



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES.**

Ingeniería Agroindustrial.

**“ESTUDIO FÍSICO-QUÍMICO DE LOS PROCESOS DE GELIFICACIÓN Y
PARDEAMIENTO OCURRIDOS EN LA FABRICACIÓN DE DULCE DE
LECHE”**

Tesis Previa a la Obtención del Título de Ingeniera Agroindustrial

Autora: Norma Amparito Chancusi Toapanta

Director: Ing. M.S.c Manuel Fernández.

LATACUNGA - ECUADOR

2010

RESUMEN

La presente investigación se realizó con un total de 54 litros de leche; con los cuales se elaboró los diferentes tratamientos de acuerdo como se indica en la investigación. En este contexto, se realizó el estudio de los procesos de gelificación, responsables de la textura del producto, y de los procesos de pardeamiento que genera su color característico. La textura y el color del dulce de leche fueron estudiados en relación de su evaluación como atributos de calidad.

El objetivo principal del estudio es evaluar el efecto del pH de la leche y el de los azúcares, para lo cual se realizó un diseño experimental factorial de dos factores a*b con tres réplicas. ($3 \times 3 = 9$ casos \times 3 réplicas = 27 tratamientos). Se estimó cada tratamiento lo cual influyó en la textura y atributos sensoriales como color, dulzura y aceptación general del producto que se evaluó durante los días que duró la investigación.

De esta manera la utilización de análisis sensoriales fue suficiente para alcanzar los objetivos planteados, en la cual el diseño experimental utilizado fue un diseño factorial de dos factores a*b como se explicó anteriormente, y una vez que se obtuvo el mejor tratamiento: N° 7 (pH de la leche 6.75 y sacarosa), se realizó los análisis respectivos con el fin de conocer sus características físico-químicas como: proteína, humedad, grasa, cenizas, fibra, carbohidratos y kilocalorías; de la misma forma se realizó los análisis microbiológicos los cuales fueron muy satisfactorios y de igual modo se efectuó un análisis del costo de producción.

SUMMARY

The present investigation was realized by a total of 54 liters of milk; with which the different treatments of agreement were elaborated as it is indicated in the investigation. In this context, the study of the processes realized of gelificación, persons in charge for the texture of the product, and of the processes of pardeamiento that generates his typical color. The texture and the color of the sweet of milk were studied in relation of his evaluation as qualit attributes.

The principal aim of the study is to evaluate the effect of the pH of the milk and that of the azúcares, for which realized an experimental design factorial of two factors a*b with three replies. ($3 \times 3 = 9$ cases \times 3 replies = 27 treatments). Every treatment was estimated which influenced the texture and sensory attributes as color, sweetness and general acceptance of the product that was evaluated during the days that the investigation lasted.

Hereby the utilization of sensory analyses was sufficient to reach the raised aims, in which the experimental used design was a design factorial of two factors a*b as was explained previously, and as soon as the best treatment was obtained: N ° 7 (pH of the milk 6.75 and saccharose), the respective analyses were realized in order to know his characteristics physicist - chemistry as: protein, dampness, fat, ashes, fiber, carbohydrates and calories; of the same form there were realized the microbiological analyses which were very satisfactory and of equal way there was effected an analysis of the cost of production.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar un estudio físico-químico de los procesos de gelificación y pardeamiento ocurridos en la fabricación de dulce de leche.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis físico-químico, microbiológico y organoléptico del producto y su proceso de elaboración.
- Evaluar el nivel de pH y azúcares adecuados para la elaboración del dulce de leche.
- Elaborar un análisis económico para los costos de producción en el mejor tratamiento.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo podremos observar los distintos resultados de los análisis de varianza y la prueba de significación, así como también los resultados de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y de esta manera determinar el mejor tratamiento.

1.1 Análisis Estadístico

El análisis de varianza se calculó de acuerdo con el diseño experimental planteado, para los valores que resultaron significativos se utilizó la prueba de rango múltiple de DUNCAN con su respectivo análisis y discusión.

