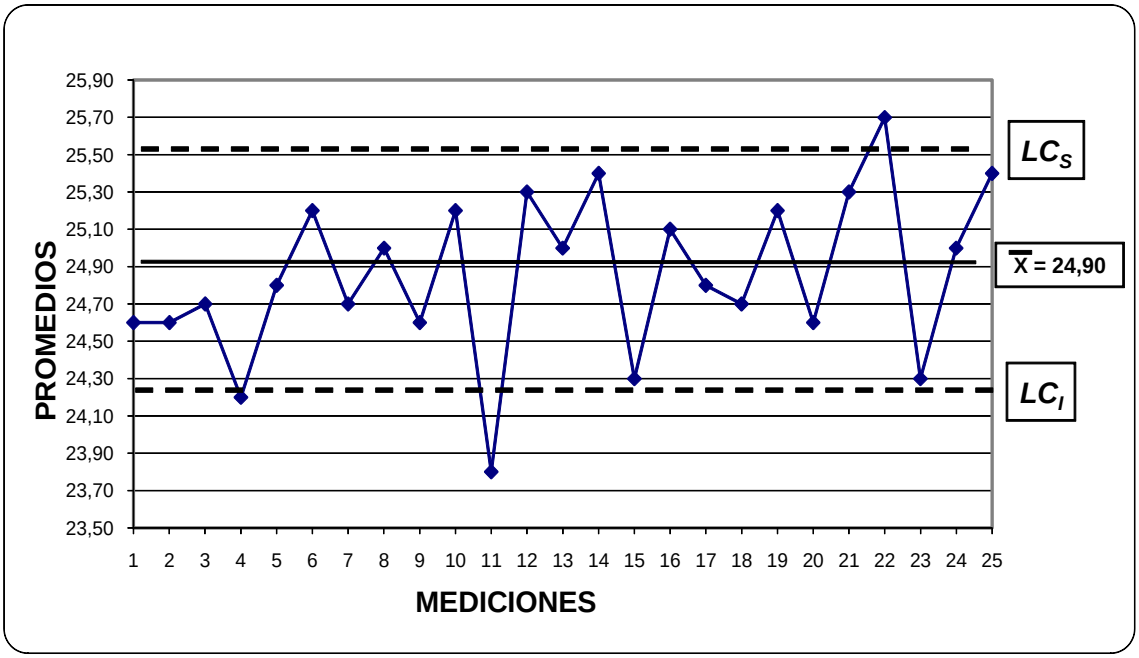


FUENTE. AUTOR.

- Contenido de grasa

Para el gráfico de control de promedios del contenido de grasa (figura 13), los datos giran alrededor del promedio, cuyo resultado nos orienta hacia el control sobre el proceso de medición; por lo tanto, el sistema es estable. Sin embargo, se observan tres puntos (4, 11 y 22) por fuera de los límites, pero no son significativos, ya que tienen que existir más de dos puntos continuos para que el error se considere significativo y estos puedan ser descartados, ó sea necesario repetir el análisis. Estos son errores aleatorios, se puede considerar la posibilidad de que la materia prima utilizada para el procesamiento de estas muestras, haya poseído características diferentes a las acostumbradas (ejemplo: el contenido de grasa inicial de la leche fué menor de 3,80) y esto influyó directamente sobre el producto final, o que durante el proceso de fabricación se hayan producido pérdidas significativas de grasa (principalmente en el corte de la cuajada, desuerdado y el amasado), teniendo un efecto directo sobre el valor final de la grasa del producto terminado. También se considera la posibilidad que al momento de realizar el moldeo y los volteos, no se distribuyó uniformemente la materia grasa dentro de los quesos, lo que provocó diferencias.

Figura 13. Gráfico de control de promedios contenido de Grasa queso campesino

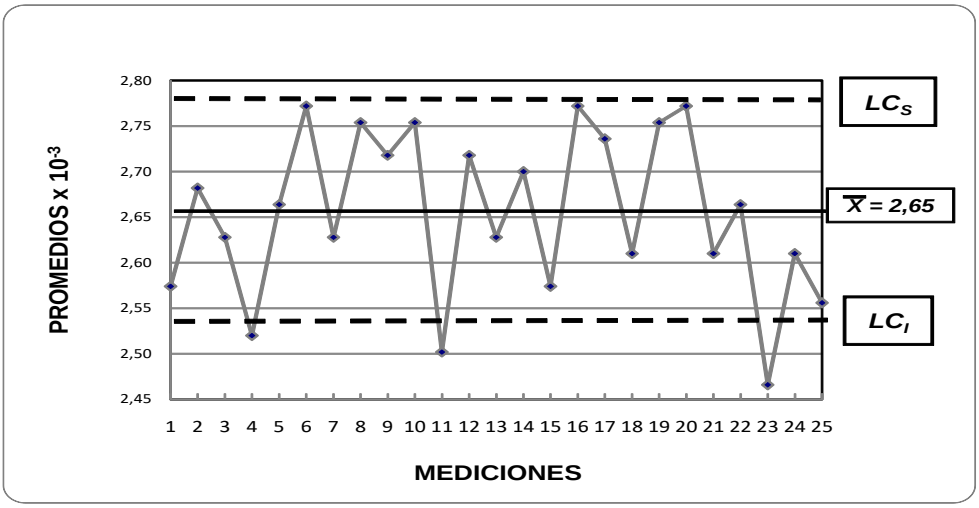


FUENTE. AUTOR.

- Acidez

En el gráfico de control de promedio del contenido de ácido láctico (figura 14), se observa que la mayoría de los puntos se encuentran alrededor del promedio y dentro de los límites de control. Algunos puntos (4, 11 y 23) se observan por fuera del límite inferior, esto se debió que a las condiciones de almacenamiento del queso analizado (temperatura, humedad, empaque y protegido de la luz directa) y condiciones iníciales de la materia prima no fueron las ideales; también es probable que durante el proceso de elaboración se hayan presentado inconvenientes que retrasaron la fabricación como fallas mecánicas o de tipo logístico, lo que pudo incidir en la variabilidad de los datos obtenidos.

Figura 14. Gráfico de control de promedios contenido de Ácido láctico queso campesino

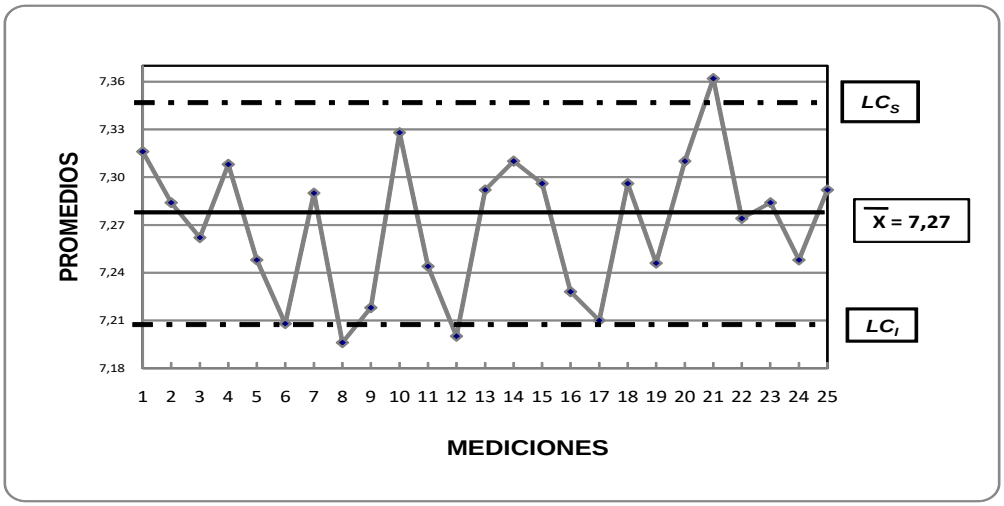


FUENTE. AUTOR.

- pH

En el gráfico de control de promedios para el pH (figura 15), la distribución de los resultados se encuentra dentro de los límites de control, a excepción de tres puntos (8, 12 y 21), debido a errores en la estandarización de la leche (adición de crema) para la preparación del queso o a fallas en la fabricación del mismo (tiempo de coagulación, principalmente). También hubo tardanzas durante el proceso de fabricación debido a inconvenientes técnicos o falta de competencia de los operarios encargados del proceso.

Figura 15. Gráfico de control de promedios pH queso campesino



FUENTE. AUTOR.

3.4.3 Queso doblecrema. Gráficos de control para el rango

Los gráficos de control para el rango, se realizaron con el fin de observar, detectar y prevenir el comportamiento del proceso, es decir, identificar si el proceso estaba bajo control, lo cual es una herramienta estadística que detecta la variabilidad, consistencia y control de los mismos.

Los datos empleados para la realización de los gráficos de control de rango, se resumen en la tabla 23.

TABLA 23. Datos gráfica de control de rangos queso doble crema

Parámetro	**D_4**	$\overline{R}$	**$LC_S = D_4\ \overline{R}$**	**D_3**	**$LC_I = D_3\ \overline{R}$**
Humedad	2,115	0,19	0,40	*	**
Proteína	2,115	0,03	0,05	*	**
Grasa	2,115	0,70	1,49	*	**
Acidez	2,115	2,52E-04	5,33E-04	*	**
pH	2,115	0,01	0,03	*	**

***D_3** para n5 no se considera ya que n es menor a 6, por lo tanto el límite inferior tampoco
****No se considera para n5

FUENTE. Diplomado en metrología. Corporación Metrocalidad. Colombia. 2001. Módulos 2 y 3.

- Contenido de agua

En la determinación del contenido de humedad, figura 16, se observa que los datos obtenidos, en su mayoría, están alrededor del rango; los puntos que se encuentran más distantes (7, 23 y 25), tienen su origen en deficiencias durante el proceso de fabricación, principalmente durante el desuerado, moldeo y prensado, ya que durante estas etapas es donde se expulsa la mayor cantidad de agua.

El punto 7 presenta una desviación alta, con respecto al límite superior; esta variación puede deberse a:

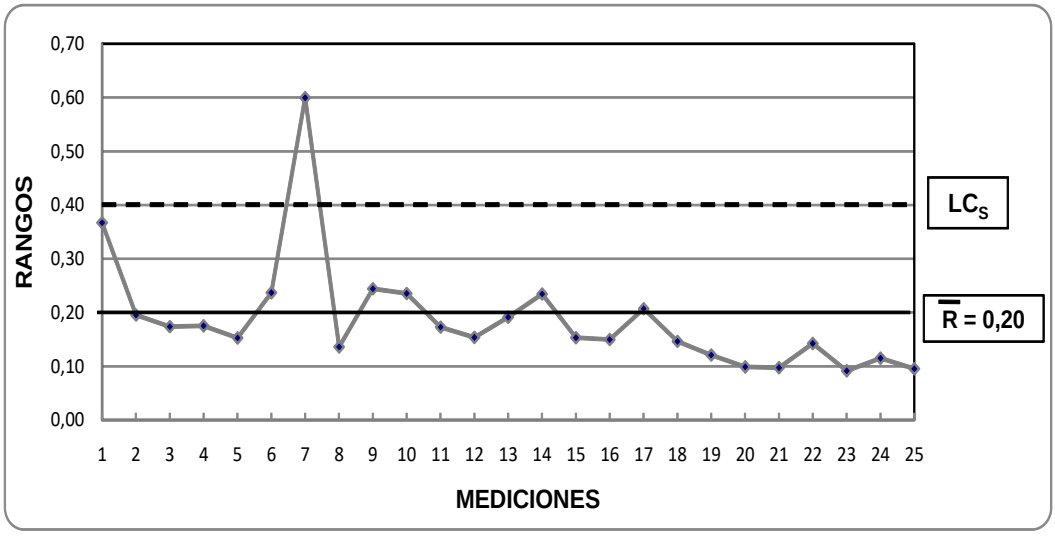
1. Errores en el proceso de fabricación del queso durante la etapa del prensado, ya que al fallar esta etapa, el queso no expulsa correctamente el suero y parte de este queda atrapado dentro del queso, lo que aumenta el contenido de agua y provoca una rápida degradación del producto

2. El proceso de fabricación del queso no se encuentra estandarizado, por lo tanto, el control no era el adecuado

3. Otra causa fue que quedo aire en el empaque, lo que ocasiona ganancia de humedad del ambiente y eso afecta los resultados obtenidos.

Se descarta que la degradación del producto haya sido causado por una mala higienización de la leche, ya que la prueba de fosfatasa dio negativa, pero puede atribuirse a fallas de manipulación durante la producción ya que el laboratorio de microbiología detectó contaminación microbiológica en ese lote.

Figura 16. Gráfico de control de rangos contenido de Humedad queso doble crema



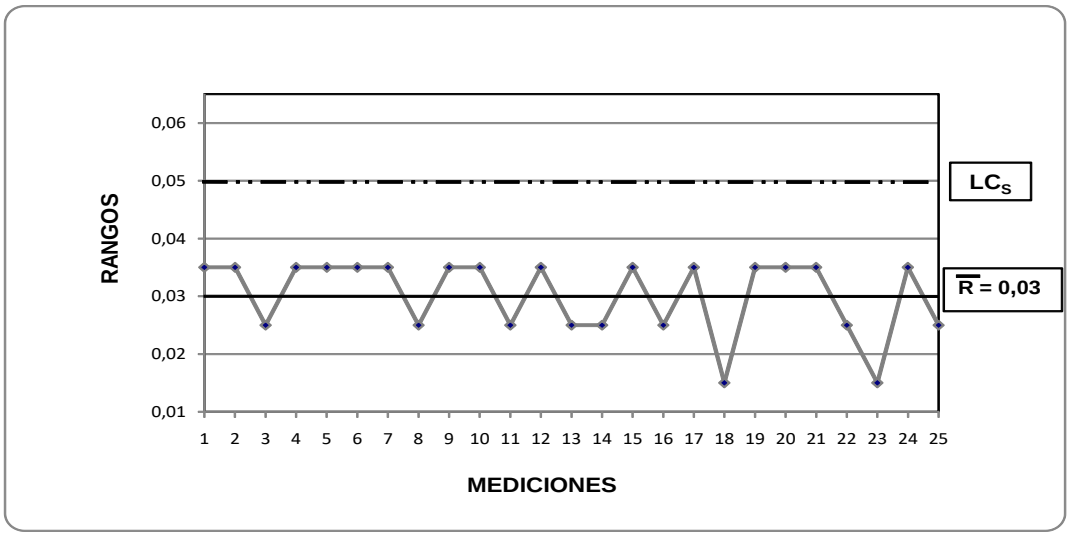
FUENTE. AUTOR.

- Proteína

En el gráfico de control del contenido de proteína (figura 17), se tiene una buena agrupación de los datos, ya que no se observan valores por fuera de los límites y la agrupación se encuentra cercana al rango, indicando un control satisfactorio sobre el proceso; sin embargo, se observa que los puntos 18 y 23 son los más alejados del rango; esto fue causado por errores en la fabricación del producto,

principalmente, en el desuerado y amasado, ya que estos pasos puede haber pérdida significativa de proteína, debido a que se produce deshidratación y ocurre el rompimiento de grupos de micelas que conformaban la red del gel, para la conformación de enlaces nuevos.

Figura 17. Gráfico de control de rangos contenido de Proteína queso doble crema

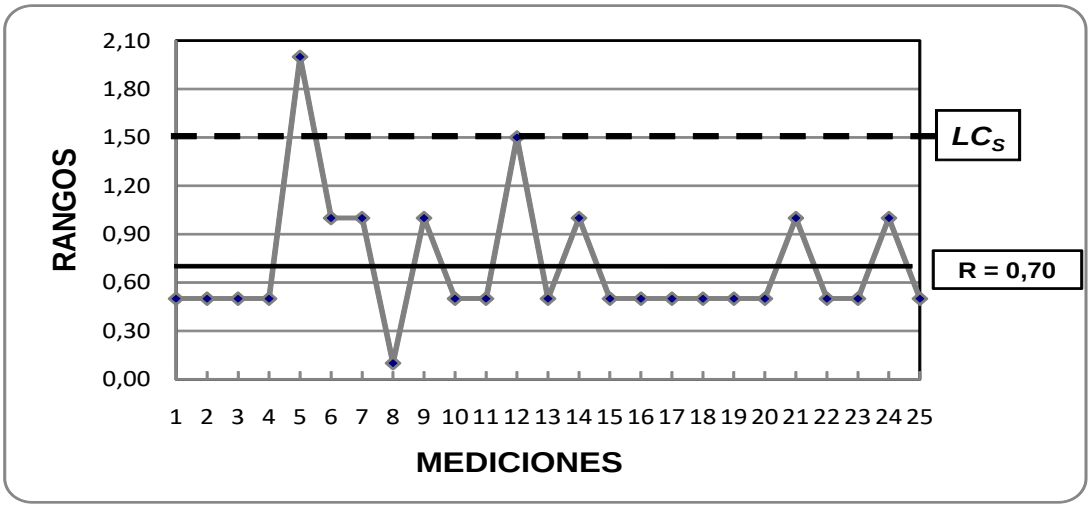


FUENTE. AUTOR.

- Contenido de grasa

En el gráfico de control (figura 18) para el contenido de grasa, se observa que la mayoría de los puntos se encuentran dentro del límite de control, a excepción del punto 5, que está por fuera; esta anomalía se debió a errores en el proceso de homogenización de la muestra o al momento de cortar la cuajada, ya que si la si se corta cuando está demasiado blanda se produce grandes pérdidas de grasa debido a que no queda atrapada dentro de la red de caseína y se pierde en el suero; también debe tenerse en cuenta que durante la fabricación se puede alterar la distribución homogénea de la grasa dentro del queso al no tener cuidado en el momento del hilado, moldeo y volteos; sin embargo, se observa que una gran parte de los puntos se encuentran próximos a un mismo valor, lo que indica la eficiencia del método empleado.

Figura 18. Gráfico de control de rangos contenido de Grasa queso doble crema

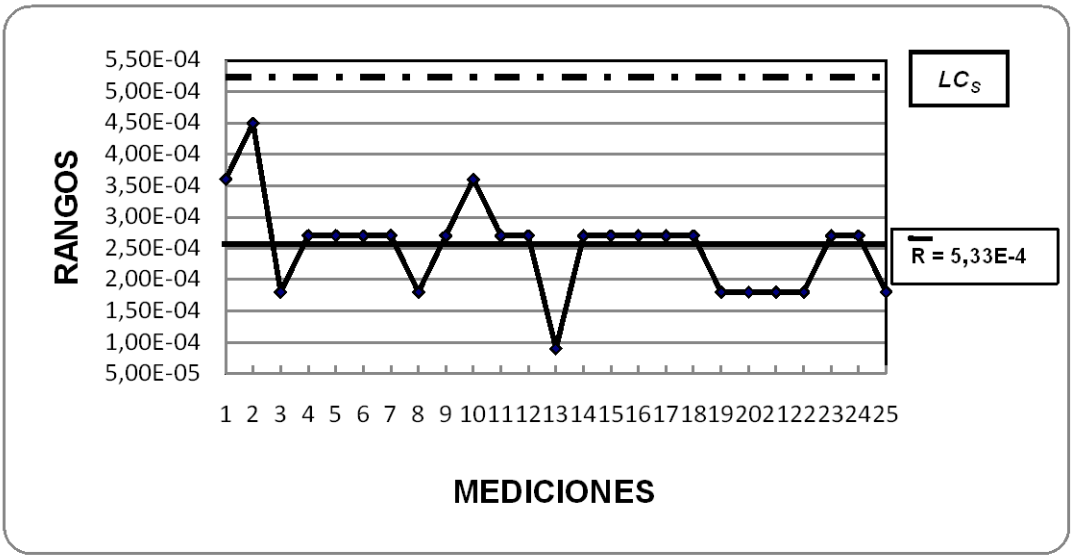


FUENTE. AUTOR.

- Acidez

Para la determinación del contenido de ácido láctico, se observa en la figura 19 que la mayoría de los puntos se encuentran alrededor del rango promedio, presentando una tendencia central, lo que indica que durante el proceso de fabricación se fue cuidadoso en las etapas claves de la elaboración, entre las cuales se encuentra el proceso de corte de la cuajada, donde se controló la acidez del suero (que se realizó analizando la acidez, cada 10 minutos, durante la etapa del desuerado) para evitar daños ó sabores indeseables en el producto final, corte de la cuajada, ya que si este paso se realiza antes de tiempo, puede conducir a cuajadas poco firmes susceptibles ataques microbianos.

Figura 19. Gráfico de control de rangos contenido de Ácido láctico queso doble crema

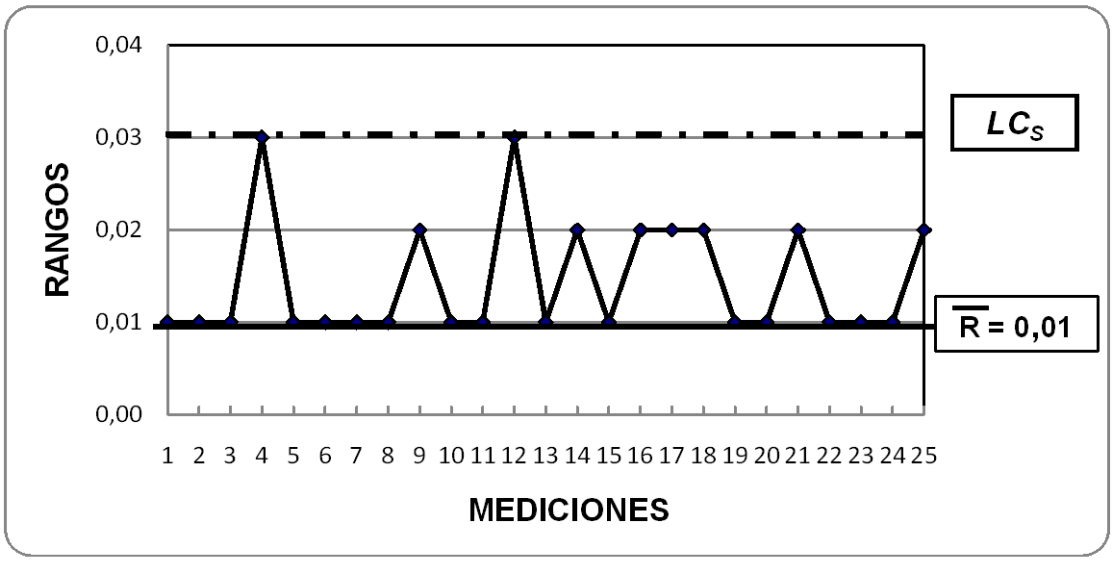


FUENTE. AUTOR.