1.1.1 OLOR

TABLA N° 12 ANALISIS DE VARIANZA DE OLOR

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Razón de varianza	Prob.
Tratamientos	8	53.267	6.658	21.850	0.0000
Error	261	79.533	0.305		
Total	269	132.800			

Coefficiente de Variación = 18.00%

Fuente: Directa
Elaboración: Norma Chancusi

***SIGNIFICATIVO**

Total de casos:270

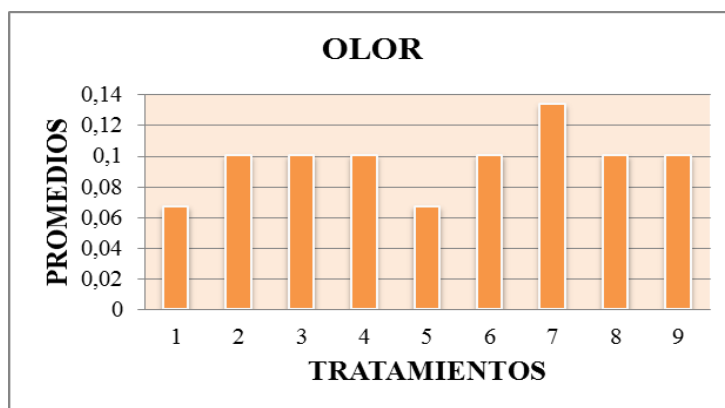
- En la tabla de análisis de varianza podemos observar que la probabilidad es menor a 0.005 por lo tanto es significativa y se rechaza la hipótesis nula, según la regla de decisión, y dado que el valor crítico de F es igual a 1.94; se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan.

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN

Orden original	Orden Arreglado
Promedio 1 = 2.733 CD	Promedio 7 = 4.000 A
Promedio 2 = 2.767 CD	Promedio 3 = 3.433 B
Promedio 3 = 3.433 B	Promedio 8 = 3.400 B
Promedio 4 = 2.700 D	Promedio 6 = 3.033 C
Promedio 5 = 2.500 D	Promedio 9 = 3.033 C
Promedio 6 = 3.033 C	Promedio 2 = 2.767 CD
Promedio 7 = 3.400 B	Promedio 1 = 2.733 CD
Promedio 8 = 4.000 A	Promedio 4 = 2.700 D
Promedio 9 = 3.033 C	Promedio 5 = 2.500 D

- La prueba de Duncan nos indica que el tratamiento con mejor olor es: en primer lugar el tratamiento N° 7 (a3b1) con un valor de 4.000 A.

GRÁFICO N° 2 PROMEDIOS DE CALIFICACIÓN EN OLOR



Elaborado: Norma Chancusi

El tratamiento N° 7 (a3b1) fue realizado con un pH en la leche de 6:75 con sacarosa y se utilizó como conservante el sorbato de potasio.

1.1.2 COLOR

TABLA N° 12 ANALISIS DE VARIANZA DE COLOR

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Razón de varianza	Prob.
Tratamientos	8	74.800	9.350	19.829	0.0000
Error	261	123.067	0.472		
Total	269	197.867			

Coefficiente de Variación = 23.59%

Fuente: Directa

Elaboración: Norma Chancusi

***SIGNIFICATIVO**

Total de casos: 270

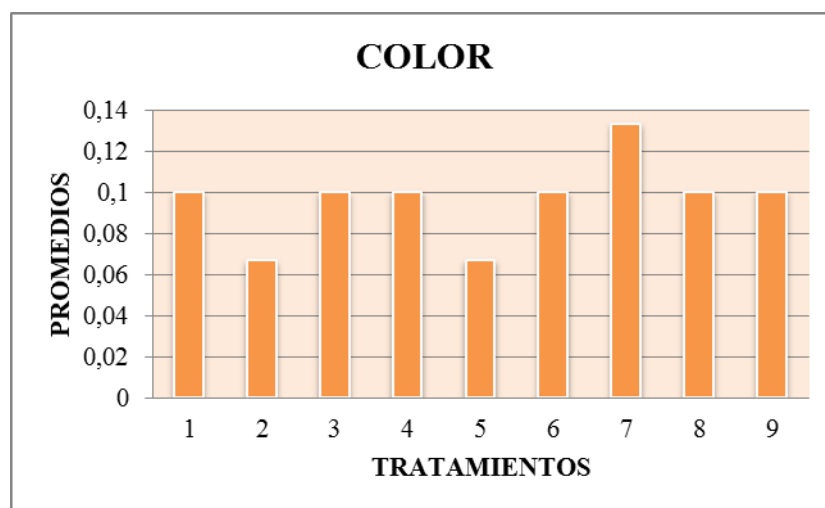
- En la tabla de análisis de varianza podemos observar que la probabilidad es menor a 0.005 por lo tanto es significativa y se rechaza la hipótesis nula, según la regla de decisión, y dado que el valor crítico de F es igual a 1.94; se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan.

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN

Orden original	Orden Arreglado
Promedio 1 = 2.867 B	Promedio 7 = 3.733 A
Promedio 2 = 2.667 BC	Promedio 5 = 3.500 A
Promedio 3 = 2.367 CD	Promedio 8 = 3.467 A
Promedio 4 = 3.033 B	Promedio 4 = 3.033 B
Promedio 5 = 3.500 A	Promedio 1 = 2.867 B
Promedio 6 = 2.267 D	Promedio 2 = 2.667 BC
Promedio 7 = 3.467 A	Promedio 3 = 2.367 CD
Promedio 8 = 3.733 A	Promedio 9 = 2.300 CD
Promedio 9 = 2.300 CD	Promedio 6 = 2.267 D

➤ La prueba de Duncan nos indica que el tratamiento con mejor color es el tratamiento N° 7 (a3b1) con un valor de 3.733 A.

GRÁFICO N° 3 PROMEDIOS DE CALIFICACIÓN EN COLOR



Elaborado: Norma Chancusi

El tratamiento N° 7 (a3b1) fue realizado con un pH en la leche de 6:75 con sacarosa y se utilizó como conservante el sorbato de potasio.

1.1.3 SABOR

TABLA N° 14 ANALISIS DE VARIANZA DE SABOR

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Razón de varianza	Prob.
Tratamientos	8	62.400	7.800	10.929	0.0000
Error	261	186.267	0.714		
Total	269	248.667			

Coefficiente de Variación = 27.15%

Fuente: Directa
Elaboración: Norma Chancusi

***SIGNIFICATIVO**

Total de casos: 270

- En la tabla de análisis de varianza podemos observar que la probabilidad es menor a 0.005 por lo tanto es significativa y se rechaza la hipótesis nula, según la regla de decisión, y dado que el valor crítico de F es igual a 1.94; se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan.

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN

Orden original			Orden Arreglado		
Promedio	1 = 2.733	CDE	Promedio	7 = 4.300	A
Promedio	2 = 3.067	BCD	Promedio	4 = 3.300	B
Promedio	3 = 2.567	E	Promedio	8 = 3.200	BC
Promedio	4 = 3.300	B	Promedio	5 = 3.133	BCD

Promedio 5 = 3.133 BCD

Promedio 2 = 3.067 BCD

Promedio 6 = 3.000 BCDE

Promedio 6 = 3.000 BCDE

Promedio 7 = 4.300 A

Promedio 1 = 2.733 CDE

Promedio 8 = 3.200 BC

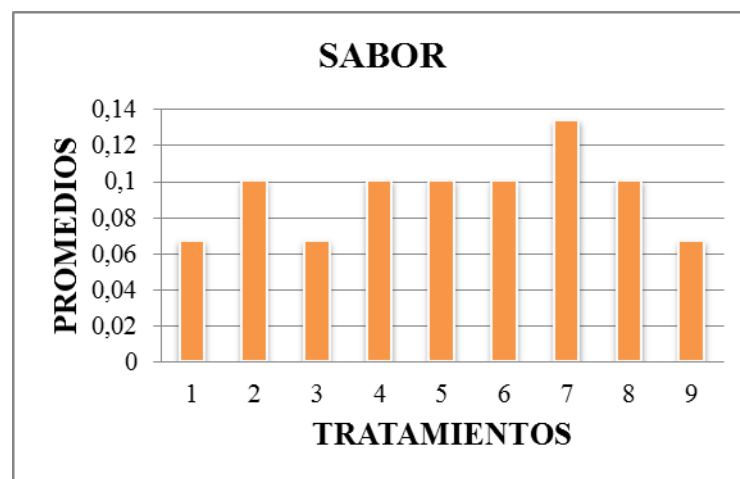
Promedio 9 = 2.700 DE

Promedio 9 = 2.700 DE

Promedio 3 = 2.567 E

- Como se observa en los resultados de la Prueba de Duncan podemos confirmar que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudios, obteniendo el mayor promedio T7 con un valor de 4.300 en cuanto al sabor, en tanto que en T3 obtuvo el menor promedio con un valor de 2.567.