- pH

En el gráfico de control para el pH (figura 20), se observa que la mayoría de los puntos se encuentran dentro del control, mostrando control del proceso; a excepción de 2 puntos (4 y 12) que se encuentran por en el límite superior y que puede ser un indicio de alteración en el producto terminado (como inicio de descomposición) o en la materia prima empleada para su fabricación (que la leche hubiera sido alterada antes de llegar a la planta); también, deben considerarse errores durante el proceso de fabricación como demoras en iniciar el proceso de coagulación ya que la leche pudo irse acidificando, o retrasos después de realizar el corte de la cuajada, favoreciendo la acidificación rápida de esta y el tiempo en el que se realizó el análisis, ya que a medida que éste transcurre los valores de acidez y pH varían. Otro factor que se debe tener en cuenta, es el empaque y almacenamiento de los quesos ya que de ellos depende el desarrollo microbiano dentro de ellos, así pues, un empaque defectuoso y una temperatura alta aceleran el proceso de descomposición e influyen directamente sobre la acidez y el pH.

Figura 20. Gráfico de control de rangos pH queso doble crema



FUENTE. AUTOR.

3.4.4 Gráficos de control de promedios queso doblecrema

Para el queso doblecrema, también se realizaron los gráficos de control para el promedio; los datos para los parámetros fisicoquímicos determinados se muestran en la tabla 24.

TABLA 24. Datos gráfica de control de promedios queso doble crema

QUESO DOBLECREMA						
Parámetro	$\overline{\overline{X}}$	**A_2***	$\overline{R}$	**LC_S =** $\overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R}$	**LC =** $\overline{\overline{X}}$	**LC_I =** $\overline{\overline{X}} - A_2 \overline{R}$
Humedad	57,20	0,577	0,19	57,30	57,20	57,10
Proteína	21,53	0,577	0,03	21,54	21,53	21,51
Grasa	19,00	0,577	0,70	19,40	19,00	18,50
Acidez	4,27E-03	0,577	2,52E-04	4,41E-03	4,27E-03	4,12E-03
pH	6,56	0,577	0,01	6,54	6,56	6,55

***** FUENTE. Diplomado en metrología. Corporación Metrocalidad. Módulos 2 y 3.Colombia. 2001.

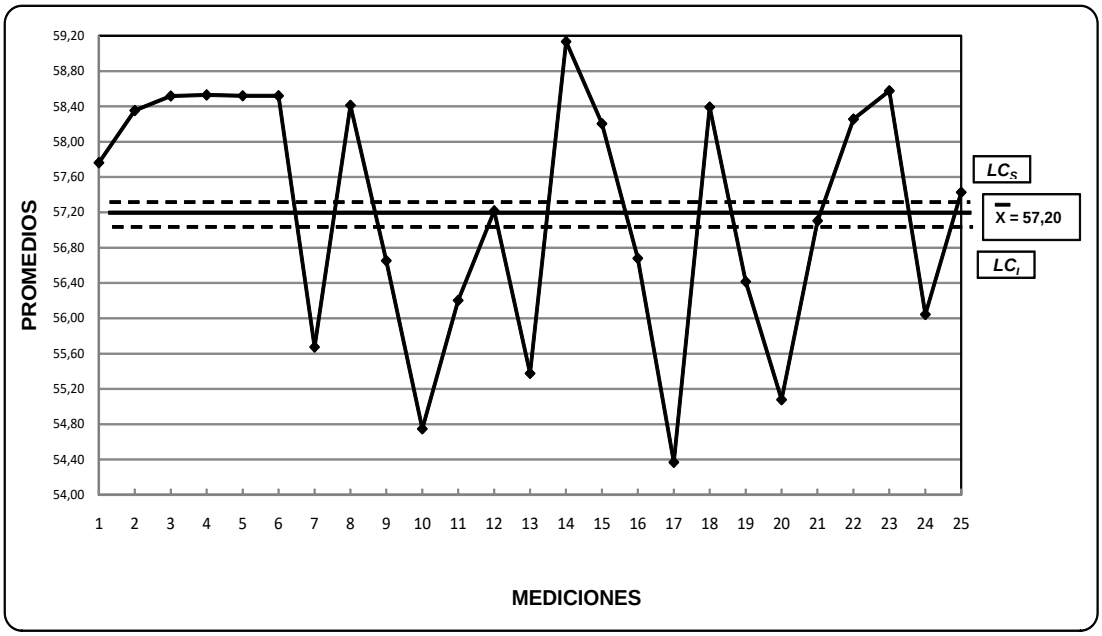
- Contenido de agua

El gráfico de control de promedios para el contenido de agua (figura 21), muestra a casi todos los puntos por fuera de los límites de control, lo cual se debió a:

1. Durante el proceso de elaboración (principalmente durante la cocción y moldeo) se pudieron cometer errores que afectaran la adecuada distribución del agua en el queso y al ser un queso de consistencia cauchosa, esta se concentró en algunos quesos más que en otros.

2. Es posible que durante el proceso de elaboración se hayan tenido inconvenientes de tipo mecánico, que pudieron afectar la estabilidad de la cuajada, el proceso de desuerado y cocción y esto se vio reflejado en el contenido final de humedad.

Figura 21. Gráfico de control promedios contenido de humedad queso doble crema



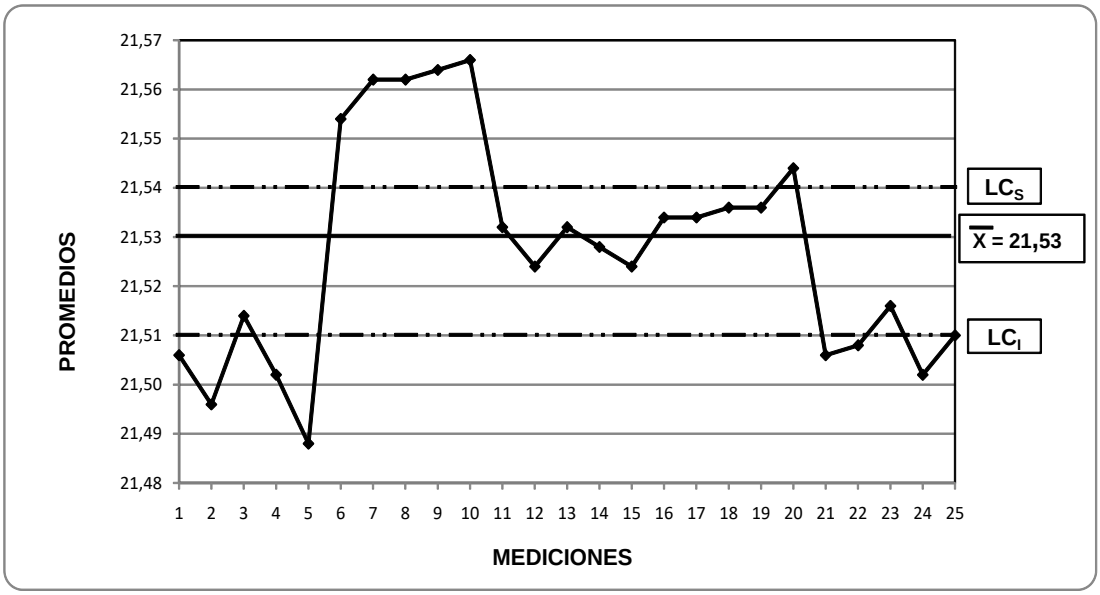
FUENTE. AUTOR.

- Contenido de proteína

En el gráfico de control de promedios para la determinación del contenido de proteína (figura 22), se observan 10 puntos (1, 2, 4 – 10, 20 – 22 y 24) por fuera de los límites, de los cuales 6 están por encima y 4 por debajo; estas variaciones pueden provenir de diferentes factores, tal como pasó con el queso campesino

(apartado 3.2.2) y errores al momento del desuerado ya que puede haber perdidas de proteína en el suero, o que por exceso de acidez las proteínas no se hubieran adherido fuertemente a la red de caseínas y se perdieron durante el desuerado.

Figura 22. Gráfico de control de promedios contenido de proteína queso doble crema



FUENTE. AUTOR.

- Contenido de grasa

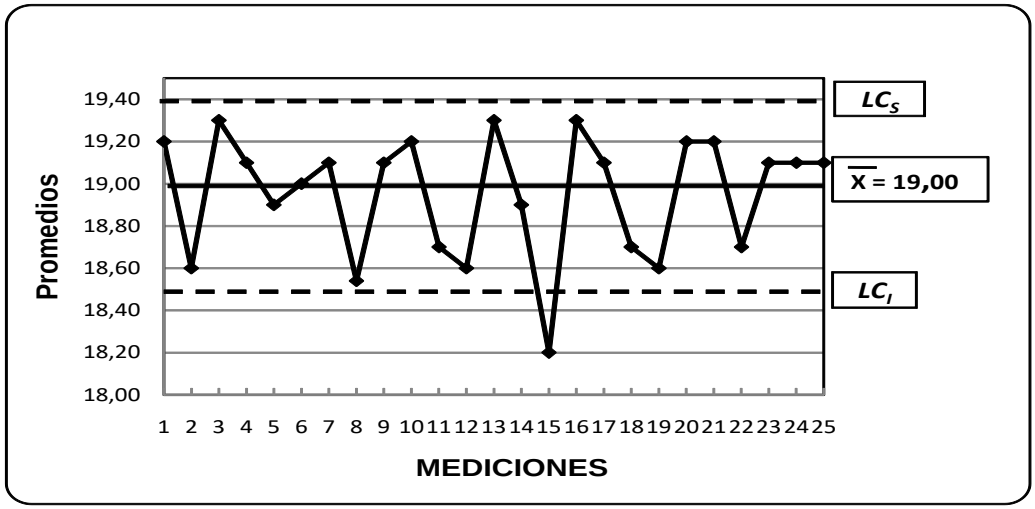
Para la determinación del contenido de grasa, el gráfico de control de promedios (figura 23), muestra que el proceso se encontraba bajo control, ya que prácticamente todos los puntos se encuentran dentro de los límites de control y giran alrededor del promedio. El único punto que no se encuentra dentro de los límites es el 15, lo cual pudo fue causado por:

1. Dificultades en el proceso de elaboración (selección de la materia prima, corte de la cuajada, desuerado y cocción)

2. Falta de agitación de la muestra durante el moldeo, lo que evitó la adecuada distribución de la grasa en todo el queso procesado

3. Errores por parte del experimentador al leer erróneamente la muestra al retirarla del baño maría

Figura 23. Gráfico de control de promedios contenido de grasa queso doble crema.



FUENTE. AUTOR.

- Acidez

El gráfico de control de promedios del contenido de ácido láctico (figura 24), muestra que la mayoría de los puntos se encuentran por fuera de los límites de control; entre las causas de este comportamiento, tenemos:

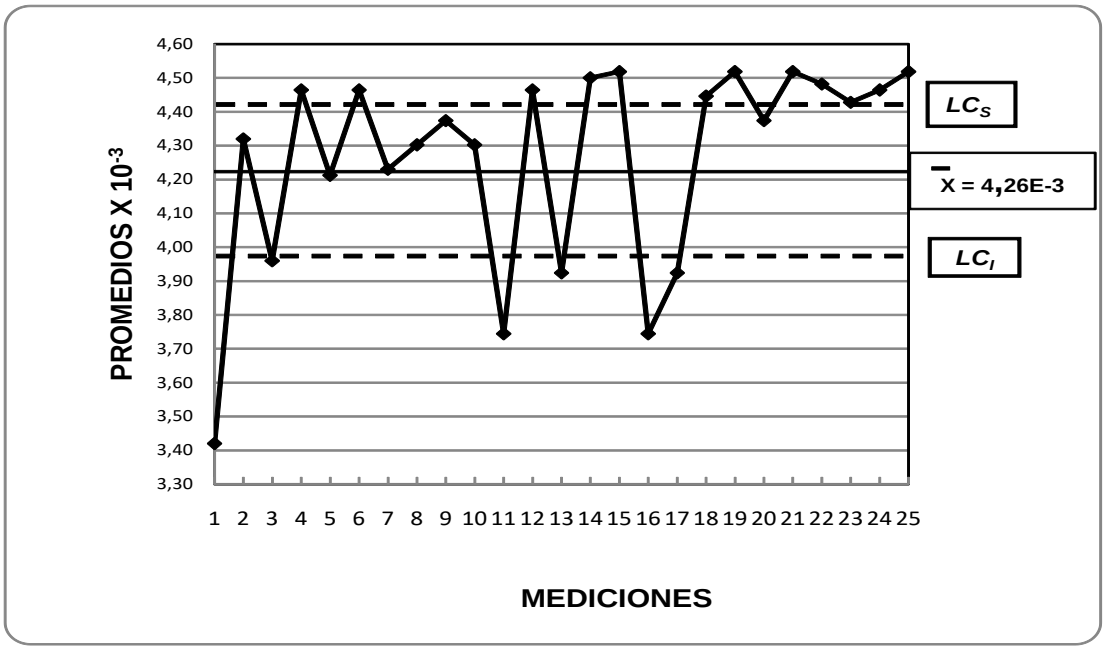
1. las diferencias existentes en la materia prima (contenido de grasa y acidez, principalmente de la leche) para la producción de los quesos

2. falta de control en las etapas de producción (en especial la coagulación y desuerado)

3. errores por parte del experimentador al apreciar de forma equívoca el viraje del indicador, ya que al consumir cantidades tan pequeñas, la apreciación puede ser errada.

4. tardanza al iniciar el proceso de producción del queso, lo que afectó la acidez de la leche destinada para ello.

Figura 24. Gráfico de control de promedios contenido de ácido láctico queso doble crema



FUENTE. AUTOR.

- pH

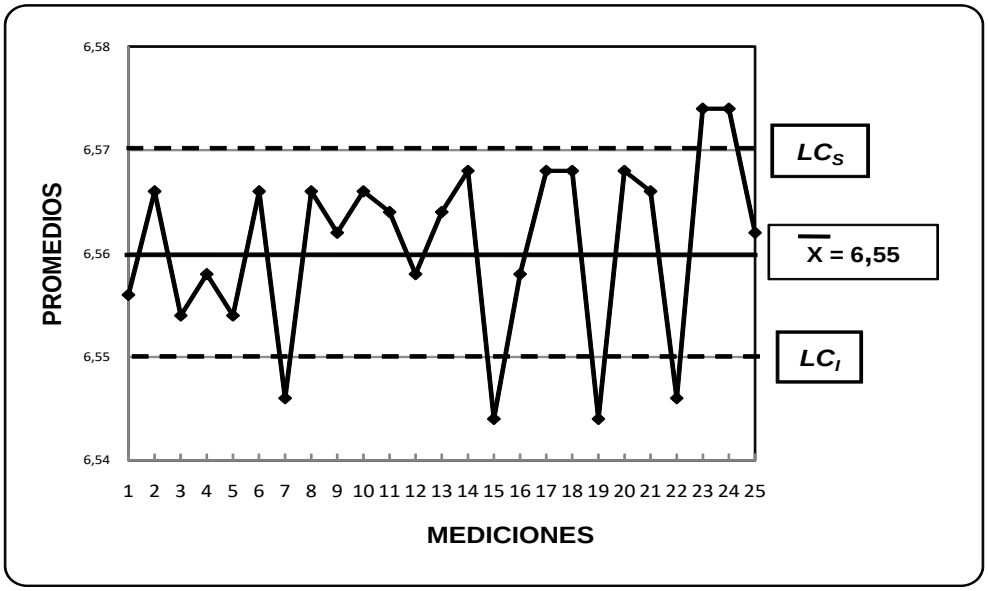
Para el pH, se observa en general, una distribución alrededor del promedio de los resultados (gráfico de control de promedios, figura 25), ya que se encuentran dentro de los límites de control; a excepción de seis puntos (7, 15, 19, 22, 23 y 24), que se desvían levemente de los límites, debido a:

1. Errores en la estandarización de la leche (adecuar el contenido de grasa y la acidez) para la preparación del queso, ya que pueden producirse fenómenos como lipólisis y rancidez.

2. Fallas en la fabricación, al no controlar adecuadamente los procesos, en especial, la acidificación de la cuajada, ya que esta influye sobre las características finales del queso.

3. Demoras en el proceso de elaboración, debidas a fallas improvistas, es decir, de tipo mecánico o daños en la planta, que retrasaron la ejecución de los pasos de elaboración y que afectaron el producto final.

Figura 25. Gráfico de control de promedios pH queso doble crema



FUENTE. AUTOR.

3.5 Análisis de varianza (ANOVA)

Con el fin de asegurar que los datos obtenidos para los quesos analizados son confiables se realizó un tratamiento estadístico por el sistema SPSS (análisis de varianza ANOVA).

3.5.1 CONTENIDO DE HUMEDAD QUESO CAMPESINO

En la tabla 25 se observan los resultados del cálculo del análisis de varianza con el respectivo factor de la distribución F, el cual fué comparado con el punto crítico del contenido de humedad (2,46).

Tabla 25. ANOVA 1 contenido de humedad queso campesino

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	7,851	4	1,963	**6,14**
Intra-grupos (Error)	38,389	120	0,320	
Total	46,240	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.1.1 Prueba de hipótesis

Teniendo en cuenta que el punto crítico $F_{0,05;4;120} = 2,46$, entonces tenemos que: como F = 6,14 es > 2,46, hay suficiente evidencia **para rechazar la hipótesis nula** de que las medias son estadísticamente iguales, por lo tanto, al menos una media poblacional es diferente de otra considerando el porcentaje de humedad obtenido para el queso campesino. Esto indica que las muestras son diferentes entre sí, por lo tanto se realizó la prueba de Tukey.

3.5.1.2 Comparación entre medias

A continuación, se muestran los resultados de los cálculos de comparación para encontrar los pares de medias que difieren entre sí.

Comparación Lote 1 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 2	-0,2822	0,1613	0,6047
LOTE 3	-0,5109	-0,0674	0,3760
LOTE 4	-0,6197	-0,1763	0,2672
LOTE 5	-1,0276	-0,5842	-0,1408

Comparación Lote 2 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 3	-0,6722	-0,2287	0,2147
LOTE 4	-0,7810	-0,3376	0,1059
LOTE 5	-1,1889	-0,7455	-0,3020

Comparación Lote 3 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 4	-0,5523	-0,1088	0,3346
LOTE 5	-0,9602	-0,5168	-0,0733

Comparación Lote 4 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 5	-0,8514	-0,4079	0,0355

Con base en lo anterior, los pares de medias que son diferentes estadísticamente, se presentan a continuación:

$$\mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote5} \quad ; \quad \mu_{Lote2} \neq \mu_{Lote5} \quad ; \quad \mu_{Lote3} \neq \mu_{Lote5}$$

Esto se debe a que el intervalo de confianza obtenido por el paquete estadístico no incluye el valor cero. Los demás pares de medias incluyen el cero, por lo tanto, no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que $\mu_j \neq \mu_i$. Lo que indica que las medias de los lotes 1, 2, 3 no presentan diferencias entre si, pero presentan diferencias significativas con el lote 5.

3.5.2 CONTENIDO DE PROTEÍNA QUESO CAMPESINO

El cálculo del análisis de varianza y el factor de distribución F, se muestran en la tabla 26.

Tabla 26. ANOVA 2 contenido de proteína queso campesino

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	0,045315	4	0,011329	71,34
Intra-grupos (Error)	0,019056	120	0,000159	
Total	0,064371	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.2.1 Prueba de hipótesis

El valor del punto crítico es $F_{0,05;4;120} = 2,46$, entonces: como F = 71,34 > 2,46, hay suficiente evidencia para **rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales correspondientes a cada lote son estadísticamente iguales, por lo tanto al menos un lote difiere de otro, considerando un nivel de significancia del 95%.

3.5.2.2 Comparación de medias

Los resultados de las comparaciones de las medias entre lotes se muestran a continuación:

Comparación Lote 1 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 2	-0,03988	-0,03000	-0,02012
LOTE 3	0,00692	0,01680	0,02668
LOTE 4	-0,00908	0,00080	0,01068
LOTE 5	-0,04188	-0,03200	-0,02212

Comparación Lote 2 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 3	0,03692	0,04680	0,05668
LOTE 4	0,02092	0,03080	0,04068
LOTE 5	-0,01188	-0,00200	0,00788

Comparación Lote 3 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 4	-0,02588	-0,01600	-0,00612
LOTE 5	-0,05868	-0,04880	-0,03892

Comparación Lote 4 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 5	-0,04268	-0,03280	-0,02292

Los pares de medias que son diferentes estadísticamente se presentan a continuación:

$$\mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote2} \;;\; \mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote3} \;;\; \mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote5}$$
$$\mu_{Lote2} \neq \mu_{Lote3} \;;\; \mu_{Lote2} \neq \mu_{Lote4} \;;\; \mu_{Lote3} \neq \mu_{Lote4}$$
$$\mu_{Lote3} \neq \mu_{Lote5} \;;\; \mu_{Lote4} \neq \mu_{Lote5}$$

Esto quiere decir que los únicos pares de medias que son iguales estadísticamente son $\mu_{Lote1} = \mu_{Lote4}$ y $\mu_{Lote2} = \mu_{Lote5}$, debido a que el intervalo de confianza construido incluye el valor cero, bajo un nivel de significancia del 95%, es decir, que las medias de los otros lotes presentan alguna diferencia significativa entre sí.

3.5.3 CONTENIDO DE GRASA

En la tabla 27 se observan los resultados del cálculo del análisis de varianza y el factor de la distribución F para compararlo con el punto crítico del contenido de grasa.

Tabla 27. ANOVA 3 contenido de grasa queso campesino

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	4,340	4	1,085	**2,86**
Intra-grupos	45,460	120	0,379	
Total	49,800	124	2,86	

FUENTE. AUTOR.

3.5.3.1 Prueba de hipótesis

Teniendo en cuenta que el punto crítico $F_{0,05;4;120} = 2,46$, entonces tenemos que si F = 2,86 > 2,46, hay suficiente evidencia **para rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales de cada lote en cuanto a la variable del porcentaje de grasa, son estadísticamente iguales, por lo tanto, al menos un lote difiere de otro, bajo un nivel de significancia del 95%.