GRÁFICO N°4 PROMEDIOS DE CALIFICACIÓN EN SABOR



Elaborado: Norma Chancusi

El tratamiento N° 7 (a3b1) fue realizado con un pH en la leche de 6:75 con sacarosa y se utilizó como conservante el sorbato de potasio.

1.1.4 TEXTURA

TABLA N° 15 ANALISIS DE VARIANZA DE TEXTURA

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Razón de varianza	Prob.
Tratamientos	8	6.919	0.865	1.189	0.3060
Error	261	189.900	0.728		
Total	269	196.819			

Coefficiente de Variación = 28.19%

Fuente: Directa
Elaboración: Norma Chancusi

***NO SIGNIFICATIVO**

Total de casos: 270

- Debido a que el valor de la probabilidad resulta mayor que 0.05 y el valor crítico de F es de 3.23, de acuerdo a la regla de decisión se establece que para los datos en cuanto a la textura del dulce de leche dentro de los tratamientos en estudio no existieron diferencias significativas es decir para los catadores no hubo diferencia en cuanto a la textura que presentó el dulce de leche.

1.1.5 ACEPTABILIDAD

TABLA N° 16 ANALISIS DE VARIANZA DE ACEPTABILIDAD

	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Razón de varianza	Prob.
Tratamientos	8	140.733	17.592	34.722	0.0000
Error	261	132.233	0.507		
Total	269	272.967			

Coefficiente de Variación = 23.64%

Fuente: Directa
Elaboración: Norma Chancusi

***SIGNIFICATIVO**

Total de casos: 270

- En la tabla de análisis de varianza podemos observar que la probabilidad es menor a 0.005 por lo tanto es significativa y se rechaza la hipótesis nula, según la regla de decisión, y dado que el valor crítico de F es igual a 1.94; se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan.

PRUEBA DE RANGO MÚLTIPLE DE DUNCAN

Orden original	Orden Arreglado
Promedio 1 = 3.167 B	Promedio 7 = 4.933 A
Promedio 2 = 2.667 C	Promedio 1 = 3.167 B
Promedio 3 = 2.767 C	Promedio 9 = 3.167 B
Promedio 4 = 2.433 C	Promedio 5 = 2.833 BC
Promedio 5 = 2.833 BC	Promedio 3 = 2.767 C
Promedio 6 = 2.500 C	Promedio 2 = 2.667 C
Promedio 7 = 4.933 A	Promedio 8 = 2.633 C
Promedio 8 = 2.633 C	Promedio 6 = 2.500 C
Promedio 9 = 3.167 B	Promedio 4 = 2.433 C

- La prueba de Duncan nos indica que el tratamiento con mejor aceptabilidad es el tratamiento N° 7 (a3b1) con un valor de 4.933 A; el cual fue realizado con un pH en la leche de 6:75 mediante la utilización de sacarosa.

GRÁFICO N° 5 PROMEDIOS DE CALIFICACIÓN DE ACEPTABILIDAD



Elaborado: Norma Chancusi

El tratamiento N° 7 (a3b1) fue realizado con un pH de leche de 6:75 con sacarosa y se utilizó como conservante el sorbato de potasio.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS

El mejor tratamiento obtenido de acuerdo al análisis sensorial e ingresado los datos en el programa estadístico resultó el tratamiento N° 7 (a3b1), el mismo que resulta de la combinación del pH: 6.75 con la sacarosa, en tal virtud se sometió el producto en mención al control de calidad. En primera instancia indicaremos los valores Físico Químicos resultantes del análisis de la muestra (mejor tratamiento) en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador, con relación a los bibliográficos, es así que estadísticamente el dulce de leche arroja resultados como los siguientes:

TABLA N° 17 ANÁLISIS FISICOQUIMICOS

Kilocalorías	302 %
Humedad	30 %
Hidratos de Carbono(g)	56,5 %
Proteínas (g)	5,5 %
Grasa (g)	6 %
Cenizas	2 %

Fuente: NORMA INEN 0700:83 AL 03.01-423 5 p

Y los obtenidos mediante la presente investigación fueron y que se respaldan con el certificado de análisis que se puede ver en el Anexo C - Tabla C1:

**TABLA N° 18 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS
FISICOQUIMICOS**

Kilocalorías	340.9%
Humedad	22.22 %
Hidratos de Carbono (g)	63.94 %
Proteínas (g)	5,41 % (factor 6.38)
Grasa (g)	7.06 %
Cenizas	1.36 %

Fuente: Oferta de servicios y productos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.

Notamos que el obtenido como mejor tratamiento posee mayor cantidad de Carbohidratos, Grasa, Humedad y Cenizas; sin embargo no pierde su poder nutritivo.

Es importante mencionar que los valores que se exponen anteriormente son el resultado del análisis por cada 100g de muestra.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

El estudio de humedad y actividad de agua nos permitió comprobar que no existió contaminación alguna a temperatura ambiente, no se diga si sometemos el producto a refrigeración, se estimaría un incremento en su permanencia, es así que los datos que expone el certificado de análisis efectuado en el Laboratorio de Control y Análisis de los Alimentos LACONAL, en el Anexo C Tabla C2 muestran valores menores de 10 colonias [UFC/g] de Coliformes totales, *Echericha coli*, Mohos y levaduras.

**TABLA N° 19 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS
MICROBIOLÓGICOS**

Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Dulce de leche (Tratamiento N°7)	Coliformes T.	PE-01-5.4-MB AOAC 991.14	UFC/g	<10
	E-Coli	PE-01-5.4-MB AOAC 991.14	UFC/g	<10
	Mohos y Levaduras	PE-02-5.4-MB AOAC 997.02	UFC/g	<10

Fuente: LACONAL - UTA

DISCUSIÓN DE ANÁLISIS DE COSTOS

Utilizando un promedio de 54 litros de leche, es decir 2 litros por cada tratamiento se obtienen alrededor de 4 envases plásticos de producto terminado de 200 g aproximadamente, llegando a un total de 108 envases de producto terminado, estos datos conjuntamente con los valores que corresponden a equipos, suministros y el personal, llegan a un costo total de \$ 79.55 dólares, después de dividir este valor para los 108 envases, nos da

un valor estimado de costo por cada envase de \$ 0.74 ctvs. de dólar,
considerándose un costo moderado para este tipo de producto.

CONCLUSIONES

En la presente investigación se concluye que los objetivos planteados se han cumplido en su totalidad obteniendo así las siguientes conclusiones:

- Se logró desarrollar el estudio Físico Químico del mejor tratamiento el cual fue el N°7 (a3b1) cumpliendo con la metodología y las combinaciones planteadas de acuerdo al diseño experimental, refiriéndose a los procesos de gelificación y pardeamiento.
- Los análisis o determinaciones de proteína, cenizas, humedad, grasa, carbohidratos, se constituyen en determinantes al momento de evaluar un producto que pretende ser parte de la dieta diaria, es así que el producto obtenido cuenta con todos los componentes nutricionales básicos para que el objetivo de estudio se considere cumplido.
- Se logró determinar el pH adecuado de la leche (6.75) correspondiente al tratamiento N° 7 de acuerdo a la combinación (a3b1) del diseño experimental, con la combinación de la sacarosa, que de acuerdo al análisis estadístico se concluye como el mejor tratamiento.
- De acuerdo a los análisis microbiológicos realizados se comprobó que el tratamiento N° 7 (a3b1) es apto para el consumo humano por los parámetros obtenidos ya que los mismos cumplen con los rangos establecidos en la Norma Inen.
- La cantidad de conservante utilizado no debe sobre pasar los límites permitidos (0.05%) caso contrario se transforman en productos tóxicos por lo que no son aptos para el consumo humano.