3.5.3.2 Comparación entre medias

Los resultados de los cálculos de comparación para encontrar los pares de medias que difieren entre sí, se muestran a continuación.

Comparación Lote 1 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 2	-0,1225	0,3600	0,8425
LOTE 3	-0,3025	0,1800	0,6625
LOTE 4	-0,1825	0,3000	0,7825
LOTE 5	**0,0775**	**0,5600**	**1,0425**

Comparación Lote 2 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 3	-0,6625	-0,1800	0,3025
LOTE 4	-0,5425	-0,0600	0,4225
LOTE 5	-0,2825	0,2000	0,6825

Comparación Lote 3 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 4	-0,3625	0,1200	0,6025
LOTE 5	-0,1025	0,3800	0,8625

Comparación Lote 4 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 5	-0,2225	0,2600	0,7425

El único par de medias que es diferente es el Lote 1 vs. Lote 5, pues el intervalo de confianza no incluye el valor cero; por lo tanto, $\mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote5} \neq 0$, bajo un nivel de significancia del 95%; este el único par de medias que presenta una diferencia significativa entre sí.

3.5.4 ACIDEZ QUESO CAMPESINO

En la tabla 28 se observan los resultados del cálculo del análisis de varianza hallando el factor de la distribución F para compararlo con el punto crítico de la acidez.

Tabla 28. ANOVA 4 contenido de acidez queso campesino

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	0,000005	4	0,000002	**0,01388**
Intra-grupos (Error)	0,0000012	120	0,000144	
Total	0,0000017	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.4.1 Prueba de hipótesis

Debido a que el valor del punto crítico es $F_{0,05;4;120} = 2,46$, se observa que F = 0,01388 < 2,46, hay suficiente evidencia **para no rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales son estadísticamente iguales, por lo tanto, todas las medias correspondientes a cada lote son iguales bajo un nivel de significancia del 5%; en consecuencia, no es necesario usar la prueba Tukey para comparar pares de medias para la variable acidez (no presentan diferencias significativas).

3.5.5 pH QUESO CAMPESINO

El cálculo del análisis de varianza y el factor de la distribución F para compararlo con el punto crítico del pH se muestran a continuación (Tabla 29).

Tabla 29. ANOVA 5 pH queso campesino

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	0,03249	4	0,008122	**1,825**
Intra-grupos (Error)	0,53451	120	0,00445	
Total	0,56700	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.5.1 Prueba de hipótesis

Teniendo en cuenta de que el punto crítico es $F_{0,05;4;120} = 2,46$, tenemos que F = 1,825 < 2,46, hay suficiente evidencia **para no rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales en cada lote son estadísticamente iguales, por lo tanto, todos los lotes de manera conjunta son iguales, bajo un nivel de significancia del 95% (no presentan diferencias significativas).

3.5.6 CONTENIDO DE HUMEDAD QUESO DOBLECREMA

En la tabla 30 se observan los resultados del cálculo del análisis de varianza hallando el factor de la distribución F para compararlo con el punto crítico del contenido de humedad.

Tabla 30. ANOVA 6 contenido de humedad queso doble crema

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	102,17	4	25,54	**6,99**
Intra-grupos (Error)	437,74	120	3,65	
Total	539,91	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.6.1 Prueba de hipótesis

Teniendo en cuenta que el punto crítico es $F_{0,05;4;120} = 2,46$, entonces tenemos que F = 6,99 > 2,46, hay suficiente evidencia para **rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales correspondientes a cada lote son estadísticamente iguales, por lo tanto, al menos un lote difiere de otro; en consecuencia, es necesario usar la prueba Tukey para la comparación entre pares de medias en cuanto a la variable porcentaje de humedad.

3.5.6.2 Comparación entre medias

A continuación se muestran los resultados de los cálculos de comparación para encontrar los pares de medias que difieren entre sí.

Comparación Lote 1 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 2	-3,503	-2,005	-0,508
LOTE 3	-3,606	-2,109	-0,611
LOTE 4	-4,119	-2,622	-1,125
LOTE 5	-2,851	-1,353	0,144

Comparación Lote 2 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 3	-1,601	-0,103	1,394
LOTE 4	-2,114	-0,617	0,881
LOTE 5	-0,845	0,652	2,149

Comparación Lote 3 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 4	-2,011	-0,513	0,984
LOTE 5	-0,742	0,755	2,253

Comparación Lote 4 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 5	-0,229	1,269	2,766

Con base en lo anterior, los siguientes pares de medias presentan diferencias significativas, puesto que el intervalo de confianza del 95% no incluye el valor neutral, por lo tanto, hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que $\mu_i = \mu_j$, así:

$$\mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote2} \quad ; \quad \mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote3} \quad ; \quad \mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote4}$$

Esto significa que los lotes 2, 3 y 4 no presentan diferencias significativas entre sí, pero si las tienen con el lote 1.

3.5.7 CONTENIDO DE PROTEÍNA QUESO DOBLECREMA

El cálculo del análisis de varianza y el factor de la distribución F se observan en la tabla 31.

Tabla 31. ANOVA 7 contenido de proteína queso doble crema

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	0,057640	4	0,014410	**121,09**
Intra-grupos (Error)	0,014280	120	0,000119	
Total	0,071920	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.7.1 Prueba de hipótesis

El valor del punto crítico es $F_{0,05;4;120} = 2,46$, por lo tanto F = 121,09 > 2,46, hay suficiente evidencia para **rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales correspondientes a cada lote son estadísticamente iguales; en consecuencia, al menos un lote difiere de otro en cuanto al porcentaje de proteína obtenido para el queso doble crema, por lo que es necesario realizar la comparación entre medias para encontrar las diferencias entre los lotes.

3.5.7.2 Comparación entre medias

Los resultados de las comparaciones de las medias entre lotes se muestran a continuación:

Comparación Lote 1 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 2	0,05185	0,06040	0,06895
LOTE 3	0,01825	0,02680	0,03535
LOTE 4	0,02705	0,03560	0,04415
LOTE 5	-0,00135	0,00720	0,01575

Comparación Lote 2 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 3	-0,04215	-0,03360	-0,02505
LOTE 4	-0,03335	-0,02480	-0,01625
LOTE 5	-0,06175	-0,05320	-0,04465

Comparación Lote 3 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 4	0,00025	0,00880	0,01735
LOTE 5	-0,02815	-0,01960	-0,01105

Comparación Lote 4 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 5	-0,03695	-0,02840	-0,01985

De esta manera, el único par de medias que no difiere estadísticamente es $\mu_{Lote1} = \mu_{Lote5}$, debido a que el intervalo de confianza incluye el valor neutral. Para los demás pares de medias hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula de que $\mu_i = \mu_j$, puesto que el intervalo de confianza no incluye el cero, por lo tanto, $\mu_i \neq \mu_j$, esto significa, que los demás lotes presentan diferencias significativas.

3.5.8 CONTENIDO DE GRASA QUESO DOBLECREMA

En la tabla 32 se observan los resultados del cálculo del análisis de varianza y el factor de la distribución F.

Tabla 32. ANOVA 8 contenido de grasa queso doble crema

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	1,484	4	0,371	**2,06**
Intra-grupos (Error)	21,566	120	0,180	
Total	23,051	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.8.1 Prueba de hipótesis

Teniendo en cuenta que el punto crítico es $F_{0,05;4;120} = 2,46$, entonces F = 2,06 < 2,46, hay suficiente evidencia para **no rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales correspondientes a cada lote son estadísticamente iguales; en consecuencia no es necesario usar la prueba Tukey para comparación entre pares de medias, ya que, los lotes no presentan diferencias significativas.

3.5.9 ACIDEZ QUESO DOBLECREMA

El factor de la distribución F y el cálculo del análisis de varianza se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33. ANOVA 9 contenido de acidez queso doble crema

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	0,0000023	4	0,0000006	**6,97**
Intra-grupos (Error)	0,0000098	120	0,0000001	
Total	0,0000121	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.9.1 Prueba de hipótesis

El valor del punto crítico es $F_{0,05;4;120} = 2,46$, se observa que F = 6,97 > 2,46, hay suficiente evidencia para **rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales correspondientes a cada lote son estadísticamente iguales; por lo tanto, al menos un lote difiere de otro, bajo un nivel de significancia del 5%, por esta razón, se debe realizar la comparación entre medias para observar las diferencias significativas entre lotes.

3.5.9.2 Comparación entre medias

Los siguientes resultados nos muestran las diferencias que se encuentran entre cada par de lotes.

Comparación Lote 1 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 2	0,0000193	0,0002436	0,0004679
LOTE 3	-0,0000695	0,0001548	0,0003791
LOTE 4	-0,0000983	0,0001260	0,0003503
LOTE 5	0,0001825	0,0004068	0,0006311

Comparación Lote 2 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 3	-0,0003131	-0,0000888	0,0001355
LOTE 4	-0,0003419	-0,0001176	0,0001067
LOTE 5	-0,0000611	0,0001632	0,0003875

Comparación Lote 3 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 4	-0,0002531	-0,0000288	0,0001955
LOTE 5	0,0000277	0,0002520	0,0004763

Comparación Lote 4 vs.

	Bajo	Centro	Alto
LOTE 5	0,0000565	0,0002808	0,0005051

Los siguientes pares de medias presentan diferencias significativas, puesto que el intervalo de confianza del 95% no incluye el valor neutral, por lo tanto, hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que $\mu_i = \mu_j$:

$$\mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote2} \;\; ; \;\; \mu_{Lote1} \neq \mu_{Lote5} \;\; ; \;\; \mu_{Lote3} \neq \mu_{Lote5} \;\; ; \;\; \mu_{Lote4} \neq \mu_{Lote5}$$

Esto es, los lotes 1, 3, y 4 presentas diferencias significativas con el 5; al igual que se presentan diferencias entre el lote 1 y 2.

3.5.10 pH QUESO DOBLECREMA

En la tabla 34 se observan los resultados del cálculo del análisis de varianza hallando el factor de la distribución F para compararlo con el punto crítico del pH.

Tabla 34. ANOVA 10 pH queso doble crema

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Inter-grupos (Factor)	0,000624	4	0,000156	**1,37**
Intra-grupos (Error)	0,013693	120	0,000114	
Total	0,014320	124		

FUENTE. AUTOR.

3.5.10.1 Prueba de hipótesis

Teniendo en cuenta que el punto crítico es $F_{0,05;4;120} = 2,46$, por lo tanto F = 1,37 < 2,46, hay suficiente evidencia **para no rechazar la hipótesis nula** de que las medias poblacionales correspondientes a cada lote son estadísticamente iguales, es decir, no presentan diferencias significativas, bajo un nivel de significancia del 5%.

3.6 CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES QUESO CAMPESINO

La correlación entre las variables fisicoquímicas para el que queso campesino, se muestran en la tabla 35.

TABLA 35. Correlaciones de las variables fisicoquímicas para el queso campesino

		Grasa	Humedad	Acidez	pH	Proteína
Grasa	Correlación de Pearson	1	**-,186(*)**	**,207(*)**	-,031	**-,169**
	Sig. (bilateral)		,038	,020	,731	,059
	N	125	125	125	125	125
Humedad	Correlación de Pearson	-,186(*)	1	,004	,163	,097
	Sig. (bilateral)	,038		,961	,069	,284
	N	125	125	125	125	125
Acidez	Correlación de Pearson	,207(*)	,004	1	**-,235(**)**	,054
	Sig. (bilateral)	,020	,961		,008	,547
	N	125	125	125	125	125
pH	Correlación de Pearson	-,031	,163	-,235(**)	1	,012
	Sig. (bilateral)	,731	,069	,008		,899
	N	125	125	125	125	125
Poteína	Correlación de Pearson	-,169	,097	,054	,012	1
	Sig. (bilateral)	,059	,284	,547	,899	
	N	125	125	125	125	125

*** La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).**
**** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).**
FUENTE. AUTOR.

Si se considera un nivel de significancia del 5%, la correlación que hay entre la variable grasa y humedad y la variable acidez y porcentaje de grasa son diferentes de cero, por lo tanto, tienen una relación directa o inversa. Para el caso de la variable grasa y humedad la relación es inversa, es decir, a medida que una aumenta la otra disminuye y para el caso de la variable acidez y porcentaje de grasa, la relación es directa, es decir a medida que una aumenta la otra también aumenta o viceversa.

La correlación directa entre el porcentaje de grasa y la acidez, puede atribuirse a que al contener un porcentaje de grasa alto se puede producir la reacción de hidrólisis que forman ácidos grasos que pueden alterar los valores de acidez.

Con respecto a los demás parámetros, la correlación que existe entre ellos no se considera ya que no cumple con un nivel de significancia del 95%.

Nota: si se considera un nivel de significancia del 1%, la variable acidez y pH tienen una relación inversa (se pudo observar durante el ensayo), puesto que hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de nula de que $corr(X_i, X_i) = 0$.

3.7 CORRELACIÓN DE VARIABLES QUESO DOBLECREMA

En la tabla 36 se muestra la correlación entre las variables fisicoquímicas para el que queso doble crema.

TABLA 36. Correlaciones de las variables fisicoquímicas para el queso doble crema

		Grasa	Humedad	Acidez	pH	Proteína
Grasa	Correlación de Pearson	1	-,051	**-,227(*)**	**,238(**)**	,114
	Sig. (bilateral)		,572	,011	,008	,206
	N	125	125	125	125	125
Humedad	Correlación de Pearson	-,051	1	**,204(*)**	,073	**-,257(**)**
	Sig. (bilateral)	,572		,022	,421	,004
	N	125	125	125	125	125
Acidez	Correlación de Pearson	-,227(*)	,204(*)	1	,042	,004
	Sig. (bilateral)	,011	,022		,644	,962
	N	125	125	125	125	125
pH	Correlación de Pearson	,238(**)	,073	,042	1	,068
	Sig. (bilateral)	,008	,421	,644		,452
	N	125	125	125	125	125
Proteína	Correlación de Pearson	,114	-,257(**)	,004	,068	1
	Sig. (bilateral)	,206	,004	,962	,452	
	N	125	125	125	125	125

*** La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).**
**** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).**
FUENTE. AUTOR.

De manera similar al caso anterior, las variables que tienen una correlación, bajo un nivel de significancia del 5% son:

- Variable porcentaje de grasa y acidez (relación indirecta)
- Variable porcentaje de humedad y acidez (relación directa)

La correlacion inversa entre la humedad y la proteína, se puede explicar ya que en medio ácido la proteína liga menos agua dentro de su estructura.

Los restantes pares de variables no tienen una correlación significativa, puesto que el *p – valor* es menor a un nivel del 5%.

Si se considera un nivel de significancia del 1%, la correlación entre la variable pH y grasa y la variable porcentaje de humedad y proteína se hace significativa, puesto que el *p – valor* < 0,01.

Al comparar ambos quesos se observa que el queso campesino presentó valores menores de CV_R y CV_r para el contenido de humedad en comparación del queso campesino, lo cual se atribuye a la consistencia cauchosa del queso doblecrema. Con respecto a las demás variables no se observan diferencias apreciables y los sistemas analizados se encuentran bajo control.

4. CONCLUSIONES

- A pesar de no poseer patrones, la implementación de los distintos análisis fisicoquímicos fue llevada a cabo satisfactoriamente, ya que se cumplió con lo estadísticamente requerido para garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos experimentalmente.

- La variabilidad de los resultados para los análisis fisicoquímicos no superó, en ninguno de los casos, el 1%, demostrando que los análisis realizados son aplicables al laboratorio.

- Según los resultados obtenidos de humedad (48,36%) y grasa (24,88%) el queso campesino evaluado se pudo clasificar en semiduro y graso; según los valores estipulados en la resolución Número 01804 de 1989 (03 de febrero).

- El queso doblecrema evaluado se clasificó como semiblando y semigraso debido a los valores de humedad (57,18%) y grasa (18,98%) obtenidos, basándose en la resolución Número 01804 de 1989 (03 de febrero).

- Estadísticamente se demostró que el lote número 5 del queso campesino presentó la mayor dispersión de los datos, es decir tiene mayores diferencias significativas con respecto a los otros lotes. Mientras que el lote número 1 en el queso doblecrema se diferencia significativamente de los otros lotes estudiados.

- A pesar que el proceso de elaboración de quesos producidos en Inducolsa, S.A., se encuentra en vía de estandarización, se estableció que son aptos para la comercialización y consumo ya que cumplen con las características fisicoquímicas exigidas por la normatividad Colombiana.

5. RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo desarrollado podemos recomendar que:

1. Ensayos de este mismo tipo o similares, deben involucrar un equipo evaluador conformado por personas con experiencia en el método de medición y su aplicación, cuyas tareas entre otras pueden ser:

- Planificar y coordinar el experimento.

- Decidir sobre el número de personas que intervienen y mediciones a ser realizadas y el número de dígitos significativos que se han de requerir.

- Nombrar a una persona para ejecutar las funciones estadísticas, quien contribuirá con sus conocimientos especializados en el diseño del experimento, analizará los datos y escribirá un informe para el equipo evaluador, el cual servirá para la toma de decisiones.

- Nombrar a una persona para cumplir funciones ejecutivas, como son conseguir la disponibilidad del laboratorio, organizar y supervisar la preparación de los materiales y muestras, considerar las instrucciones que van a ser impartidas al personal involucrado y entregarlas con anticipación para aclarar dudas o realizar cambios, decidir si se deben realizar algunas mediciones no oficiales como práctica antes del experimento; discutir el informe de resultados frente al informe estadístico al completar el análisis de los resultados, decidir si se requiere tomar alguna acción adicional para mejorar el método normalizado de medición o con respecto al personal que intervino en el ensayo.

- Nombrar un supervisor quien se encargará de asegurar la competencia del analista para el ensayo, entregar las muestras al analista de acuerdo a las instrucciones del ejecutivo, supervisar la ejecución de las mediciones, asegurar que se ejecuten el número requerido de mediciones, asegurar que se cumpla con el tiempo fijado para la ejecución de las mediciones, recolectar los resultados de los ensayos reportados con el número requerido de datos significativos, incluyendo los comentarios hechos por los operadores en cuento a anomalías y dificultades encontradas, presentar un informe completo con todos los resultados de los ensayos realizados.

- Nombrar un analista (o varios) quien se encargará de ejecutar las mediciones, deberá reportar las anomalías o dificultades encontradas, comentar sobre lo adecuado de las instrucciones del método, registrar los resultados obtenidos de la manera más clara y legible y en el formato establecido para ello.

2. El ácido sulfúrico que se emplea para las determinaciones del contenido de grasa en leche y derivados lácteos, no tiene que ser necesariamente Gerber, ya que el INVIMA, en sus procedimientos establece que la densidad del ácido sulfúrico para este tipo de determinaciones debe ser 1,082 a 1,083 g/mL.

3. Con el fin de mejorar el proceso de fabricación de los quesos, se aconsejó continuar con el programa de capacitación continua del personal encargado de esta área, ya que es muy importante generar conciencia sobre la buena aplicación de las BPM y ser precavidos con todos los pasos del proceso.

4. Para realizar los controles de ahora en adelante, se debe tener en cuenta que el pH y la acidez varían con el paso del tiempo, por lo tanto, para realizar los análisis de estos dos parámetros se debe establecer el tiempo como factor incidente en los resultados, debido a esto se recomienda estipular después de cuantos días de fabricado el queso se deben determinar estas variables.

BIBLIOGRAFÍA

1. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 616 de 2006. Reglamento técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expenda, importe o exporte en el país. p. 3.

2. BELITZ, H.D.; GROSCH, W. Química de los alimentos. 2da edición. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A.1992. p. 541 – 543, 556, 560 – 564, 567 – 570.

3. CHARLEY, HELEN. Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. México. Limusa. 1998. p. 380, 390 – 392, 402 – 404, 411.

4. BADUI, SALVADOR. Química de los alimentos. 4ta edición. México. Pearson educación de México, S. A. 2006. p. 605 – 608, 610 – 613, 626 – 628.

5. Manuales para la educación agropecuaria. Elaboración de productos lácteos. México. Editorial Trillas, S.A. de C.V. 2004. p. 11, 12, 14 – 16, 18 – 21, 63, 64, 66 – 69, 70 – 78.

6. ALAIS, CHARLES; GODINA, ANTONIO. Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. 4ta edición. España. Editorial Reveté, S.A. 1985. p. 22 – 26, 104 – 120, 150 – 200, 618 – 640, 661 – 690.

7. AMIOT, J. Ciencia y tecnología de la leche. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 1991. p. 42 – 45, 57 – 64.

8. RODRÍGUEZ, ALVARO. Guía para producir quesos colombianos. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 1994. p. 32, 38 – 40, 42, 48 – 51, 63 – 69, 78, 79, 98 – 101.

9. ROBINSON, DAVID. Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos. España. Editorial Acribia S.A. 1991. p. 199 – 204, 207 – 212.

10. Alpina. [Citado Febrero de 2009]. Disponible en Internet: www.alpina.com.co

11. Colanta. [Citado Febrero de 2009]. Disponible en Internet: www.colanta.com.co

12. AMIST, J. Ciencia y tecnología de la leche. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A. 1991. p. 88 – 92, 100 – 110.

13. WONG, W. S. DOMINIC. Química de los alimentos. Mecanismo y teoría. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 1989. p. 33, 35, 47 – 60.

14. L. PABÓN, MARTHA. Compuestos lipídicos benéficos para la salud humana asociados a la nutrición animal. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2008. [Citado en Febrero de 2009]. Disponible en Internet. http://www. Scielo . org . co / scielo . php ? script = sci _ arttext&pid=S0120-06902008000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=es

15. GÓMEZ, de Illera Margarita. Tecnología de Lácteos. Bogotá. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD. 2005. p. 132, 133, 136 – 139, 141 – 146, 148 – 152, 155, 158 – 171, 177, 181 – 183, 189 – 191, 202 – 05, 207.

16. SCOTT, R. Fabricación de quesos. 2da edición. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 1991. p. 38 – 45, 61 – 70.

17. Departamento de Engenharia Quimica e Engenharia de Alimentos. [Citado Octubre de 2008]. Disponible en Internet. www.enq.ufsc.br/disci/eqa5216/material_didatico/componentes_do_leite_arquivos/image014.gif&imgrefurl

18. WALSTRA, P.; JENNESS, R. Química y física lactológica. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 1987. p. 55, 74, 82 – 90, 102 – 105.

19. Departamento de agricultura. Dirección de producción y sanidad animal. Leche y lácteos. [Citado Agosto de 2008]. Disponible en Internet. www.fao.org/ag/againfo/subjects/es/daily/prod_chain.html.

20. RODRIGUES; NOVON, A.C. Tecnología de elaboración de quesos maduros. ICTA. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1993. p. 28 - 32, 55 – 57, 68 – 73.

21. PONCELET. Enciclopedia del queso. [Citado Noviembre de 2008]. Disponible en Internet. www.poncelet.es/pagina-34/enciclopedia-del-queso/elaboracion

22. CENZANO, I. Los quesos. Madrid. A. Madris Vicente, ediciones. 1994. p. 28 – 32.

23. FENNEMA, OWEN R. Química de los alimentos. 2da edición. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 1993. p. 910 – 915.

24. VIGUSA. Virgilio Guajardo S.A. de C.V. [Citado Diciembre de 2008]. Disponible en Internet. www.vigusa.com.mx/equipodiv.html

25. NORMAS Y PROCEDIMIENTOS REGLAMENTARIOS DE LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. Ministerio de Salud. Resolución número 01804 de 1989 (03 febrero de 1989).

26. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC 3529-1. Exactitud (veracidad y precisión) de los métodos de medición y de los resultados. Parte I: principios generales y definiciones. ICONTEC. Bogotá. 2003.

27. Diplomado en metrología. Corporación Metrocalidad. Colombia. Módulos 2 y 3. 2001.

28. Aplicación metrológica de los estudios r & R (repetibilidad y Reproducibilidad). MetAs & Metrólogos asociados. La guía MetAs. México. 2003. p. 1 – 4.

29. KUME, HITOSHI. Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad. 20ª edición. Colombia. Grupo editorial Norma. 2002. p. 8 – 10, 28 – 36, 55 – 60, 91 – 107, 169 – 172.

30. ISO 5725-2. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of standard measurement method. First edition. 1994. International organization for standardization. Geneve, Switzrland.

31. BEHAR, Roberto; YEPES, Mario. “Estadística un enfoque descriptivo”. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Departamento de producción e investigación de operaciones (1996).

32. KUEHL, Roberto O. “Diseño de Experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación”. Segunda edición. Editorial Thomson Learning. Universidad de Arizona (2001).

33. MONTGOMERY, Douglas G. “Diseño y análisis de Experimentos”. Quinta edición. Editorial Thomson Learning. Universidad de Arizona (2000).

34. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA, NTC-ISO 2859-1. Procedimiento de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Planes de muestreo determinados por el nivel aceptable de calidad (NAC) para inspección lote a lote. ICONTEC 2004.

35. HARRYS, D. Análisis químico cuantitativo. México. Grupo editorial iberoamericano, S.A. de CV. 1992. p. 474.

36. AOAC (2003). Vol II. Chapter 33. Dairy products. Method 920.1223 Collection of samples procedure. p. 69. Method 955.30 Preparation of test portions procedure. p. 70. Method 926.08 Moisture in cheese. p. 70. Method 920.124 Acidity of cheese. Titrimetric method. p. 74. Method 2001.14 Determination of nitrogen (total) en cheese. Kjeldahl method. p. 73. En official methods of analysis AOAC International 17th edition. Publicado por AOAC international. William Horwitz. USA.

37. KIRK, R.; SAWYER, R.; EGAN, H. Composición y análisis de los alimentos de pearson. 2da edición. México. Compañía editorial continental S.A. 1996. p. 657- 662.

38. BRITO C.; SILVA F.; MOLINA C.; PINTO C.; CARRILLO L., OYARZÚN Y. Sliceable low fat processed cheese elaborated using chanco and fresh cheese. Instituto de ciencia y tecnología de los alimentos. Universidad de Chile. [Citado Agosto de 2008]. Disponible en Internet: www.scielo.cl/scielo.php?pid=SO717-75182003000300008&script=sci_arttext

39. GUNTER, V., et. al. Elementos de bromatología descriptiva. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A. 1999. p. 388 – 398.

ANEXO A

ECUACIONES ESTADISTICAS PARA CALCULAR r&R

Repetibilidad (r)

La repetibilidad (*r*) se obtuvo como resultado del promedio de las *p* varianzas, que estiman la variabilidad interna de cada condición; esta variabilidad interna promedio (S_r), es conocida como el ruido presente en el experimento. Se determinó por la siguiente expresión (Ec. 1):

$$r = \sqrt{\left[S_r^2\right]} = \sqrt{\left[\sum S^2\right]} \qquad \text{(Ec. 1)}$$

Además, se calculó el sigma de repetibilidad (δr) para cada repetición de la siguiente forma: primero se calculó la desviación estándar y la varianza por subgrupo; luego, cada varianza se multiplicó por *n*-1 y los resultados se sumaron; la suma se elevó al cuadrado, y así, $\delta r = S_r^2$ (Ec. 2) (29).

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum\left[\left(ni-1\right)*\overline{X}\right]}{\left(nt*ni\right)-ni}} \qquad \text{(Ec. 2)}$$

Donde: ni , es la cantidad de mediciones por subgrupo

$\overline{X}$, es el promedio de cada subgrupo

nt , es la cantidad de subgrupos

Reproducibilidad (R)

La reproducibilidad (*R*) o variabilidad entre las condiciones (S_L), se obtuvo mediante la diferencia de la varianza (S_m^2) de los *p* promedios, menos la varianza representativa del ruido del experimento (S_r^2), dividida por la cantidad de mediciones *n* de cada condición. Se determinó por la siguiente relación (Ec. 3):

$$R = \sqrt{\left[S_L^{\,2}\right]} = \sqrt{\left[S_m^{\,2} - S_r^{\,2}/n\right]} \qquad \text{(Ec. 3)}$$

Se calculó el sigma de reproducibilidad (δR) para cada repetición así: el promedio de cada subgrupo y su resultado, se multiplicó por la cantidad de muestras. Todos

los valores obtenidos se sumaron y el resultado se dividió por el total de muestras; el resultado obtenido se denominó M_p, como se muestra en la ecuación 4:

$$M_p = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(ni - \overline{X}\right)^2}{\sum_{i=1}^{p} ni} \qquad \text{(Ec. 4)}$$

Se seleccionó la cantidad de muestras por subgrupo y se elevaron al cuadrado; los resultados obtenidos se sumaron y al total de muestras se le restó el resultado de la sumatoria; luego, se multiplicó el resultado obtenido anteriormente por la cantidad de muestras por subgrupo menos 1 (*n*-1) y se dividió por el total de las muestras (ecuación 5); este resultado se denominó N_p.

$$Np = \frac{1}{ni - 1} * \left[\sum_{i=1}^{p}(ni) = \frac{\sum_{i=1}^{p} n_i^2}{\sum_{i=1}^{p} n_i} \right]$$

(Ec. 5)

Finalmente, a cada promedio de subgrupo se le restó M_p, el resultado se elevó al cuadrado y se multiplicó por el número de muestras por subgrupo; el resultado se dividió por n-1. Los resultados anteriores se sumaron y al resultado se le restó S_r y se multiplicó por N_p, con el fin de hallar el sigma de variabilidad al cuadrado entre repeticiones, denominado S_g^2, como se muestra en la ecuación 6:

$$S_g^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{p} (n_i * (\overline{X} - Mp)^2) \right] - S_r^2}{Np} \qquad \text{(Ec. 6)}$$

El sigma de reproducibilidad al cuadrado (S_R), resulta de la suma de los cuadrados del sigma de variabilidad y repetibilidad ($S_r^2 + S_g^2$) (ecuación 7):

$$S_R = \sqrt{\left(S_r{}^2 + S_g{}^2\right)} \qquad \text{(Ec. 7)}$$

Con los datos obtenidos en los cálculos anteriores, se determinó el coeficiente de variabilidad de la repetibilidad, cvr, por medio de la ecuación 8:

$$cvr = \frac{S_r}{M_p} * 100 \qquad \text{(Ec. 8)}$$

y el coeficiente de variabilidad de la reproducibilidad, cvR (ecuación 9) (29, 30):

$$cvR = \frac{S_R}{M_p} * 100 \qquad \text{(Ec. 9)}$$

Combinación de r&R

La combinación de *r&R* se obtuvo como la raíz cuadrada de la suma de las varianzas de repetibilidad (variabilidad interna promedio) y reproducibilidad (variabilidad entre condiciones). En la ecuación 10 se muestra el cálculo (28, 29, 31).

$$r \,\&\, R = \sqrt{\left[r^2 + R^2\right]} = \sqrt{\left[S_r^2 + S_L^2\right]} \qquad \text{(Ec. 10)}$$

Rango

Se calculó el rango promedio con todos los rangos anteriores y sus límites se calcularon mediante la siguiente fórmula (Ec. 11,12,13 y 14):

$$R = X_i \text{ max} - X_i \text{ min} \qquad \text{(Ec. 11)}$$

$$LC_S = D_4 \overline{R} \qquad \text{(Ec. 12)}$$

$$LC = \overline{R} \qquad \text{(Ec. 13)}$$

$$LC_I = D_3 \overline{R} \qquad \text{(Ec. 14)}$$

Donde: $\overline{R}$, es el rango promedio

D_3 y D_4 son constantes establecidas de acuerdo al número de datos por subgrupo; en este caso, para n = 5, D_3 no se considera y D_4 es igual a 2,115 (ver anexo B)

Promedio ($\overline{x}$)

Se calculó el promedio de todos los promedios, el cual se tomó como el valor convencionalmente verdadero, ya que no poseíamos estándares adecuados; sus límites se calcularon según las ecuaciones (Ec. 15, 16, 17, 18) (28):

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \qquad \text{(Ec.15)}$$

$$LC_S = \overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R} \qquad \text{(Ec. 16)}$$

$$LC = \overline{\overline{X}} \qquad \text{(Ec. 17)}$$

$$LC_I = \overline{\overline{X}} - A_2 \overline{R} \qquad \text{(Ec. 18)}$$

Donde: $\overline{\overline{X}}$, es el promedio de los promedios calculados.

$\overline{R}$, es el rango promedio calculado.

A_2 es una constante establecida de acuerdo al número de datos por subgrupo; en este caso, para n = 5, A_2 es igual a 0,577.

Cálculo del análisis de varianza, ANOVA.

Para determinar si existen diferencias significativas entre cada lote de quesos, teniendo en cuenta el tipo de queso considerado y la variable de respuesta, el modelo estadístico viene dado por la ecuación 19:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij} \qquad \text{(Ec. 19)}$$

Donde, Xij = es la variable de respuesta considerando la muestra i en el lote j

$\mu =$ es la media global del diseño experimental

$\alpha_i =$ es el factor del lote (i=1,..,5)

T.j = es la suma de las n observaciones correspondientes al grupo j (Tratamiento j)

eij = es el error aleatorio considerado en la muestra (i) en el lote (j)

En la ecuación 20, se muestra el cálculo de $\bar{X}$:

$$\bar{X}_j = \frac{T_j}{n} \text{ ; es el valor promedio del grupo j.} \qquad \text{(Ec. 20)}$$

Donde: $T_1 + T_2 + T_3 + \ldots + T_a$: es el total de todas las observaciones X_{ij} hechas

$N = n * a$: es el número total de datos medidos

Así, se calcula el promedio general de todos los datos (ecuación 21):

$$\bar{\bar{X}} = \frac{T}{N} = \sum_{j=1}^{a}\sum_{i=1}^{n}\frac{X_{ij}}{N}, \qquad \text{(Ec. 21)}$$

En estas condiciones, se calculó la varianza total, como se muestra en la ecuación 22. La varianza total de los datos, es el cociente entre la suma de los cuadrados totales (SC_T) y los grados de libertad totales ($v_T = N - 1$).

$$\frac{SC_T}{v_T} = \sum_{j=1}^{a}\sum_{i=1}^{n}\frac{(X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2}{N-1} \qquad \text{(Ec. 22)}$$

Donde: SC_T, es la suma de los cuadrados totales.

De esta manera se obtiene la ecuación 23:

$$SC_T = \sum\sum (X_{ij})^2 - \frac{T^2}{N} \qquad \text{(Ec. 23)}$$

En la ecuación 24, se muestra el cálculo de SC_{FACTOR}:

$$SC_{Factor} = \sum\sum(\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(T_j)^2 - \left(\frac{T^2}{N}\right) \qquad \text{(Ec. 24)}$$

Reemplazando, se obtienen las ecuaciones 25 y 26:

$$SC_T = SC_{Factor} + SC_{Error} \qquad \text{(Ec. 25)}$$

$$SC_E = SC_T - SC_{Factor} \qquad \text{(Ec. 26)}$$

Donde, SC_{Factor}, es la suma de cuadrados del factor

SC_{Error}, es la suma de cuadrados del error

Con las expresiones anteriores, se puede obtener la tabla de Análisis de Varianza (ANOVA).

Análisis de varianza (ANOVA)

Variabilidad	g.l	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F
Factor	a-1	SC_{Factor}	SC_{Factor} / v_{Factor}	$F = \frac{CM_{Factor}}{CM_{error}}$
Error	N-a	SC_{Error}	SC_{error} / v_{error}	
Total	N - 1	SC_{Total}		

g.l = grados de libertad

FUENTE. Roberto O. Kuehl. “Diseño de Experimentos. Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación”. Segunda edición. Editorial Thomson Learning. Universidad de Arizona (2001).

Fisher demostró que el cociente entre estos dos estadígrafos (CM_{Factor} y CM_{error}), tiene una distribución F y por lo tanto se puede plantear una prueba de hipótesis de la siguiente manera:

H_o : Hipótesis Nula vs H_a : Hipótesis Alterna (Ec. 27)

De aquí, se deduce que (Ec. 28):

$$H_o : \mu_{Lote1} = \mu_{Lote2} = \mu_{Lote3} = \mu_{Lote4} = \mu_{Lote5} \text{ vs } H_a : \mu_{Lote\ i} \neq \mu_{Lote\ j} \quad \text{(Ec. 28)}$$

para algún $i \neq j$; i,j = 1, 2, 3, 4, 5

El estadístico de prueba viene dado por:

$F = \frac{CM_{Factor}}{CM_{Error}}$, y se compara con un valor crítico de la tabla F-Snedecor: $F_{\alpha;(a-1);(N-a)}$ (32)

Cuando $F > F_{\alpha}$, se rechaza la hipótesis nula de que todas las medias poblacionales de cada lote son estadísticamente iguales, por lo tanto, al menos un lote es diferente de otro, en cuanto a su media.

Se considerara un nivel de significancia del 95%, es decir α = 0,05.

Nota: Por lo general, α toma los valores del 10, 5 y 1%. Se usó un nivel del 95% de significancia, puesto que es el más usado en la mayoría de los estudios que emplean el análisis de varianza

Correlación entre variables

La hipótesis nula y alterna vienen dadas por (Ec. 29):

$$H_0 : corr(X_i, X_i) = 0 \quad \text{vs.} \quad H_a : corr(X_i, X_i) \neq 0 \quad \text{(Ec. 29)}$$

Regla de decisión: Si el *p*-valor < α se rechaza la hipótesis nula.

Si el *p*-valor > α no se rechaza la hipótesis nula (32, 33, 34).

ANEXO B

DATOS

% DE GRASA QUESO CAMPESINO

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO MUESTRA (g)	% GRASA	PROMEDIO % DE GRASA	RANGO R
1	1	1	3,0267	25,0	24,6	1,0
		2	3,0992	25,0		
		3	3,1127	24,0		
		4	3,0574	24,0		
		5	3,0728	25,0		
	2	1	3,2493	24,5	24,6	1,0
		2	3,2517	25,0		
		3	3,2305	25,0		
		4	3,2477	24,5		
		5	3,2553	24,0		
	3	1	3,4708	24,50	24,7	1,0
		2	3,4818	24,00		
		3	3,4803	25,00		
		4	3,4651	25,00		
		5	3,4715	25,00		
	4	1	3,2023	24,0	24,2	0,5
		2	3,2278	24,5		
		3	3,2521	24,0		
		4	3,2339	24,0		
		5	3,2215	24,5		
	5	1	3,3501	25,0	24,8	1,5
		2	3,3611	25,5		
		3	3,3483	25,0		
		4	3,3327	24,0		
		5	3,3795	24,5		
2	1	1	3,1529	25,0	25,2	1,0
		2	3,1837	25,0		
		3	3,1708	25,0		
		4	3,1370	26,0		
		5	3,1563	25,0		
	2	1	3,0724	24,5	24,7	1,0
		2	3,1006	24,0		
		3	3,0855	25,0		
		4	3,0677	25,0		
		5	3,0829	25,0		
	3	1	3,3418	25,0	25,0	1,5
		2	3,3671	25,5		
		3	3,3383	24,0		
		4	3,3351	25,0		
		5	3,3286	25,5		
	4	1	3,2283	25,0	24,6	1,0
		2	3,2721	24,0		
		3	3,2566	24,0		
		4	3,2492	25,0		
		5	3,2547	25,0		
	5	1	3,2638	25,0	25,2	0,5
		2	3,2817	25,5		
		3	3,2392	25,5		
		4	3,2673	25,0		
		5	3,2523	25,0		

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO MUESTRA (g)	% GRASA	PROMEDIO % DE GRASA	RANGO R
3	1	1	3,3177	24,0	23,8	1,5
		2	3,3124	24,5		
		3	3,3305	23,5		
		4	3,3252	23,0		
		5	3,3144	24,0		
	2	1	3,1588	25,0	25,3	1,0
		2	3,1714	25,0		
		3	3,1792	25,0		
		4	3,1329	26,0		
		5	3,1406	25,5		
	3	1	3,2267	25,0	25,0	1,0
		2	3,2019	25,5		
		3	3,2096	24,5		
		4	3,1975	25,0		
		5	3,2180	25,0		
	4	1	3,2615	26,0	25,4	1,0
		2	3,2573	26,0		
		3	3,2708	25,0		
		4	3,2689	25,0		
		5	3,2480	25,0		
	5	1	3,3706	24,0	24,3	1,0
		2	3,3541	24,0		
		3	3,3659	25,0		
		4	3,3362	24,0		
		5	3,3865	24,5		
4	1	1	3,2540	24,5	25,1	1,0
		2	3,2325	25,0		
		3	3,2638	25,5		
		4	3,2463	25,0		
		5	3,2546	25,5		
	2	1	3,3615	24,5	24,8	1,5
		2	3,3254	24,0		
		3	3,3784	25,0		
		4	3,3045	25,5		
		5	3,3358	25,0		
	3	1	3,1933	25,0	24,7	1,0
		2	3,1853	25,0		
		3	3,1837	25,0		
		4	3,2041	24,0		
		5	3,2151	24,5		
	4	1	3,1541	25,5	25,2	2,0
		2	3,1809	24,0		
		3	3,1654	26,0		
		4	3,1430	25,0		
		5	3,1567	25,5		
	5	1	3,2016	24,5	24,6	1,0
		2	3,2172	25,0		
		3	3,2248	25,0		
		4	3,2037	24,0		
		5	3,2214	24,5		

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO MUESTRA (g)	% GRASA	PROMEDIO % DE GRASA	RANGO R
5	1	1	3,1511	24,0	25,3	2,0
		2	3,1308	25,5		
		3	3,1661	25,5		
		4	3,1252	26,0		
		5	3,1327	25,5		
	2	1	3,3580	26,0	25,7	1,0
		2	3,3704	25,0		
		3	3,3192	25,5		
		4	3,3315	26,0		
		5	5,3238	26,0		
	3	1	3,0611	24,5	24,3	1,0
		2	3,0851	24,0		
		3	3,0552	25,0		
		4	3,0638	24,0		
		5	3,0724	24,0		
	4	1	3,3431	24,5	25,0	1,5
		2	3,3254	25,5		
		3	3,3512	25,5		
		4	3,3587	25,5		
		5	3,3448	24,0		
	5	1	3,2436	24,5	25,4	1,5
		2	3,2545	25,5		
		3	3,1973	26,0		
		4	3,2278	25,5		
		5	3,2262	25,5		

% DE HUMEDAD QUESO CAMPESINO

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO CAJA PETRI (g)	PESO MUESTRA (g)	PESO CAJA PETRI + PESO MUESTRA SECA (g)	PESO FINAL (g)	% DE HUMEDAD RELATIVA	PROMEDIO % DE HUMEDAD RELATIVA	RANGO R
1	1	1	94,8138	5,1527	97,4765	2,6627	48,3242	48,34443	0,24627
		2	96,1702	5,1330	98,8137	2,6435	48,4999		
		3	96,1554	5,1507	98,8207	2,6653	48,2536		
		4	89,4609	5,1709	92,1352	2,6743	48,2817		
		5	93,6172	5,1488	96,2759	2,6587	48,3627		
	2	1	85,7684	5,0725	88,3710	2,6026	48,6920	48,67545	0,13197
		2	82,1193	5,0419	84,7049	2,5856	48,7177		
		3	82,3230	5,0593	84,9242	2,6012	48,5858		
		4	83,1456	5,0347	85,7281	2,5825	48,7060		
		5	86,3122	5,0672	88,9129	2,6007	48,6758		
	3	1	84,2396	5,0938	86,8549	2,6153	48,6572	48,69801	0,22088
		2	85,3657	5,0667	87,9605	2,5948	48,7872		
		3	82,4893	5,0892	85,0980	2,6087	48,7405		
		4	84,6752	5,0512	87,2645	2,5893	48,7389		
		5	85,4360	5,0638	88,0405	2,6045	48,5663		
	4	1	85,1897	5,1128	87,8132	2,6235	48,6876	48,71722	0,06027
		2	82,3234	5,1269	84,9528	2,6294	48,7136		
		3	83,8997	5,1233	86,5255	2,6258	48,7479		
		4	81,6412	5,1196	84,2659	2,6247	48,7323		
		5	82,2335	5,1260	84,8629	2,6294	48,7046		
	5	1	86,2164	5,2831	88,9379	2,7215	48,4867	48,52628	0,07365
		2	84,1971	5,2269	86,8858	2,6887	48,5603		
		3	86,3533	5,2575	89,0586	2,7053	48,5440		
		4	85,0306	5,2521	87,7348	2,7042	48,5120		
		5	84,1378	5,2833	86,8572	2,7194	48,5284		
2	1	1	83,2166	5,1978	85,8914	2,6748	48,5398	48,39500	0,20474
		2	85,3533	5,2283	88,0545	2,7012	48,3350		
		3	82,8216	5,2045	85,5091	2,6875	48,3620		
		4	81,0539	5,2138	83,7455	2,6916	48,3755		
		5	83,2392	5,2313	85,9405	2,7013	48,3627		
	2	1	82,1076	5,3179	84,8356	2,7280	48,7016	48,70068	0,02544
		2	81,4359	5,3538	84,1821	2,7462	48,7056		
		3	84,3730	5,3703	87,1275	2,7545	48,7086		
		4	83,5542	5,3501	86,2997	2,7455	48,6832		
		5	84,6129	5,3644	87,3646	2,7517	48,7044		
	3	1	83,2865	5,2378	85,9806	2,6941	48,5643	48,54176	0,05241
		2	84,3343	5,2841	87,0531	2,7188	48,5475		
		3	84,7518	5,2583	87,4592	2,7074	48,5119		
		4	82,8031	5,2637	85,5126	2,7095	48,5248		
		5	83,1275	5,2512	85,8287	2,7012	48,5603		
	4	1	82,7126	5,0529	85,3150	2,6024	48,4969	48,53034	0,07628
		2	83,5215	5,0883	86,1397	2,6182	48,5447		
		3	83,7535	5,0392	86,3450	2,5915	48,5732		
		4	81,4164	5,0457	84,0148	2,5984	48,5027		
		5	85,1375	5,0758	87,7498	2,6123	48,5342		
	5	1	86,9999	5,1459	89,6272	2,6273	48,9438	49,02517	0,20142
		2	83,3217	5,1355	85,9345	2,6128	49,1228		
		3	81,5043	5,1442	84,1239	2,6196	49,0766		
		4	86,2978	5,1268	88,9165	2,6187	48,9214		
		5	81,3401	5,1187	83,9475	2,6074	49,0613		

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO CAJA PETRI (g)	PESO MUESTRA (g)	PESO CAJA PETRI + PESO MUESTRA SECA (g)	PESO FINAL (g)	% DE HUMEDAD RELATIVA	PROMEDIO % DE HUMEDAD RELATIVA	RANGO R
3	1	1	85,1533	5,2961	87,8547	2,7014	48,9927	48,91295	0,21407
		2	80,4866	5,2732	83,1839	2,6973	48,8489		
		3	83,8187	5,2675	86,5094	2,6907	48,9188		
		4	81,4562	5,2837	84,1504	2,6942	49,0092		
		5	82,4268	5,2745	85,1276	2,7008	48,7951		
	2	1	83,5463	5,0728	86,1705	2,6242	48,2692	48,25300	0,08307
		2	85,5653	5,0477	88,1782	2,6129	48,2358		
		3	84,6922	5,0533	87,3097	2,6175	48,2022		
		4	84,0283	5,0415	86,6355	2,6072	48,2852		
		5	82,5142	5,0625	85,1329	2,6187	48,2726		
	3	1	86,5253	5,2243	89,2698	2,7445	47,4666	47,44543	0,11274
		2	81,3574	5,2486	84,1187	2,7613	47,3898		
		3	80,4437	5,2553	83,2026	2,7589	47,5025		
		4	84,3624	5,2121	87,1015	2,7391	47,4473		
		5	83,4137	5,2325	86,1649	2,7512	47,4209		
	4	1	82,4838	5,1728	85,1372	2,6534	48,7048	48,63828	0,18878
		2	81,5829	5,1683	84,2431	2,6602	48,5285		
		3	83,3007	5,1844	85,9594	2,6587	48,7173		
		4	80,5344	5,1642	83,1862	2,6518	48,6503		
		5	79,5706	5,1755	82,2313	2,6607	48,5905		
	5	1	82,3558	5,0105	84,9122	2,5564	48,9791	48,78410	0,32534
		2	85,5465	5,0420	88,1267	2,5802	48,8259		
		3	84,2678	5,0327	86,8519	2,5841	48,6538		
		4	82,9757	5,0130	85,5478	2,5721	48,6914		
		5	83,7377	5,0256	86,3123	2,5746	48,7703		
4	1	1	85,9107	5,3143	88,6539	2,7432	48,3808	48,34607	0,11873
		2	81,9306	5,3210	84,6812	2,7506	48,3067		
		3	84,6629	5,3517	87,4241	2,7612	48,4052		
		4	85,2665	5,3106	88,0128	2,7463	48,2864		
		5	83,3914	5,3252	86,1418	2,7504	48,3512		
	2	1	82,6758	5,3527	85,4619	2,7861	47,9496	47,77095	0,34579
		2	80,9495	5,3481	83,7351	2,7856	47,9142		
		3	81,4263	5,3252	84,2165	2,7902	47,6038		
		4	85,2116	5,3381	88,0034	2,7918	47,7005		
		5	84,5458	5,3124	87,3249	2,7791	47,6865		
	3	1	82,8012	5,2443	85,5233	2,7221	48,0945	48,12571	0,14196
		2	84,4401	5,2164	87,1446	2,7045	48,1539		
		3	85,8413	5,2501	88,5681	2,7268	48,0619		
		4	84,0911	5,2085	86,7889	2,6978	48,2039		
		5	85,2023	5,2288	87,9153	2,7130	48,1143		
	4	1	85,5229	5,1146	88,1561	2,6332	48,5160	48,51915	0,10715
		2	86,2494	5,1529	88,9037	2,6543	48,4892		
		3	85,1877	5,1334	87,8322	2,6445	48,4844		
		4	83,5696	5,1583	86,2214	2,6518	48,5916		
		5	84,6304	5,1465	87,2801	2,6497	48,5145		
	5	1	82,9107	5,0136	85,4782	2,5675	48,7893	48,72762	0,13813
		2	85,8383	5,0243	88,4135	2,5752	48,7451		
		3	87,0421	5,0451	89,6327	2,5906	48,6512		
		4	85,6450	5,0572	88,2377	2,5927	48,7325		
		5	84,8533	5,0197	87,4274	2,5741	48,7200		

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO CAJA PETRI (g)	PESO MUESTRA (g)	PESO CAJA PETRI + PESO MUESTRA SECA (g)	PESO FINAL (g)	% DE HUMEDAD RELATIVA	PROMEDIO % DE HUMEDAD RELATIVA	RANGO R
5	1	1	83,4837	5,3431	86,2260	2,7423	48,6759	48,68142	0,10416
		2	87,0975	5,3609	89,8461	2,7486	48,7288		
		3	85,7603	5,3645	88,5127	2,7524	48,6923		
		4	86,0641	5,3148	88,7946	2,7305	48,6246		
		5	87,2298	5,3254	89,9625	2,7327	48,6855		
	2	1	91,1379	5,2186	93,8901	2,7522	47,2617	47,39139	0,31719
		2	87,0621	5,2435	89,8108	2,7487	47,5789		
		3	87,8885	5,2052	90,6253	2,7368	47,4218		
		4	84,4347	5,2238	87,1863	2,7516	47,3257		
		5	83,8067	5,2581	86,5741	2,7674	47,3688		
	3	1	89,5971	5,3654	92,3703	2,7732	48,3133	48,30029	0,15204
		2	87,7675	5,3197	90,5221	2,7546	48,2189		
		3	81,5043	5,3466	84,2647	2,7604	48,3709		
		4	84,9435	5,3218	87,6972	2,7537	48,2562		
		5	83,1235	5,3413	85,8827	2,7592	48,3422		
	4	1	84,7004	5,0627	87,4189	2,7185	46,3034	46,29106	0,14570
		2	83,4479	5,0536	86,1653	2,7174	46,2284		
		3	89,4988	5,0354	92,2046	2,7058	46,2644		
		4	90,7376	5,0319	93,4360	2,6984	46,3741		
		5	88,1236	5,0416	90,8317	2,7081	46,2849		
	5	1	86,6382	5,1407	89,2656	2,6274	48,8902	48,78577	0,24866
		2	89,8655	5,1392	92,4967	2,6312	48,8014		
		3	84,5998	5,1644	87,2435	2,6437	48,8092		
		4	85,6341	5,1530	88,2806	2,6465	48,6416		
		5	84,1919	5,1463	86,8275	2,6356	48,7865		

ACIDEZ, pH, FOSFATASA QUESO CAMPESINO

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	ACIDEZ	ÁCIDO LÁCTICO (g)	PROMEDIO DE ÁCIDO LÁCTICO	pH	PROMEDIO pH	FOSFATASA	RANGO ÁCIDO LÁCTICO	RANGO pH
1	1	1	0,28	0,00252	0,002574	7,31	7,32	NEGATIVO	0,00009	0,20
		2	0,29	0,00261		7,40		NEGATIVO		
		3	0,29	0,00261		7,34		NEGATIVO		
		4	0,28	0,00252		7,20		NEGATIVO		
		5	0,29	0,00261		7,33		NEGATIVO		
	2	1	0,30	0,00270	0,002682	7,39	7,28	NEGATIVO	0,00018	0,23
		2	0,29	0,00261		7,34		NEGATIVO		
		3	0,31	0,00279		7,18		NEGATIVO		
		4	0,29	0,00261		7,16		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,35		NEGATIVO		
	3	1	0,28	0,00252	0,002628	7,43	7,26	NEGATIVO	0,00018	0,30
		2	0,29	0,00261		7,39		NEGATIVO		
		3	0,29	0,00261		7,19		NEGATIVO		
		4	0,30	0,00270		7,13		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,17		NEGATIVO		
	4	1	0,29	0,00261	0,00252	7,38	7,31	NEGATIVO	0,00018	0,23
		2	0,28	0,00252		7,34		NEGATIVO		
		3	0,27	0,00243		7,32		NEGATIVO		
		4	0,28	0,00252		7,15		NEGATIVO		
		5	0,28	0,00252		7,35		NEGATIVO		
	5	1	0,30	0,00270	0,002664	7,21	7,25	NEGATIVO	0,00027	0,14
		2	0,29	0,00261		7,19		NEGATIVO		
		3	0,28	0,00252		7,33		NEGATIVO		
		4	0,31	0,00279		7,31		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,20		NEGATIVO		
2	1	1	0,31	0,00279	0,002772	7,24	7,21	NEGATIVO	0,00018	0,05
		2	0,32	0,00288		7,20		NEGATIVO		
		3	0,31	0,00279		7,19		NEGATIVO		
		4	0,30	0,00270		7,20		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,21		NEGATIVO		
	2	1	0,29	0,00261	0,002628	7,22	7,29	NEGATIVO	0,00018	0,12
		2	0,30	0,00270		7,31		NEGATIVO		
		3	0,30	0,00270		7,34		NEGATIVO		
		4	0,28	0,00252		7,25		NEGATIVO		
		5	0,29	0,00261		7,33		NEGATIVO		
	3	1	0,30	0,00270	0,002754	7,23	7,20	NEGATIVO	0,00027	0,09
		2	0,29	0,00261		7,17		NEGATIVO		
		3	0,32	0,00288		7,16		NEGATIVO		
		4	0,31	0,00279		7,17		NEGATIVO		
		5	0,31	0,00279		7,25		NEGATIVO		
	4	1	0,29	0,00261	0,002718	7,19	7,22	NEGATIVO	0,00027	0,07
		2	0,31	0,00279		7,24		NEGATIVO		
		3	0,32	0,00288		7,26		NEGATIVO		
		4	0,30	0,00270		7,21		NEGATIVO		
		5	0,29	0,00261		7,19		NEGATIVO		
	5	1	0,31	0,00279	0,002754	7,33	7,33	NEGATIVO	0,00018	0,09
		2	0,32	0,00288		7,30		NEGATIVO		
		3	0,30	0,00270		7,34		NEGATIVO		
		4	0,30	0,00270		7,38		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,29		NEGATIVO		

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	ACIDEZ	ÁCIDO LÁCTICO (g)	PROMEDIO DE ÁCIDO LÁCTICO	pH	PROMEDIO pH	FOSFATASA	RANGO ÁCIDO LÁCTICO	RANGO pH
3	1	1	0,28	0,00252	0,002502	7,22	7,24	NEGATIVO	0,00018	0,13
		2	0,27	0,00243		7,19		NEGATIVO		
		3	0,29	0,00261		7,20		NEGATIVO		
		4	0,28	0,00252		7,32		NEGATIVO		
		5	0,27	0,00243		7,29		NEGATIVO		
	2	1	0,30	0,00270	0,002718	7,24	7,20	NEGATIVO	0,00018	0,09
		2	0,31	0,00279		7,24		NEGATIVO		
		3	0,31	0,00279		7,15		NEGATIVO		
		4	0,29	0,00261		7,15		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,22		NEGATIVO		
	3	1	0,31	0,00279	0,002628	7,30	7,29	NEGATIVO	0,00027	0,05
		2	0,28	0,00252		7,31		NEGATIVO		
		3	0,30	0,00270		7,28		NEGATIVO		
		4	0,28	0,00252		7,26		NEGATIVO		
		5	0,29	0,00261		7,31		NEGATIVO		
	4	1	0,32	0,00288	0,0027	7,31	7,31	NEGATIVO	0,00036	0,02
		2	0,31	0,00279		7,31		NEGATIVO		
		3	0,29	0,00261		7,32		NEGATIVO		
		4	0,28	0,00252		7,31		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,30		NEGATIVO		
	5	1	0,30	0,00270	0,002574	7,24	7,30	NEGATIVO	0,00018	0,12
		2	0,28	0,00252		7,25		NEGATIVO		
		3	0,28	0,00252		7,34		NEGATIVO		
		4	0,28	0,00252		7,29		NEGATIVO		
		5	0,29	0,00261		7,36		NEGATIVO		
4	1	1	0,31	0,00279	0,002772	7,25	7,23	NEGATIVO	0,00009	0,12
		2	0,31	0,00279		7,28		NEGATIVO		
		3	0,30	0,00270		7,23		NEGATIVO		
		4	0,31	0,00279		7,22		NEGATIVO		
		5	0,31	0,00279		7,16		NEGATIVO		
	2	1	0,31	0,00279	0,002736	7,14	7,21	NEGATIVO	0,00009	0,12
		2	0,30	0,00270		7,15		NEGATIVO		
		3	0,30	0,00270		7,24		NEGATIVO		
		4	0,31	0,00279		7,26		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,26		NEGATIVO		
	3	1	0,28	0,00252	0,00261	7,33	7,30	NEGATIVO	0,00018	0,05
		2	0,29	0,00261		7,29		NEGATIVO		
		3	0,30	0,00270		7,28		NEGATIVO		
		4	0,30	0,00270		7,29		NEGATIVO		
		5	0,28	0,00252		7,29		NEGATIVO		
	4	1	0,30	0,00270	0,002754	7,24	7,25	NEGATIVO	0,00018	0,08
		2	0,32	0,00288		7,22		NEGATIVO		
		3	0,30	0,00270		7,23		NEGATIVO		
		4	0,30	0,00270		7,30		NEGATIVO		
		5	0,31	0,00279		7,24		NEGATIVO		
	5	1	0,31	0,00279	0,002772	7,32	7,31	NEGATIVO	0,00009	0,05
		2	0,31	0,00279		7,34		NEGATIVO		
		3	0,31	0,00279		7,30		NEGATIVO		
		4	0,30	0,00270		7,30		NEGATIVO		
		5	0,31	0,00279		7,29		NEGATIVO		

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	ACIDEZ	ÁCIDO LÁCTICO (g)	PROMEDIO DE ÁCIDO LÁCTICO	pH	PROMEDIO pH	FOSFATASA	RANGO ÁCIDO LÁCTICO	RANGO pH
5	1	1	0,29	0,00261	0,00261	7,36	7,36	NEGATIVO	0,00018	0,10
		2	0,29	0,00261		7,34		NEGATIVO		
		3	0,28	0,00252		7,31		NEGATIVO		
		4	0,29	0,00261		7,39		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,41		NEGATIVO		
	2	1	0,29	0,00261	0,002664	7,22	7,27	NEGATIVO	0,00027	0,15
		2	0,28	0,00252		7,37		NEGATIVO		
		3	0,30	0,00270		7,24		NEGATIVO		
		4	0,30	0,00270		7,24		NEGATIVO		
		5	0,31	0,00279		7,30		NEGATIVO		
	3	1	0,28	0,00252	0,002466	7,28	7,28	NEGATIVO	0,00027	0,01
		2	0,26	0,00234		7,29		NEGATIVO		
		3	0,28	0,00252		7,28		NEGATIVO		
		4	0,29	0,00261		7,29		NEGATIVO		
		5	0,26	0,00234		7,28		NEGATIVO		
	4	1	0,28	0,00252	0,00261	7,23	7,25	NEGATIVO	0,00018	0,18
		2	0,29	0,00261		7,31		NEGATIVO		
		3	0,29	0,00261		7,33		NEGATIVO		
		4	0,29	0,00261		7,22		NEGATIVO		
		5	0,30	0,00270		7,15		NEGATIVO		
	5	1	0,28	0,00252	0,002556	7,29	7,29	NEGATIVO	0,00009	0,12
		2	0,28	0,00252		7,29		NEGATIVO		
		3	0,29	0,00261		7,23		NEGATIVO		
		4	0,29	0,00261		7,30		NEGATIVO		
		5	0,28	0,00252		7,35		NEGATIVO		

% DE PROTEÍNA QUESO CAMPESINO

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	PROTEÍNA	PROMEDIO	RANGO pH
1	1	1	15,50	15,52	0,04
		2	15,53		
		3	15,54		
		4	15,52		
		5	15,52		
	2	1	15,54	15,56	0,03
		2	15,57		
		3	15,57		
		4	15,56		
		5	15,56		
	3	1	15,55	15,56	0,02
		2	15,55		
		3	15,56		
		4	15,56		
		5	15,57		
	4	1	15,56	15,55	0,03
		2	15,54		
		3	15,54		
		4	15,57		
		5	15,56		
	5	1	15,54	15,55	0,02
		2	15,54		
		3	15,56		
		4	15,55		
		5	15,55		
2	1	1	15,51	15,52	0,01
		2	15,52		
		3	15,52		
		4	15,51		
		5	15,52		
	2	1	15,53	15,52	0,02
		2	15,53		
		3	15,52		
		4	15,51		
		5	15,52		
	3	1	15,50	15,51	0,03
		2	15,53		
		3	15,51		
		4	15,51		
		5	15,52		
	4	1	15,53	15,52	0,02
		2	15,52		
		3	15,52		
		4	15,51		
		5	15,51		
	5	1	15,52	15,52	0,02
		2	15,53		
		3	15,52		
		4	15,53		
		5	15,51		

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	PROTEÍNA	PROMEDIO	RANGO pH
3	1	1	15,54	15,54	0,03
		2	15,54		
		3	15,53		
		4	15,56		
		5	15,55		
	2	1	15,56	15,56	0,01
		2	15,57		
		3	15,57		
		4	15,56		
		5	15,56		
	3	1	15,55	15,56	0,02
		2	15,56		
		3	15,57		
		4	15,57		
		5	15,57		
	4	1	15,56	15,57	0,02
		2	15,56		
		3	15,58		
		4	15,58		
		5	15,58		
	5	1	15,59	15,58	0,02
		2	15,59		
		3	15,58		
		4	15,57		
		5	15,58		
4	1	1	15,55	15,55	0,03
		2	15,57		
		3	15,54		
		4	15,55		
		5	15,55		
	2	1	15,56	15,55	0,02
		2	15,54		
		3	15,54		
		4	15,54		
		5	15,56		
	3	1	15,54	15,54	0,02
		2	15,54		
		3	15,56		
		4	15,54		
		5	15,54		
	4	1	15,55	15,55	0,01
		2	15,54		
		3	15,55		
		4	15,55		
		5	15,54		
	5	1	15,56	15,56	0,01
		2	15,55		
		3	15,56		
		4	15,56		
		5	15,55		

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	PROTEÍNA	PROMEDIO	RANGO pH
5	1	1	15,53	15,53	0,01
		2	15,52		
		3	15,53		
		4	15,53		
		5	15,52		
	2	1	15,51	15,52	0,02
		2	15,51		
		3	15,53		
		4	15,52		
		5	15,51		
	3	1	15,52	15,51	0,01
		2	15,51		
		3	15,51		
		4	15,51		
		5	15,52		
	4	1	15,53	15,52	0,02
		2	15,52		
		3	15,52		
		4	15,51		
		5	15,51		
	5	1	15,50	15,51	0,02
		2	15,52		
		3	15,52		
		4	15,50		
		5	15,50		

% DE GRASA QUESO DOBLE CREMA

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO MUESTRA (g)	% GRASA	PROMEDIO % DE GRASA	RANGO GRASA
1	1	1	3,1117	19,0	19,2	0,5
		2	3,1721	19,0		
		3	3,1538	19,5		
		4	3,1853	19,0		
		5	3,1003	19,5		
	2	1	3,3795	18,5	18,6	0,5
		2	3,2978	18,5		
		3	3,3275	19,0		
		4	3,3358	18,5		
		5	3,3018	18,5		
	3	1	3,1260	19,5	19,3	0,5
		2	3,1731	19,5		
		3	3,1807	19,0		
		4	3,1853	19,5		
		5	3,1526	19,0		
	4	1	3,1336	19,0	19,1	0,5
		2	3,1721	19,5		
		3	3,1475	19,0		
		4	3,1652	19,0		
		5	3,1180	19,0		
	5	1	3,1196	19,5	18,9	2,0
		2	3,1087	19,0		
		3	3,1520	19,0		
		4	3,1741	17,5		
		5	3,1494	19,5		
2	1	1	3,1809	19,0	19,0	1,0
		2	3,1527	19,5		
		3	3,1689	19,0		
		4	3,1595	18,5		
		5	3,1436	19,0		
	2	1	3,3620	19,5	19,1	1,0
		2	3,3225	19,0		
		3	3,3373	19,5		
		4	3,3742	18,5		
		5	3,3627	19,0		
	3	1	3,2081	18,5	18,5	0,1
		2	3,2642	18,6		
		3	3,2763	18,5		
		4	3,2345	18,5		
		5	3,2589	18,6		
	4	1	3,4021	19,0	19,1	1,0
		2	3,3695	19,0		
		3	3,3774	19,5		
		4	3,3813	18,5		
		5	3,3622	19,5		
	5	1	3,2385	19,5	19,2	0,5
		2	3,2512	19,0		
		3	3,2696	19,0		
		4	3,2654	19,5		
		5	3,2745	19,0		

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO MUESTRA (g)	% GRASA	PROMEDIO % DE GRASA	RANGO GRASA
3	1	1	3,1434	19,0	18,7	0,5
		2	3,1358	18,5		
		3	3,1872	18,5		
		4	3,1460	18,5		
		5	3,1635	19,0		
	2	1	3,3542	18,5	18,6	1,5
		2	3,3915	18,0		
		3	3,3613	19,5		
		4	3,3781	18,5		
		5	3,3254	18,5		
	3	1	3,2047	19,5	19,3	0,5
		2	3,2180	19,5		
		3	3,2472	19,0		
		4	3,2361	19,5		
		5	3,2546	19,0		
	4	1	3,3652	18,5	18,9	1,0
		2	3,3584	19,5		
		3	3,3817	19,0		
		4	3,3376	19,0		
		5	3,3529	18,5		
	5	1	3,2432	18,0	18,2	0,5
		2	3,2918	18,5		
		3	3,2153	18,0		
		4	3,2118	18,0		
		5	3,2683	18,5		
4	1	1	3,2570	19,0	19,3	0,5
		2	3,2643	19,5		
		3	3,2956	19,5		
		4	3,2437	19,0		
		5	3,2675	19,5		
	2	1	3,1645	19,0	19,1	0,5
		2	3,1415	19,0		
		3	3,1853	19,5		
		4	3,1567	19,0		
		5	3,1688	19,0		
	3	1	3,3518	18,5	18,7	0,5
		2	3,3946	19,0		
		3	3,3477	19,0		
		4	3,3547	18,5		
		5	3,3314	18,5		
	4	1	3,2625	18,5	18,6	0,5
		2	3,2119	18,5		
		3	3,2583	18,5		
		4	3,2744	19,0		
		5	3,2881	18,5		
	5	1	3,1553	19,0	19,2	0,5
		2	3,1392	19,0		
		3	3,1680	19,5		
		4	3,1954	19,0		
		5	3,1352	19,5		

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO MUESTRA (g)	% GRASA	PROMEDIO % DE GRASA	RANGO GRASA
5	1	1	3,0447	19,5	19,2	1,0
		2	3,0261	18,5		
		3	3,0873	19,0		
		4	3,0512	19,5		
		5	3,0722	19,5		
	2	1	3,2065	18,5	18,7	0,5
		2	3,2754	18,5		
		3	3,2487	18,5		
		4	3,2653	19,0		
		5	3,2807	19,0		
	3	1	3,4960	19,5	19,1	0,5
		2	3,4481	19,0		
		3	3,4835	19,0		
		4	3,4261	19,0		
		5	3,4689	19,0		
	4	1	3,1577	18,5	19,1	1,0
		2	3,1451	18,5		
		3	3,1046	19,5		
		4	3,1307	19,5		
		5	3,1783	19,5		
	5	1	3,2416	19,0	19,1	0,5
		2	3,2140	19,0		
		3	3,2327	19,0		
		4	3,2443	19,0		
		5	3,2528	19,5		

% DE HUMEDAD QUESO DOBLE CREMA

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO CAJA PETRI (g)	PESO MUESTRA (g)	PESO CAJA PETRI + PESO MUESTRA SECA (g)	PESO FINAL (g)	% DE HUMEDAD RELATIVA	PROMEDIO % DE HUMEDAD RELATIVA	RANGO R
1	1	1	87,0294	5,3188	89,2634	2,2340	57,9980	57,76237	0,36723
		2	90,2246	5,3605	92,4958	2,2712	57,6308		
		3	84,9879	5,3323	87,2427	2,2548	57,7143		
		4	86,0121	5,3543	88,2796	2,2675	57,6509		
		5	84,5750	5,3378	86,8266	2,2516	57,8178		
	2	1	85,2631	5,1729	87,4179	2,1548	58,3444	58,35387	0,19558
		2	84,0379	5,1194	86,1648	2,1269	58,4541		
		3	90,0564	5,1526	92,2039	2,1475	58,3220		
		4	91,2865	5,1474	93,4351	2,1486	58,2585		
		5	88,6928	5,1387	90,8310	2,1382	58,3903		
	3	1	90,2306	5,1567	92,3695	2,1389	58,5219	58,51934	0,17403
		2	88,3811	5,1503	90,5218	2,1407	58,4354		
		3	82,1255	5,1496	84,2639	2,1384	58,4744		
		4	85,5733	5,1304	87,6968	2,1235	58,6095		
		5	83,7625	5,1143	85,8821	2,1196	58,5554		
	4	1	91,7145	5,2502	93,8893	2,1748	58,5768	58,52963	0,17532
		2	87,6194	5,2711	89,8098	2,1904	58,4451		
		3	88,4393	5,2690	90,6247	2,1854	58,5234		
		4	85,0191	5,2364	87,1859	2,1668	58,6204		
		5	84,3935	5,2515	86,5738	2,1803	58,4823		
	5	1	84,1119	5,0933	86,2254	2,1135	58,5043	58,52197	0,15256
		2	87,7309	5,1011	89,8457	2,1148	58,5423		
		3	86,4013	5,0884	88,5120	2,1107	58,5194		
		4	86,6975	5,0452	88,7940	2,0965	58,4457		
		5	87,8596	5,0778	89,9619	2,1023	58,5982		
2	1	1	93,0143	5,1608	95,1558	2,1415	58,5045	58,52057	0,23694
		2	86,7560	5,1743	88,9029	2,1469	58,5084		
		3	89,6860	5,1728	91,8317	2,1457	58,5196		
		4	84,0646	5,1855	86,2209	2,1563	58,4167		
		5	88,1481	5,1533	90,2788	2,1307	58,6537		
	2	1	89,1464	5,2638	91,4776	2,3312	55,7126	55,67345	0,59945
		2	86,0200	5,3795	88,4128	2,3928	55,5200		
		3	87,2426	5,3645	89,6319	2,3893	55,4609		
		4	87,8893	5,3421	90,2366	2,3473	56,0604		
		5	86,0634	5,3230	88,4261	2,3627	55,6134		
	3	1	87,8149	5,2009	89,9796	2,1647	58,3784	58,41380	0,13604
		2	84,8786	5,2205	87,0522	2,1736	58,3641		
		3	88,2900	5,2176	90,4587	2,1687	58,4349		
		4	83,3293	5,2593	85,5119	2,1826	58,5002		
		5	86,6481	5,2381	88,8276	2,1795	58,3914		
	4	1	89,1318	5,0516	91,3142	2,1824	56,7978	56,65279	0,24446
		2	86,9326	5,0934	89,1388	2,2062	56,6851		
		3	84,1414	5,0699	86,3441	2,2027	56,5534		
		4	86,8106	5,0822	89,0137	2,2031	56,6507		
		5	90,5527	5,0563	92,7483	2,1956	56,5769		
	5	1	88,2937	5,2203	90,6528	2,3591	54,8091	54,74809	0,23562
		2	86,2951	5,2847	88,6807	2,3856	54,8584		
		3	89,0598	5,2136	91,4235	2,3637	54,6628		
		4	86,6328	5,2458	89,0132	2,3804	54,6227		
		5	87,7780	5,2711	90,1612	2,3832	54,7874		

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO CAJA PETRI (g)	PESO MUESTRA (g)	PESO CAJA PETRI + PESO MUESTRA SECA (g)	PESO FINAL (g)	% DE HUMEDAD RELATIVA	PROMEDIO % DE HUMEDAD RELATIVA
3	1	1	83,1282	5,3187	85,4611	2,3329	56,1378	56,20269
		2	81,3962	5,3461	83,7348	2,3386	56,2560	
		3	81,8765	5,3314	84,2159	2,3394	56,1203	
		4	85,6741	5,3174	88,0028	2,3287	56,2060	
		5	84,9975	5,3223	87,3237	2,3262	56,2933	
	2	1	83,2690	5,2613	85,5233	2,2543	57,1532	57,21689
		2	84,9127	5,2182	87,1439	2,2312	57,2420	
		3	86,3034	5,2865	88,5672	2,2638	57,1777	
		4	84,5356	5,2751	86,7877	2,2521	57,3070	
		5	88,6680	5,2487	90,9142	2,2462	57,2046	
	3	1	82,8979	5,0223	85,1364	2,2385	55,4288	55,37659
		2	82,0020	5,0147	84,2426	2,2406	55,3194	
		3	83,7037	5,0545	85,9584	2,2547	55,3922	
		4	80,9063	5,0952	83,1851	2,2788	55,2756	
		5	85,9666	5,0841	88,2307	2,2641	55,4670	
	4	1	92,8167	5,1263	94,9113	2,0946	59,1401	59,13441
		2	87,0154	5,1487	89,1256	2,1102	59,0149	
		3	86,4440	5,1592	88,5464	2,1024	59,2495	
		4	84,2282	5,1047	86,3119	2,0837	59,1808	
		5	85,7314	5,1861	87,8532	2,1218	59,0868	
	5	1	87,4397	5,2237	89,6251	2,1854	58,1638	58,20638
		2	86,7514	5,2314	88,9337	2,1823	58,2846	
		3	88,9381	5,2175	91,1226	2,1845	58,1313	
		4	88,7195	5,2604	90,9159	2,1964	58,2465	
		5	86,7520	5,2512	88,9467	2,1947	58,2057	
4	1	1	85,6553	5,0847	87,8539	2,1986	56,7605	56,67959
		2	85,9992	5,0362	88,1827	2,1835	56,6439	
		3	84,3232	5,0485	86,5085	2,1853	56,7139	
		4	87,9725	5,0178	90,1497	2,1772	56,6105	
		5	86,9376	5,0523	89,1268	2,1892	56,6692	
	2	1	85,7378	5,3241	88,1683	2,4305	54,3491	54,36728
		2	87,7476	5,3409	90,1779	2,4303	54,4964	
		3	84,8802	5,3123	87,3085	2,4283	54,2891	
		4	87,1986	5,3411	89,6348	2,4362	54,3877	
		5	85,6835	5,3592	88,1319	2,4484	54,3141	
	3	1	87,0900	5,2451	89,2682	2,1782	58,4717	58,39471
		2	88,9401	5,2307	91,1176	2,1775	58,3708	
		3	88,0066	5,2783	90,2019	2,1953	58,4090	
		4	85,9191	5,2348	88,1007	2,1816	58,3251	
		5	87,9764	5,2578	90,1638	2,1874	58,3970	
	4	1	87,7126	5,1014	89,9368	2,2242	56,4002	56,41495
		2	88,6440	5,1496	90,8851	2,2411	56,4801	
		3	85,7951	5,1841	88,0575	2,2624	56,3589	
		4	85,4820	5,1635	87,7337	2,2517	56,3920	
		5	89,6234	5,1276	91,8568	2,2334	56,4436	
	5	1	86,6058	5,0784	88,8894	2,2836	55,0331	55,07649
		2	86,7660	5,0976	89,0532	2,2872	55,1318	
		3	89,2411	5,0450	91,5089	2,2678	55,0486	
		4	88,4611	5,0952	90,7498	2,2887	55,0813	
		5	87,6784	5,0327	89,9387	2,2603	55,0877	

LOTE	# MUESTRA	REPETICION	PESO CAJA PETRI (g)	PESO MUESTRA (g)	PESO CAJA PETRI + PESO MUESTRA SECA (g)	PESO FINAL (g)	% DE HUMEDAD RELATIVA	PROMEDIO % DE HUMEDAD RELATIVA	RANGO R
5	1	1	87,5939	5,2183	89,8348	2,2409	57,0569	57,10373	0,09733
		2	88,9300	5,2512	91,1817	2,2517	57,1203		
		3	87,8604	5,2833	90,1268	2,2664	57,1026		
		4	86,0531	5,2317	88,2983	2,2452	57,0847		
		5	85,1034	5,2759	87,3639	2,2605	57,1542		
	2	1	95,2547	5,3249	97,4754	2,2207	58,2959	58,25685	0,14246
		2	96,5916	5,3126	98,8130	2,2214	58,1862		
		3	94,5922	5,3454	96,8197	2,2275	58,3287		
		4	89,9001	5,3523	92,1342	2,2341	58,2591		
		5	94,0437	5,3382	96,2743	2,2306	58,2144		
	3	1	87,2446	5,1354	89,3694	2,1248	58,6244	58,57674	0,09154
		2	85,5585	5,1735	87,7038	2,1453	58,5329		
		3	88,7890	5,1528	90,9231	2,1341	58,5837		
		4	86,5967	5,1466	88,7273	2,1306	58,6018		
		5	89,7711	5,1634	91,9118	2,1407	58,5409		
	4	1	84,5617	5,2116	86,8532	2,2915	56,0308	56,04365	0,11514
		2	85,5593	5,2365	87,8645	2,3052	55,9782		
		3	87,7985	5,2352	90,0971	2,2986	56,0934		
		4	86,9483	5,2713	89,2637	2,3154	56,0754		
		5	85,8297	5,2537	88,1392	2,3095	56,0405		
	5	1	89,6763	5,0208	91,8126	2,1363	57,4510	57,42826	0,09561
		2	86,8082	5,0415	88,9519	2,1437	57,4789		
		3	88,3791	5,0354	90,5242	2,1451	57,3996		
		4	84,1140	5,0522	86,2648	2,1508	57,4284		
		5	87,6995	5,0736	89,8617	2,1622	57,3833		

ACIDEZ, pH, FOSFATASA QUESO DOBLE CREMA

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	ACIDEZ	ÁCIDO LÁCTICO (g)	PROMEDIO DE ÁCIDO LÁCTICO	pH	PROMEDIO pH	FOSFATASA	RANGO ÁCIDO LÁCTICO	RAGO pH
1	1	1	0,40	0,00360	0,00342	6,56	6,56	NEGATIVO	0,00036	0,01
		2	0,36	0,00324		6,55		NEGATIVO		
		3	0,36	0,00324		6,56		NEGATIVO		
		4	0,38	0,00342		6,56		NEGATIVO		
		5	0,40	0,00360		6,55		NEGATIVO		
	2	1	0,45	0,00414	0,00432	6,57	6,57	NEGATIVO	0,00045	0,01
		2	0,48	0,00432		6,56		NEGATIVO		
		3	0,51	0,00459		6,57		NEGATIVO		
		4	0,47	0,00423		6,57		NEGATIVO		
		5	0,48	0,00432		6,56		NEGATIVO		
	3	1	0,43	0,00387	0,00396	6,55	6,55	NEGATIVO	0,00018	0,01
		2	0,43	0,00387		6,55		NEGATIVO		
		3	0,44	0,00396		6,56		NEGATIVO		
		4	0,45	0,00405		6,56		NEGATIVO		
		5	0,45	0,00405		6,55		NEGATIVO		
	4	1	0,50	0,00450	0,004464	6,54	6,56	NEGATIVO	0,00027	0,03
		2	0,48	0,00432		6,56		NEGATIVO		
		3	0,49	0,00441		6,57		NEGATIVO		
		4	0,51	0,00459		6,56		NEGATIVO		
		5	0,50	0,00450		6,56		NEGATIVO		
	5	1	0,47	0,00423	0,004212	6,55	6,55	NEGATIVO	0,00027	0,01
		2	0,45	0,00405		6,56		NEGATIVO		
		3	0,48	0,00432		6,56		NEGATIVO		
		4	0,47	0,00432		6,55		NEGATIVO		
		5	0,46	0,00414		6,55		NEGATIVO		
2	1	1	0,49	0,00441	0,004464	6,57	6,57	NEGATIVO	0,00027	0,01
		2	0,48	0,00432		6,57		NEGATIVO		
		3	0,51	0,00459		6,57		NEGATIVO		
		4	0,50	0,00450		6,56		NEGATIVO		
		5	0,50	0,00450		6,56		NEGATIVO		
	2	1	0,46	0,00414	0,00423	6,55	6,55	NEGATIVO	0,00027	0,01
		2	0,49	0,00441		6,54		NEGATIVO		
		3	0,47	0,00423		6,55		NEGATIVO		
		4	0,47	0,00423		6,55		NEGATIVO		
		5	0,46	0,00414		6,54		NEGATIVO		
	3	1	0,48	0,00432	0,004302	6,57	6,57	NEGATIVO	0,00018	0,01
		2	0,48	0,00432		6,57		NEGATIVO		
		3	0,47	0,00423		6,56		NEGATIVO		
		4	0,49	0,00441		6,56		NEGATIVO		
		5	0,47	0,00423		6,57		NEGATIVO		
	4	1	0,49	0,00441	0,004374	6,55	6,56	NEGATIVO	0,00027	0,02
		2	0,50	0,00450		6,56		NEGATIVO		
		3	0,48	0,00432		6,57		NEGATIVO		
		4	0,47	0,00423		6,57		NEGATIVO		
		5	0,49	0,00441		6,56		NEGATIVO		
	5	1	0,46	0,00414	0,004302	6,57	6,57	NEGATIVO	0,00036	0,01
		2	0,48	0,00432		6,57		NEGATIVO		
		3	0,50	0,00450		6,56		NEGATIVO		
		4	0,48	0,00432		6,56		NEGATIVO		
		5	0,47	0,00423		6,57		NEGATIVO		

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	ACIDEZ	ÁCIDO LÁCTICO (g)	PROMEDIO DE ÁCIDO LÁCTICO	pH	PROMEDIO pH	FOSFATASA	RANGO ÁCIDO LÁCTICO	RAGO pH
3	1	1	0,41	0,00369	0,003744	6,56	6,56	NEGATIVO	0,00027	0,01
		2	0,42	0,00378		6,57		NEGATIVO		
		3	0,40	0,00360		6,57		NEGATIVO		
		4	0,43	0,00387		6,56		NEGATIVO		
		5	0,42	0,00378		6,56		NEGATIVO		
	2	1	0,50	0,00450	0,004464	6,55	6,56	NEGATIVO	0,00027	0,03
		2	0,48	0,00432		6,54		NEGATIVO		
		3	0,51	0,00459		6,57		NEGATIVO		
		4	0,50	0,00450		6,57		NEGATIVO		
		5	0,49	0,00441		6,56		NEGATIVO		
	3	1	0,44	0,00396	0,003924	6,56	6,56	NEGATIVO	0,00009	0,01
		2	0,43	0,00387		6,56		NEGATIVO		
		3	0,44	0,00396		6,57		NEGATIVO		
		4	0,44	0,00396		6,57		NEGATIVO		
		5	0,43	0,00387		6,56		NEGATIVO		
	4	1	0,51	0,00459	0,0045	6,58	6,57	NEGATIVO	0,00027	0,02
		2	0,49	0,00441		6,57		NEGATIVO		
		3	0,51	0,00459		6,57		NEGATIVO		
		4	0,51	0,00459		6,56		NEGATIVO		
		5	0,48	0,00432		6,56		NEGATIVO		
	5	1	0,50	0,00450	0,004518	6,54	6,54	NEGATIVO	0,00027	0,01
		2	0,52	0,00468		6,55		NEGATIVO		
		3	0,49	0,00441		6,54		NEGATIVO		
		4	0,51	0,00459		6,54		NEGATIVO		
		5	0,49	0,00441		6,55		NEGATIVO		
4	1	1	0,40	0,00360	0,003744	6,57	6,56	NEGATIVO	0,00027	0,02
		2	0,43	0,00387		6,56		NEGATIVO		
		3	0,41	0,00369		6,55		NEGATIVO		
		4	0,41	0,00369		6,55		NEGATIVO		
		5	0,43	0,00387		6,56		NEGATIVO		
	2	1	0,45	0,00405	0,003924	6,58	6,57	NEGATIVO	0,00027	0,02
		2	0,43	0,00387		6,56		NEGATIVO		
		3	0,44	0,00396		6,57		NEGATIVO		
		4	0,42	0,00378		6,57		NEGATIVO		
		5	0,44	0,00396		6,56		NEGATIVO		
	3	1	0,50	0,00450	0,004446	6,58	6,57	NEGATIVO	0,00027	0,02
		2	0,49	0,00441		6,56		NEGATIVO		
		3	0,48	0,00432		6,57		NEGATIVO		
		4	0,49	0,00441		6,57		NEGATIVO		
		5	0,51	0,00459		6,56		NEGATIVO		
	4	1	0,49	0,00441	0,004518	6,54	6,54	NEGATIVO	0,00018	0,01
		2	0,51	0,00459		6,54		NEGATIVO		
		3	0,50	0,00450		6,55		NEGATIVO		
		4	0,51	0,00459		6,54		NEGATIVO		
		5	0,50	0,00450		6,55		NEGATIVO		
	5	1	0,48	0,00432	0,004374	6,57	6,57	NEGATIVO	0,00018	0,01
		2	0,49	0,00441		6,57		NEGATIVO		
		3	0,48	0,00432		6,56		NEGATIVO		
		4	0,48	0,00432		6,57		NEGATIVO		
		5	0,50	0,00450		6,57		NEGATIVO		

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	ACIDEZ	ÁCIDO LÁCTICO (g)	PROMEDIO DE ÁCIDO LÁCTICO	pH	PROMEDIO pH	FOSFATASA	RANGO ÁCIDO LÁCTICO	RAGO pH
5	1	1	0,50	0,00450	0,004518	6,58	6,57	NEGATIVO	0,00018	0,02
		2	0,51	0,00459		6,56		NEGATIVO		
		3	0,49	0,00441		6,56		NEGATIVO		
		4	0,50	0,00450		6,56		NEGATIVO		
		5	0,51	0,00459		6,57		NEGATIVO		
	2	1	0,50	0,00450	0,004482	6,55	6,55	NEGATIVO	0,00018	0,01
		2	0,49	0,00441		6,54		NEGATIVO		
		3	0,49	0,00441		6,54		NEGATIVO		
		4	0,50	0,00450		6,55		NEGATIVO		
		5	0,51	0,00459		6,55		NEGATIVO		
	3	1	0,48	0,00432	0,004428	6,57	6,57	NEGATIVO	0,00027	0,01
		2	0,48	0,00432		6,57		NEGATIVO		
		3	0,49	0,00441		6,58		NEGATIVO		
		4	0,51	0,00459		6,57		NEGATIVO		
		5	0,50	0,00450		6,58		NEGATIVO		
	4	1	0,50	0,00450	0,004464	6,57	6,57	NEGATIVO	0,00027	0,01
		2	0,48	0,00432		6,57		NEGATIVO		
		3	0,51	0,00459		6,58		NEGATIVO		
		4	0,49	0,00441		6,58		NEGATIVO		
		5	0,50	0,00450		6,57		NEGATIVO		
	5	1	0,50	0,00450	0,004518	6,56	6,56	NEGATIVO	0,00018	0,02
		2	0,51	0,00459		6,56		NEGATIVO		
		3	0,51	0,00459		6,57		NEGATIVO		
		4	0,49	0,00441		6,57		NEGATIVO		
		5	0,50	0,00450		6,55		NEGATIVO		

% DE PROTEÍNA QUESO DOBLE CREMA

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	PROTEÍNA	PROMEDIO	RANGO pH
1	1	1	21,49	21,51	0,03
		2	21,51		
		3	21,51		
		4	21,52		
		5	21,50		
	2	1	21,48	21,50	0,03
		2	21,50		
		3	21,51		
		4	21,50		
		5	21,49		
	3	1	21,51	21,51	0,02
		2	21,52		
		3	21,50		
		4	21,52		
		5	21,52		
	4	1	21,49	21,50	0,03
		2	21,52		
		3	21,50		
		4	21,50		
		5	21,50		
	5	1	21,49	21,49	0,03
		2	21,48		
		3	21,51		
		4	21,48		
		5	21,48		
2	1	1	21,55	21,55	0,03
		2	21,57		
		3	21,54		
		4	21,55		
		5	21,56		
	2	1	21,57	21,56	0,03
		2	21,57		
		3	21,56		
		4	21,54		
		5	21,57		
	3	1	21,55	21,56	0,02
		2	21,57		
		3	21,56		
		4	21,56		
		5	21,57		
	4	1	21,57	21,56	0,03
		2	21,58		
		3	21,56		
		4	21,55		
		5	21,56		
	5	1	21,55	21,57	0,03
		2	21,58		
		3	21,57		
		4	21,57		
		5	21,56		

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	PROTEÍNA	PROMEDIO	RANGO pH
3	1	1	21,53	21,53	0,02
		2	21,52		
		3	21,54		
		4	21,53		
		5	21,54		
	2	1	21,52	21,52	0,03
		2	21,51		
		3	21,54		
		4	21,53		
		5	21,52		
	3	1	21,54	21,53	0,02
		2	21,53		
		3	21,53		
		4	21,54		
		5	21,52		
	4	1	21,52	21,53	0,02
		2	21,53		
		3	21,52		
		4	21,54		
		5	21,53		
	5	1	21,51	21,52	0,03
		2	21,52		
		3	21,54		
		4	21,52		
		5	21,53		
4	1	1	21,54	21,53	0,02
		2	21,52		
		3	21,54		
		4	21,53		
		5	21,54		
	2	1	21,53	21,53	0,03
		2	21,52		
		3	21,55		
		4	21,53		
		5	21,54		
	3	1	21,54	21,54	0,01
		2	21,53		
		3	21,54		
		4	21,54		
		5	21,53		
	4	1	21,52	21,54	0,03
		2	21,55		
		3	21,54		
		4	21,53		
		5	21,54		
	5	1	21,56	21,54	0,03
		2	21,54		
		3	21,53		
		4	21,55		
		5	21,54		

LOTE	# MUESTRA	REPETICIÓN	PROTEÍNA	PROMEDIO	RANGO pH
5	1	1	21,52	21,51	0,03
		2	21,49		
		3	21,50		
		4	21,51		
		5	21,51		
	2	1	21,50	21,51	0,02
		2	21,51		
		3	21,51		
		4	21,50		
		5	21,52		
	3	1	21,52	21,52	0,01
		2	21,51		
		3	21,52		
		4	21,52		
		5	21,51		
	4	1	21,50	21,50	0,03
		2	21,49		
		3	21,52		
		4	21,50		
		5	21,50		
	5	1	21,50	21,51	0,02
		2	21,52		
		3	21,50		
		4	21,51		
		5	21,52		

ANEXO C

INSTRUCTIVOS

INDUCOLSA SA Industria Colombiana de Alimentos S.A.	**DETERMINACIÓN DE GRASA POR EL MÉTODO GERBER PARA QUESO CAMPESINO Y DOBLE CREMA**	**Código No.:** INS 05-250 **Pag.** 1 **de** 1	**Revisado en:**
		Aprobado:	**No. de revisión:** 1

1. RESULTADOS ESPERADOS

1. Determinar el porcentaje de grasa en los quesos campesino y doble crema.
2. Establecer los lineamientos de la técnica.
3. Servir de apoyo y control en el proceso de producción.

2. ALCANCE

1. Este instructivo aplica para el proceso de Inspección y Ensayo.

3. RECOMENDACIONES

1. Esta técnica requiere de los siguientes elementos:
1.1. Balanza analítica.
1.2. Butirómetros Gerber Van Gulik con graduación de 0 - 40%, con doble abertura.
1.3. Centrífuga.
1.4. Ácido sulfúrico concentrado (densidad 1,825 g/mL).
1.5. Alcohol Isoamílico.
1.6. Agua destilada.
1.7. El peso de la muestra debe ser 3 g.
2. Tener en cuenta las BPL y normas e implementos de seguridad industrial aplicables al laboratorio.
3. Tener un termohigrómetro para la toma de temperatura ambiente y humedad relativa.

4. DESCRIPCIÓN

1. Tarar el recipiente de vidrio del butirómetro.
2. Pesar en el recipiente anterior 3 g de la muestra.
3. Adaptar el recipiente al butirómetro fijándolo bien por medio del tapón de goma.
4. Adicionar 10 ml de ácido sulfúrico por la abertura superior del butirómetro.
5. Adicionar 2 ml de agua destilada.
6. Adicionar 1 ml de alcohol isoamilíco.
7. Adicionar agua destilada hasta cubrir completamente el cuello del butirómetro.
8. Tapar el butirómetro.
9. Agitar el butirómetro mediante movimientos rotatorios hasta lograr una mezcla homogénea.
10. Centrifugar durante 10 minutos.
11. Retirar de la centrifuga y colocar el butirómetro en el baño maría a 65 ºC durante 5 minutos.
12. Retirar el butirómetro del baño maría y hacer la lectura de la manera usual.
13. Registrar el dato obtenido.

5. LISTADO DE DOCUMENTOS Y/O REGISTROS REFERENCIADOS

N.A.

6. ANEXO

N.A.

	REVISADO:	**APROBADO:**
Claudia Lorena Gómez F. Elaborado por:	Nasly P. Paz Jefe de Proceso	Nasly P. Paz. Jefe de Proceso.

INDUCOLSA SA Industria Colombiana de Alimentos S.A.	**DETERMINACIÓN DE pH Y ACIDEZ EN QUESO CAMPESINO Y DOBLE CREMA**	**Código No.:** INS 05-251 **Pag.** 1 **de** 2	**Revisado en:**
		Aprobado:	**No. de revisión:** 1

1. RESULTADOS ESPERADOS

1. Establecer los lineamientos de la técnica
2. Determinar el pH y la acidez en los quesos campesino y doble crema.
3. Servir de apoyo y control en el proceso de producción.

2. ALCANCE

1. Este instructivo aplica para el proceso de Inspección y Ensayo.

3. RECOMENDACIONES

1. Esta técnica requiere de los siguientes elementos:
1.1. pHmetro.
1.2. Beacker de 250 ml.
1.3. Balanza analítica.
1.4. Probeta graduada de 100 ml.
1.5. Acidímetro con graduación en ml.
1.6. Hidróxido de sodio 0.1 M
1.7 Fenolftaleína 0.5 %.
2. Tener en cuenta las BPL y normas e implementos de seguridad industrial aplicables al laboratorio.
3. Tener un termohigrómetro para la toma de temperatura ambiente y humedad relativa.

4. DESCRIPCIÓN

1. Pesar 10 g de la muestra y adicionarlos al beacker.
2. Adicionar lentamente y con agitación constante 90 ml de agua destilada a 60 ºC al beacker con la muestra, hasta obtener una emulsión.
3. Dejar reposar la emulsión hasta que llegue a una temperatura de 20 ºC, separar 25 ml para la prueba de acidez.
4. Luego se mide el pH de la Emulsión sobrante.
5. Se registra el dato obtenido.
6. Adicionar 5 gotas de fenolftaleina 0,5% a los 25 mL de emulsion separados anteriormente.
7. Titular con NaOH 0,1 M hasta cambio de color
8. Se registra el volumen gastado y se calculan los gramos de ácido láctico mediante la siguiente equivalencia:

1 mL de NaOH 0,1 M = 0,0090g de ácido láctico

5. LISTADO DE DOCUMENTOS Y/O REGISTROS REFERENCIADOS

N.A.

6. ANEXO

N.A.

Claudia Lorena Gómez F. Elaborado por:	**REVISADO:** Nasly P. Paz Jefe de Proceso	**APROBADO:** Nasly P. Paz. Jefe de Proceso.

INDUCOLSA SA Industria Colombiana de Alimentos S.A.	DETERMINACIÓN DE FOSFATASA ALCALINA EN QUESO CAMPESINO Y DOBLE CREMA	Código No.: INS 05-252 Pag. 1 de 1	Revisado en:
		Aprobado:	No. de revisión: 1

1. RESULTADOS ESPERADOS

1. Establecer los lineamientos de la técnica
2. Determinar la presencia de la enzima fosfatasa en los quesos campesino y doble crema.
3. Servir de apoyo y control en el proceso de producción.

2. ALCANCE

1. Este instructivo aplica para el proceso de Inspección y Ensayo.

3. RECOMENDACIONES

1. Esta técnica requiere de los siguientes elementos:
1.1. Tubos de ensayo de 16 x 160 mm.
1.2. Pipetas graduadas de 10 y 1 ml.
1.3. Beacker de 50 ml.
1.4. Balanza analítica.
1.5. Mortero completo.
1.6. Centrífuga.
1.7. Incubadora a 37 ºC.

2. Tener en cuenta las BPL y normas e implementos de seguridad industrial aplicables al laboratorio.

3. Tener un termohigrómetro para la toma de temperatura ambiente y humedad relativa.

4. DESCRIPCIÓN

1. Pesar 5 g de muestra y adicionarlos al mortero.
2. Adicionar al mortero con la muestra 10 ml de la solución tampón y mezclar hasta formar una papilla.
3. Pesar dos gramos de la papilla en el beacker de 250 ml y añadir 3 ml de la solución tampón.
4. Pasar el contenido del beacker a un tubo de centrífuga.
5. Centrifugar durante 3 minutos.
6. Del sobrenadante adicionar 1 ml sobre un tubo que contenga 5 ml del reactivo P-nitrofenilortofosfatodisódico.
7. Incubar durante 2 horas a una temperatura de 37 ºC.
8. La prueba será positiva si el ensayo cambia de color amarillo, si el color es balnco la prueba será negativa.
9, Reportar el resultado Obtenido.

5. LISTADO DE DOCUMENTOS Y/O REGISTROS REFERENCIADOS

N.A.

6. ANEXO

N.A.

	REVISADO:	APROBADO:
Claudia Lorena Gómez F. Elaborado por:	Nasly P. Paz Jefe de Proceso	Nasly P. Paz. Jefe de Proceso.

INDUCOLSA SA Industria Colombiana de Alimentos S.A.	**DETERMINACIÓN DEL % DE HUMEDAD EN QUESO CAMPESINO Y DOBLE CREMA**	**Código No.:** INS 05-253 **Pag.** 1 **de** 1	**Revisado en:**
		Aprobado:	**No. de revisión:** 1

1. RESULTADOS ESPERADOS

1. Establecer los lineamientos de la técnica
2. Determinar el % de humedad en los quesos campesino y doble crema.
3. Servir de apoyo y control en el proceso de producción.

2. ALCANCE

1. Este instructivo aplica para el proceso de Inspección y Ensayo.

3. RECOMENDACIONES

1. Esta técnica requiere de los siguientes elementos:
1.1. Balanza analítica.
1.2. Cajas petri.
1.3. Horno.
1.4. Desecador

2. Tener en cuenta las BPL y normas e implementos de seguridad industrial aplicables al laboratorio.

3. Tener un termohigrómetro para la toma de temperatura ambiente y humedad relativa.

4. Se deben tarar las casas petri antes del análisis para evitar errores en la medición.

4. DESCRIPCIÓN

1. Pesar 5 gramos de muestra en una caja petri.
2. Colocar la caja con la muestra en el horno a 102 °C durante seis horas.
3. Luego se colocan en el desecador hasta que se enfrien (temperatura ambiente).
4. Después de estar frias se pesan.
5. Se repiten los pasos 1, 2, 3 y 4 tres veces, hasta que la diferencia entre pesos no sea mayor a 5 mg (a esto se le denomina peso constante).
6. El cálculo del porcentaje de humedad se realiza mediante la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{W muestra inicial - W muestra final}}{\text{W muestra inicial}} \times 100$$

Donde:

6.1 W muestra inicial es el peso de la muestra antes de colocarla en el horno.

6.2 W muestra final es el peso de la muestra después del proceso de secado.

5. LISTADO DE DOCUMENTOS Y/O REGISTROS REFERENCIADOS

N.A.

6. ANEXO

N.A.

	REVISADO:	**APROBADO:**
Claudia Lorena Gómez F.	Nasly P. Paz	Nasly P. Paz.
Elaborado por:	Jefe de Proceso	Jefe de Proceso.

INDUCOLSA SA Industria Colombiana de Alimentos S.A.	**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE PROTEINA PARA QUESO CAMPESINO Y DOBLE CREMA**	**Código No.:** INS 05-254 **Pag.** 1 **de** 1	**Revisado en:**
		Aprobado:	**No. de revisión:** 1

1. RESULTADOS ESPERADOS

1. Determinar el porcentaje de proteína en los quesos campesino y doble crema.
2. Establecer los lineamientos de la técnica.
3. Servir de apoyo y control en el proceso de producción.

2. ALCANCE

1. Este instructivo aplica para el proceso de Inspección y Ensayo.

3. RECOMENDACIONES

1. Esta técnica requiere de los siguientes elementos:
1.1. Balanza analítica.
1.2. Balones Kjeldhal de 250 ml de capacidad.
1.3. Ácido sulfúrico concentrado.
1.4. Catalizador Kjeldhal.
1.5. Estufa de digestión.
1.6. Unidad de destilación.
1.7. Ácido Bórico al 4%.
1.8 Ácido Clorhídrico 0.1 N.
1.9 Indicador tashiro.
1.10 Microbureta de 5 ml.
1.11 Erlenmeyer de 250 ml de capacidad
2. Tener en cuenta las BPL y normas e implementos de seguridad industrial aplicables al laboratorio.
3. Tener un termohigrómetro para la toma de temperatura ambiente y humedad relativa.

4. DESCRIPCIÓN

1. Pesar 0.5 g de muestra en un balón Kjeldhal.
2. Adcicionar 3 gramos de catalizador al balón con la muestra.
3. Después adicionar 10 ml de ácido sulfúrico concentrado.
4. Colocar el balón en la estufa de digestión durante 4 horas.
5. Dejar enfriar la muestra (temperatura ambiente).
6. Destilar la muestra en la unidad de destilación, el destilado se recoge en el erlenmeyer el cual tiene 50 ml de una solución de ácido bórico al 4%.
7. Adicionar tres gotas del indicador tashiro a la solución anterior.
8. Titular el destilado con una solución estándarizada de ácido clorhídrico 0.1 N hasta lograr el viraje.
9. Reportar el volumen utilizado de ácido clorhídrico.
10. Calcular el contenido de nitrógeno mediante la ecuación:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{V\ HCl\ (ml) \times N\ HCl \times 0.014}{W\ muestra\ (g)} \times 100$$

Donde:
10.1 V HCl es el volumen del ácido clorhídrico empleado en la titulación.
10.2 N HCl es la normalidad del ácido clorhídrico.
10.3 W muestra es el peso de la muestra utilizada.
11. Luego se debe calcular el porcentaje de proteína mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} \times 6.38$$

12. Registrar el dato obtenido.

5. LISTADO DE DOCUMENTOS Y/O REGISTROS REFERENCIADOS

N.A.

6. ANEXO

N.A.

	REVISADO:	**APROBADO:**
Claudia Lorena Gómez F. Elaborado por:	Nasly P. Paz Jefe de Proceso	Nasly P. Paz. Jefe de Proceso.

ANEXO D

TABLAS DE CONSTANTES PARA EL CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE CONTROL

ESTABLECIMIENTO DE LOS LIMITES DE CONTROL

Método 1:

Con un instrumento de mejor exactitud que el utilizado en el proceso de medición, se realizan los siguientes pasos:

a. Tome un número de productos "n"
b. Mida cada uno de estos productos "m" veces.
c. Calcule el valor promedio para cada uno de los productos.
d. Calcule el valor promedio de los promedios.
e. Calcule la desviación estándar.
f. Multiplique la desviación estándar por 6.

Método 2:

Ejemplo:

En una planta de producción, se toman cinco muestras seleccionadas aleatoriamente, estas muestyras son medidas por dos operarios y cada una de ellas se mide tres veces, los resultados de las mediciones se presentan en la tabla de datos.

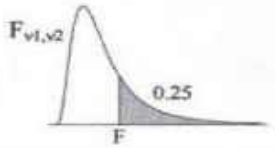
Número de mediciones por subgrupo	A_2	D_3	D_4
2	1,880	0	3,267
3	1,023	0	2,575
4	0,729	0	2,282
5	0,577	0	2,115
6	0,483	0	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777
11	0,285	0,256	1,744
12	0,266	0,284	1,716
13	0,249	0,308	1,692
14	0,235	0,329	1,671
15	0,223	0,348	1,652

Derechos Reservados 2001 Corporación MetroCalidad

ANEXO E

TABLAS ESTADÍSTICAS – DISTRIBUCIÓN F DE SNEDECOR

Distribución F de Snedecor
Valores de F que dejan el área de cola de 0,25
en función de los grados de libertad v1 (numerador)
y v2 (denominador)

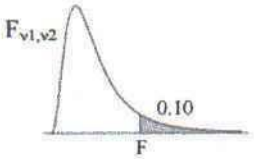


v2	v1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	5,83	7,50	8,20	8,58	8,82	8,98	9,10	9,19	9,26	9,32	9,41
2	2,57	3,00	3,15	3,23	3,28	3,31	3,34	3,35	3,37	3,38	3,39
3	2,02	2,28	2,36	2,39	2,41	2,42	2,43	2,44	2,44	2,44	2,45
4	1,81	2,00	2,05	2,06	2,07	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
5	1,69	1,85	1,88	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89
6	1,62	1,76	1,78	1,79	1,79	1,78	1,78	1,78	1,77	1,77	1,77
7	1,57	1,70	1,72	1,72	1,71	1,71	1,70	1,70	1,69	1,69	1,68
8	1,54	1,66	1,67	1,66	1,66	1,65	1,64	1,64	1,63	1,63	1,62
9	1,51	1,62	1,63	1,63	1,62	1,61	1,60	1,60	1,59	1,59	1,58
10	1,49	1,60	1,60	1,59	1,59	1,58	1,57	1,56	1,56	1,55	1,54
12	1,46	1,56	1,56	1,55	1,54	1,53	1,52	1,51	1,51	1,50	1,49
15	1,43	1,52	1,52	1,51	1,49	1,48	1,47	1,46	1,46	1,45	1,44
20	1,40	1,49	1,48	1,47	1,45	1,44	1,43	1,42	1,41	1,40	1,39
25	1,39	1,47	1,46	1,44	1,42	1,41	1,40	1,39	1,38	1,37	1,36
30	1,38	1,45	1,44	1,42	1,41	1,39	1,38	1,37	1,36	1,35	1,34
35	1,37	1,44	1,43	1,41	1,40	1,38	1,37	1,36	1,35	1,34	1,32
40	1,36	1,44	1,42	1,40	1,39	1,37	1,36	1,35	1,34	1,33	1,31
50	1,35	1,43	1,41	1,39	1,37	1,36	1,34	1,33	1,32	1,31	1,30
60	1,35	1,42	1,41	1,38	1,37	1,35	1,33	1,32	1,31	1,30	1,29
100	1,34	1,41	1,39	1,37	1,35	1,33	1,32	1,30	1,29	1,28	1,27
150	1,33	1,40	1,38	1,36	1,34	1,32	1,31	1,30	1,28	1,27	1,26
200	1,33	1,40	1,38	1,36	1,34	1,32	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25

v2	v1										
	15	20	25	30	35	40	50	60	100	150	200
1	9,49	9,58	9,63	9,67	9,70	9,71	9,74	9,76	9,80	9,81	9,82
2	3,41	3,43	3,44	3,44	3,45	3,45	3,46	3,46	3,47	3,47	3,47
3	2,46	2,46	2,46	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47
4	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08
5	1,89	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,87	1,87	1,87	1,87
6	1,76	1,76	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,74	1,74	1,74	1,74
7	1,68	1,67	1,67	1,66	1,66	1,66	1,66	1,65	1,65	1,65	1,65
8	1,62	1,61	1,60	1,60	1,60	1,59	1,59	1,59	1,58	1,58	1,58
9	1,57	1,56	1,55	1,55	1,55	1,54	1,54	1,54	1,53	1,53	1,53
10	1,53	1,52	1,52	1,51	1,51	1,51	1,50	1,50	1,49	1,49	1,49
12	1,48	1,47	1,46	1,45	1,45	1,45	1,44	1,44	1,43	1,43	1,43
15	1,43	1,41	1,40	1,40	1,39	1,39	1,38	1,38	1,37	1,37	1,37
20	1,37	1,36	1,35	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,30
25	1,34	1,33	1,31	1,31	1,30	1,29	1,29	1,28	1,27	1,27	1,26
30	1,32	1,30	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,26	1,25	1,24	1,24
35	1,31	1,29	1,27	1,27	1,26	1,25	1,24	1,24	1,23	1,22	1,22
40	1,30	1,28	1,26	1,25	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,20	1,20
50	1,28	1,26	1,25	1,23	1,23	1,22	1,21	1,20	1,19	1,18	1,18
60	1,27	1,25	1,23	1,22	1,21	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16
100	1,25	1,23	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,13	1,13
150	1,24	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,13	1,12	1,11
200	1,23	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,10

Distribución **F de Snedecor**

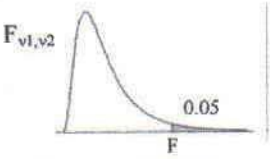
Valores de F que dejan el área de cola de 0,10
en función de los grados de libertad v1 (numerador)
y v2 (denominador)



v2	v1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,91	59,44	59,86	60,20	60,71
2	8,53	9,00	9,16	9,24	9,29	9,33	9,35	9,37	9,38	9,39	9,41
3	5,54	5,46	5,39	5,34	5,31	5,28	5,27	5,25	5,24	5,23	5,22
4	4,54	4,32	4,19	4,11	4,05	4,01	3,98	3,95	3,94	3,92	3,90
5	4,06	3,78	3,62	3,52	3,45	3,40	3,37	3,34	3,32	3,30	3,27
6	3,78	3,46	3,29	3,18	3,11	3,05	3,01	2,98	2,96	2,94	2,90
7	3,59	3,26	3,07	2,96	2,88	2,83	2,78	2,75	2,72	2,70	2,67
8	3,46	3,11	2,92	2,81	2,73	2,67	2,62	2,59	2,56	2,54	2,50
9	3,36	3,01	2,81	2,69	2,61	2,55	2,51	2,47	2,44	2,42	2,38
10	3,29	2,92	2,73	2,61	2,52	2,46	2,41	2,38	2,35	2,32	2,28
12	3,18	2,81	2,61	2,48	2,39	2,33	2,28	2,24	2,21	2,19	2,15
15	3,07	2,70	2,49	2,36	2,27	2,21	2,16	2,12	2,09	2,06	2,02
20	2,97	2,59	2,38	2,25	2,16	2,09	2,04	2,00	1,96	1,94	1,89
25	2,92	2,53	2,32	2,18	2,09	2,02	1,97	1,93	1,89	1,87	1,82
30	2,88	2,49	2,28	2,14	2,05	1,98	1,93	1,88	1,85	1,82	1,77
35	2,85	2,46	2,25	2,11	2,02	1,95	1,90	1,85	1,82	1,79	1,74
40	2,84	2,44	2,23	2,09	2,00	1,93	1,87	1,83	1,79	1,76	1,71
50	2,81	2,41	2,20	2,06	1,97	1,90	1,84	1,80	1,76	1,73	1,68
60	2,79	2,39	2,18	2,04	1,95	1,87	1,82	1,77	1,74	1,71	1,66
100	2,76	2,36	2,14	2,00	1,91	1,83	1,78	1,73	1,69	1,66	1,61
150	2,74	2,34	2,12	1,98	1,89	1,81	1,76	1,71	1,67	1,64	1,59
200	2,73	2,33	2,11	1,97	1,88	1,80	1,75	1,70	1,66	1,63	1,58

v2	v1										
	15	20	25	30	35	40	50	60	100	150	200
1	61,22	61,74	62,05	62,27	62,42	62,53	62,69	62,79	63,01	63,11	63,17
2	9,42	9,44	9,45	9,46	9,46	9,47	9,47	9,47	9,48	9,48	9,49
3	5,20	5,18	5,17	5,17	5,16	5,16	5,15	5,15	5,14	5,14	5,14
4	3,87	3,84	3,83	3,82	3,81	3,80	3,80	3,79	3,78	3,77	3,77
5	3,24	3,21	3,19	3,17	3,16	3,16	3,15	3,14	3,13	3,12	3,12
6	2,87	2,84	2,81	2,80	2,79	2,78	2,77	2,76	2,75	2,74	2,73
7	2,63	2,59	2,57	2,56	2,54	2,54	2,52	2,51	2,50	2,49	2,48
8	2,46	2,42	2,40	2,38	2,37	2,36	2,35	2,34	2,32	2,31	2,31
9	2,34	2,30	2,27	2,25	2,24	2,23	2,22	2,21	2,19	2,18	2,17
10	2,24	2,20	2,17	2,16	2,14	2,13	2,12	2,11	2,09	2,08	2,07
12	2,10	2,06	2,03	2,01	2,00	1,99	1,97	1,96	1,94	1,93	1,92
15	1,97	1,92	1,89	1,87	1,86	1,85	1,83	1,82	1,79	1,78	1,77
20	1,84	1,79	1,76	1,74	1,72	1,71	1,69	1,68	1,65	1,64	1,63
25	1,77	1,72	1,68	1,66	1,64	1,63	1,61	1,59	1,56	1,55	1,54
30	1,72	1,67	1,63	1,61	1,59	1,57	1,55	1,54	1,51	1,49	1,48
35	1,69	1,63	1,60	1,57	1,55	1,53	1,51	1,50	1,47	1,45	1,44
40	1,66	1,61	1,57	1,54	1,52	1,51	1,48	1,47	1,43	1,42	1,41
50	1,63	1,57	1,53	1,50	1,48	1,46	1,44	1,42	1,39	1,37	1,36
60	1,60	1,54	1,50	1,48	1,45	1,44	1,41	1,40	1,36	1,34	1,33
100	1,56	1,49	1,45	1,42	1,40	1,38	1,35	1,34	1,29	1,27	1,26
150	1,53	1,47	1,43	1,40	1,37	1,35	1,33	1,30	1,26	1,23	1,22
200	1,52	1,46	1,41	1,38	1,36	1,34	1,31	1,29	1,24	1,21	1,20

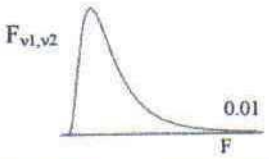
Distribución **F de Snedecor**
Valores de F que dejan el área de cola de 0,05
en función de los grados de libertad v1 (numerador)
y v2 (denominador)



v2	v1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	236,77	238,88	240,54	241,88	243,91
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,39	19,40	19,41
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,75
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,68
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,58
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,28
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,07
10	4,97	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,91
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,69
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,48
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,28
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,28	2,24	2,17
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,17	2,09
35	4,12	3,27	2,87	2,64	2,49	2,37	2,29	2,22	2,16	2,11	2,04
40	4,09	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,00
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,03	1,95
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,92
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,31	2,19	2,10	2,03	1,98	1,93	1,85
150	3,90	3,06	2,67	2,43	2,27	2,16	2,07	2,00	1,94	1,89	1,82
200	3,89	3,04	2,65	2,42	2,26	2,14	2,06	1,99	1,93	1,88	1,80

v2	v1										
	15	20	25	30	35	40	50	60	100	150	200
1	245,95	248,01	249,26	250,10	250,69	251,14	251,77	252,20	253,04	253,47	253,68
2	19,43	19,45	19,46	19,46	19,47	19,47	19,48	19,48	19,49	19,49	19,49
3	8,70	8,66	8,63	8,62	8,60	8,59	8,58	8,57	8,55	8,55	8,54
4	5,86	5,80	5,77	5,75	5,73	5,72	5,70	5,69	5,66	5,65	5,65
5	4,62	4,56	4,52	4,50	4,48	4,46	4,44	4,43	4,41	4,39	4,39
6	3,94	3,87	3,84	3,81	3,79	3,77	3,75	3,74	3,71	3,70	3,69
7	3,51	3,45	3,40	3,38	3,36	3,34	3,32	3,30	3,28	3,26	3,25
8	3,22	3,15	3,11	3,08	3,06	3,04	3,02	3,01	2,98	2,96	2,95
9	3,01	2,94	2,89	2,86	2,84	2,83	2,80	2,79	2,76	2,74	2,73
10	2,85	2,77	2,73	2,70	2,68	2,66	2,64	2,62	2,59	2,57	2,56
12	2,62	2,54	2,50	2,47	2,44	2,43	2,40	2,38	2,35	2,33	2,32
15	2,40	2,33	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18	2,16	2,12	2,11	2,10
20	2,20	2,12	2,07	2,04	2,01	1,99	1,97	1,95	1,91	1,89	1,88
25	2,09	2,01	1,96	1,92	1,89	1,87	1,84	1,82	1,78	1,76	1,75
30	2,02	1,93	1,88	1,84	1,81	1,79	1,76	1,74	1,70	1,67	1,66
35	1,96	1,88	1,82	1,79	1,76	1,74	1,70	1,68	1,64	1,61	1,60
40	1,92	1,84	1,78	1,74	1,72	1,69	1,66	1,64	1,59	1,56	1,55
50	1,87	1,78	1,73	1,69	1,66	1,63	1,60	1,58	1,53	1,50	1,48
60	1,84	1,75	1,69	1,65	1,62	1,59	1,56	1,53	1,48	1,45	1,44
100	1,77	1,68	1,62	1,57	1,54	1,52	1,48	1,45	1,39	1,36	1,34
150	1,73	1,64	1,58	1,54	1,50	1,48	1,44	1,41	1,35	1,31	1,29
200	1,72	1,62	1,56	1,52	1,48	1,46	1,42	1,39	1,32	1,28	1,26

Distribución **F de Snedecor**
Valores de F que dejan el área de cola de 0,01
en función de los grados de libertad v1 (numerador)
y v2 (denominador)

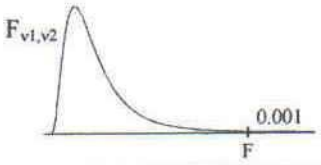


v2	v1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	4052	5000	5403	5625	5764	5859	5928	5981	6022	6056	6106
2	98,50	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,37	99,39	99,40	99,42
3	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,35	27,23	27,05
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66	14,55	14,37
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,46	10,29	10,16	10,05	9,89
6	13,75	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98	7,87	7,72
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72	6,62	6,47
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91	5,81	5,67
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35	5,26	5,11
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94	4,85	4,71
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39	4,30	4,16
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89	3,80	3,67
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,70	3,56	3,46	3,37	3,23
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,85	3,63	3,46	3,32	3,22	3,13	2,99
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07	2,98	2,84
35	7,42	5,27	4,40	3,91	3,59	3,37	3,20	3,07	2,96	2,88	2,74
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89	2,80	2,66
50	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,19	3,02	2,89	2,78	2,70	2,56
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63	2,50
100	6,90	4,82	3,98	3,51	3,21	2,99	2,82	2,69	2,59	2,50	2,37
150	6,81	4,75	3,91	3,45	3,14	2,92	2,76	2,63	2,53	2,44	2,31
200	6,76	4,71	3,88	3,41	3,11	2,89	2,73	2,60	2,50	2,41	2,27

v2	v1										
	15	20	25	30	35	40	50	60	100	150	200
1	6157	6209	6240	6261	6276	6287	6303	6313	6334	6345	6350
2	99,43	99,45	99,46	99,47	99,47	99,47	99,48	99,48	99,49	99,49	99,49
3	26,87	26,69	26,58	26,50	26,45	26,41	26,35	26,32	26,24	26,20	26,18
4	14,20	14,02	13,91	13,84	13,79	13,75	13,69	13,65	13,58	13,54	13,52
5	9,72	9,55	9,45	9,38	9,33	9,29	9,24	9,20	9,13	9,09	9,08
6	7,56	7,40	7,30	7,23	7,18	7,14	7,09	7,06	6,99	6,95	6,93
7	6,31	6,16	6,06	5,99	5,94	5,91	5,86	5,82	5,75	5,72	5,70
8	5,52	5,36	5,26	5,20	5,15	5,12	5,07	5,03	4,96	4,93	4,91
9	4,96	4,81	4,71	4,65	4,60	4,57	4,52	4,48	4,41	4,38	4,36
10	4,56	4,41	4,31	4,25	4,20	4,17	4,12	4,08	4,01	3,98	3,96
12	4,01	3,86	3,76	3,70	3,65	3,62	3,57	3,54	3,47	3,43	3,41
15	3,52	3,37	3,28	3,21	3,17	3,13	3,08	3,05	2,98	2,94	2,92
20	3,09	2,94	2,84	2,78	2,73	2,69	2,64	2,61	2,54	2,50	2,48
25	2,85	2,70	2,60	2,54	2,49	2,45	2,40	2,36	2,29	2,25	2,23
30	2,70	2,55	2,45	2,39	2,34	2,30	2,25	2,21	2,13	2,09	2,07
35	2,60	2,44	2,35	2,28	2,23	2,19	2,14	2,10	2,02	1,98	1,96
40	2,52	2,37	2,27	2,20	2,15	2,11	2,06	2,02	1,94	1,90	1,87
50	2,42	2,27	2,17	2,10	2,05	2,01	1,95	1,91	1,82	1,78	1,76
60	2,35	2,20	2,10	2,03	1,98	1,94	1,88	1,84	1,75	1,70	1,68
100	2,22	2,07	1,97	1,89	1,84	1,80	1,74	1,69	1,60	1,55	1,52
150	2,16	2,00	1,90	1,83	1,77	1,73	1,66	1,62	1,52	1,46	1,43
200	2,13	1,97	1,87	1,79	1,74	1,69	1,63	1,58	1,48	1,42	1,39

Distribución **F de Snedecor**

Valores de F que dejan el área de cola de 0,001
en función de los grados de libertad v1 (numerador)
y v2 (denominador)



v2	v1										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
1	405284	500000	540379	562500	576405	585937	592873	598144	602284	605621	610668
2	998,50	999,00	999,17	999,25	999,30	999,33	999,36	999,37	999,39	999,40	999,42
3	167,03	148,50	141,11	137,10	134,58	132,85	131,58	130,62	129,86	129,25	128,32
4	74,14	61,25	56,18	53,44	51,71	50,53	49,66	49,00	48,47	48,05	47,41
5	47,18	37,12	33,20	31,09	29,75	28,83	28,16	27,65	27,24	26,92	26,42
6	35,51	27,00	23,70	21,92	20,80	20,03	19,46	19,03	18,69	18,41	17,99
7	29,25	21,69	18,77	17,20	16,21	15,52	15,02	14,63	14,33	14,08	13,71
8	25,41	18,49	15,83	14,39	13,48	12,86	12,40	12,05	11,77	11,54	11,19
9	22,86	16,39	13,90	12,56	11,71	11,13	10,70	10,37	10,11	9,89	9,57
10	21,04	14,91	12,55	11,28	10,48	9,93	9,52	9,20	8,96	8,75	8,45
12	18,64	12,97	10,80	9,63	8,89	8,38	8,00	7,71	7,48	7,29	7,00
15	16,59	11,34	9,34	8,25	7,57	7,09	6,74	6,47	6,26	6,08	5,81
20	14,82	9,95	8,10	7,10	6,46	6,02	5,69	5,44	5,24	5,08	4,82
25	13,88	9,22	7,45	6,49	5,89	5,46	5,15	4,91	4,71	4,56	4,31
30	13,29	8,77	7,05	6,12	5,53	5,12	4,82	4,58	4,39	4,24	4,00
35	12,90	8,47	6,79	5,88	5,30	4,89	4,59	4,36	4,18	4,03	3,79
40	12,61	8,25	6,59	5,70	5,13	4,73	4,44	4,21	4,02	3,87	3,64
50	12,22	7,96	6,34	5,46	4,90	4,51	4,22	4,00	3,82	3,67	3,44
60	11,97	7,77	6,17	5,31	4,76	4,37	4,09	3,86	3,69	3,54	3,32
100	11,50	7,41	5,86	5,02	4,48	4,11	3,83	3,61	3,44	3,30	3,07
150	11,27	7,24	5,71	4,88	4,35	3,98	3,71	3,49	3,32	3,18	2,96
200	11,15	7,15	5,63	4,81	4,29	3,92	3,65	3,43	3,26	3,12	2,90

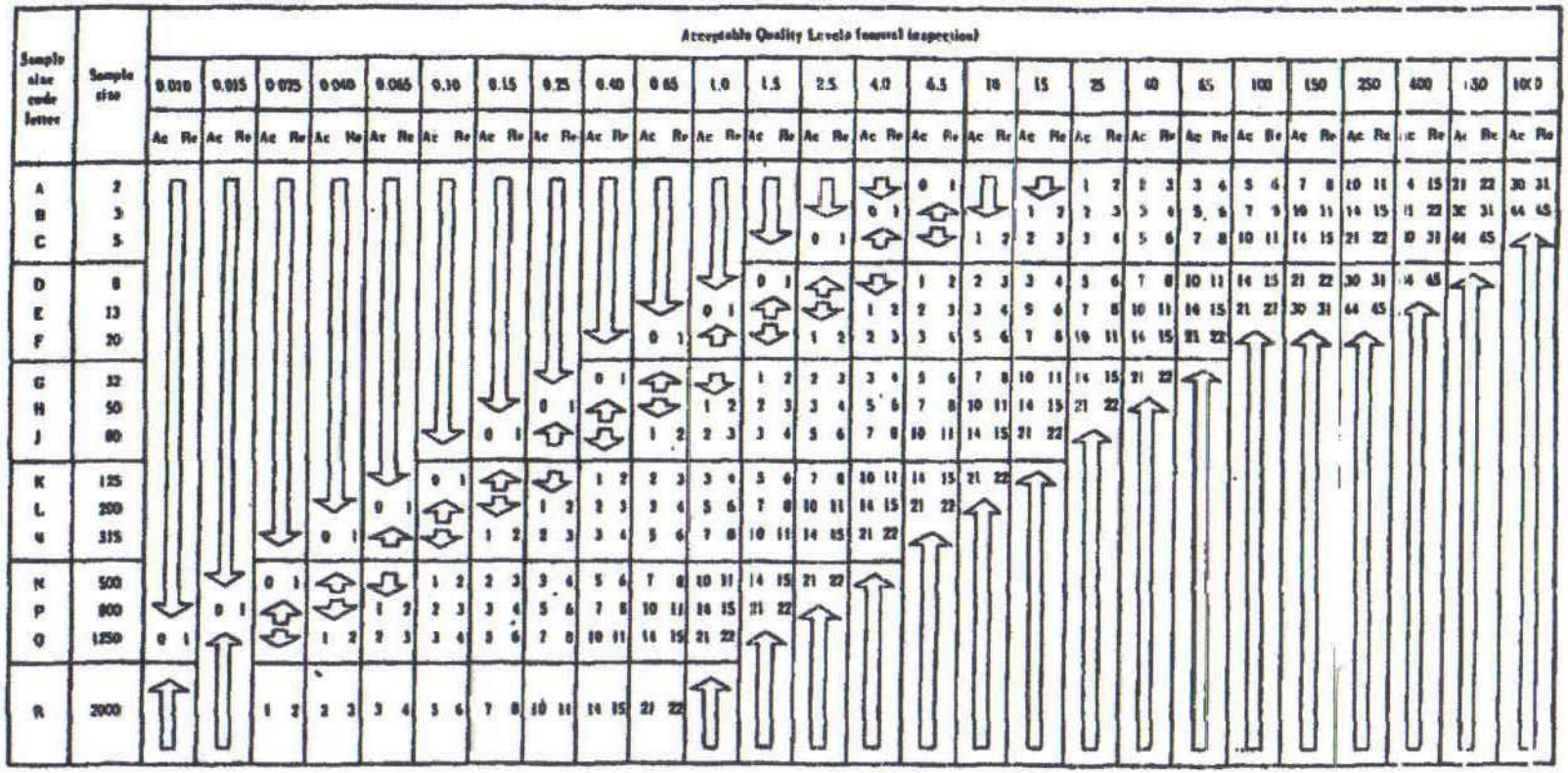
v2	v1										
	15	20	25	30	35	40	50	60	100	120	200
1	615764	620908	624017	626099	627591	628712	630285	631337	633444	634501	635030
2	999,43	999,45	999,46	999,47	999,47	999,47	999,48	999,48	999,49	999,49	999,49
3	127,37	126,42	125,84	125,45	125,17	124,96	124,66	124,47	124,07	123,87	123,77
4	46,76	46,10	45,70	45,43	45,23	45,09	44,88	44,75	44,47	44,33	44,26
5	25,91	25,39	25,08	24,87	24,72	24,60	24,44	24,33	24,12	24,01	23,95
6	17,56	17,12	16,85	16,67	16,54	16,44	16,31	16,21	16,03	15,93	15,89
7	13,32	12,93	12,69	12,53	12,41	12,33	12,20	12,12	11,95	11,87	11,82
8	10,84	10,48	10,26	10,11	10,00	9,92	9,80	9,73	9,57	9,49	9,45
9	9,24	8,90	8,69	8,55	8,45	8,37	8,26	8,19	8,04	7,96	7,93
10	8,13	7,80	7,60	7,47	7,37	7,30	7,19	7,12	6,98	6,91	6,87
12	6,71	6,40	6,22	6,09	6,00	5,93	5,83	5,76	5,63	5,56	5,52
15	5,54	5,25	5,07	4,95	4,86	4,80	4,70	4,64	4,51	4,44	4,41
20	4,56	4,29	4,12	4,00	3,92	3,86	3,77	3,70	3,58	3,51	3,48
25	4,06	3,79	3,63	3,52	3,43	3,37	3,28	3,22	3,09	3,03	2,99
30	3,75	3,49	3,33	3,22	3,13	3,07	2,98	2,92	2,79	2,73	2,69
35	3,55	3,29	3,13	3,02	2,93	2,87	2,78	2,72	2,59	2,52	2,49
40	3,40	3,14	2,98	2,87	2,79	2,73	2,64	2,57	2,44	2,38	2,34
50	3,20	2,95	2,79	2,68	2,60	2,53	2,44	2,38	2,25	2,18	2,14
60	3,08	2,83	2,67	2,55	2,47	2,41	2,32	2,25	2,12	2,05	2,01
100	2,84	2,59	2,43	2,32	2,24	2,17	2,08	2,01	1,87	1,79	1,75
150	2,73	2,48	2,32	2,21	2,12	2,06	1,96	1,89	1,74	1,66	1,62
200	2,67	2,42	2,26	2,15	2,07	2,00	1,90	1,83	1,68	1,60	1,55

ANEXO F

TABLAS ESTADÍSTICAS MILITARY STANDARD

TABLE II-A—Single sampling plans for normal inspection (Master table)

(see 4.9.3 and 4.9.4)



⇩ = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals, or exceeds, lot or batch size, do 100 percent inspection.

⇧ = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

TABLE I—Sample size code letters

(see 4.9.1 and 4.9.2)

Lot or batch size			Special inspection levels				General inspection levels		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	to	8	A	A	A	A	A	A	B
9	to	15	A	A	A	A	A	B	C
16	to	25	A	A	B	B	B	C	D
26	to	50	A	B	B	C	C	D	E
51	to	90	B	B	C	C	C	E	F
91	to	150	B	B	C	D	D	F	G
151	to	280	B	C	D	E	E	G	H
281	to	500	B	C	D	E	F	H	J
501	to	1200	C	C	E	F	G	J	K
1201	to	3200	C	D	E	G	H	K	L
3201	to	10000	C	D	F	G	J	L	M
10001	to	35000	C	D	F	H	K	M	N
35001	to	150000	D	E	G	J	L	N	P
150001	to	500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001	and	over	D	E	H	K	N	Q	R

MIL-STD-105E