- El balance económico resultado de todo lo que interviene en el procesamiento y compra de los suministros y materia prima para obtener el dulce de leche, de acuerdo a las pruebas sensoriales indican que el costo es competitivo ya que se calcula un valor de \$ 0.74 ctvs. de dólar por envase de 200 g de producto final, con la satisfacción de que el mismo tuvo una buena demanda y aceptabilidad de quienes formaron parte en el panel de catadores.

RECOMENDACIONES

Luego de culminar el presente trabajo investigativo puedo sugerir las siguientes recomendaciones.

- Es necesario para un estudio complementario al presente que se realice el seguimiento del producto terminado con la intención de determinar el tiempo de vida útil.
- Con la consecuente aceptación del producto al ser sometido a pruebas sensoriales y a más de constituirse en un complemento nutricional se recomienda implementar una microempresa o a su vez llegar a un convenio en el mejor de los términos con una empresa que se dedique al procesamiento de derivados de la leche con la finalidad de que se procese bajo la formulación obtenida en el presente estudio.
- De igual manera es necesario cumplir con los requerimientos necesarios para que el producto final de este estudio sea comercializado con lo que la ley exige, esto es el registro sanitario, pues en esta investigación los análisis finales fueron sometidos a un laboratorio acreditado y según los resultados el producto está en óptimas condiciones tanto físico químicas como microbiológicas.
- Como no recomendar también que esta tecnología sea extendida por medio de una asesoría directa a quienes son productores directos de la leche y con esto evitar la explotación a la que hoy en día son sujetos quienes toman la materia prima desde su ordeño hasta trasladarlas a las grandes empresas de procesamiento y sin que se les pague el precio justo, con esto también

generaríamos que las comunidades unifiquen esfuerzos y hasta cierto punto en el área social se combata el desempleo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

- [a] **LEWWIS, GA**, Marthieu, D., and Phan-Tan-Luu, R. 1999. Pharmaceutical experimental design, Marcel Dekker, Inc., New York, U.S.A. pp. 38 – 42, 99-100.
- [b] **MANUAL DE DULCES DE LECHE**. 1986 Inventario Tecnológico de Productos Autóctonos. Bogotá, pp. 65.
- [c] **MANUAL DE INGENIERO EN ALIMENTOS**. Editor Grupo Latino Ltda. Edición 2007 pp. 270.
- [d] **NORMA INEN ECUATORIANA 700** Requisitos para el Dulce de leche.
- [e] **MANUAL DE INGENIERO EN ALIMENTOS**. Editor Grupo Latino Ltda. Edición 2007 pp. 162.
- [f] **NORMA INEN ECUATORIANA 9**. 2003 Requisitos Leche cruda.
- [g] **M.FRANKEL**. Aída. 1998 Industria Casera de Leche. pp. 12-15
- [h] **MADRID, V.** (1999). Curso de Industrias Alimentarias. Tercera Edición. pp. 223 - 224 - 225.
- [i] **MUÑOZ, V.** (2000). Tecnología de Productos Lácteos. Primera Edición; Argentina, pp. 110-111-112.
- [j] **PRINCE, ROBERT C.** 1988. Química Moderna. 2da. Ed. Zaragoza: Acribia. pp. 235-239
- [k] **REVILLA, A.** (1996). Tecnología de la Leche. 3 ed. Rev. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. pp. 515 – 520 - 530.

- [1] **R.S. KIRK, R. SAWYER, H. EGAN**, 2002 Composición y análisis de los alimentos de Pearson, Compañía editorial Continental, quinta reimpresión México. Segunda Edición en español. pp. 253 – 260
- [11] **ROUESSAC, F. ROUESSAC, A.** 2003. Análisis químico, métodos y técnicas Instrumentales Modernas. 4ª. Ed. McGRAW-HILL/INERAMERICANA DE ESPAÑA. pp. 229 – 247
- [m] **SANTOS, A.** (1987). Leche y sus Derivados. Trillas. (Reimpreso 2000) pp. 27- 33 - 34 – 35 - 36.
- [n] **SKOOG, D. LEARY, J.** 1994. Análisis Instrumental. 3a. ed. McGRAWHILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA. pp 227 - 271

BIBLIOGRAFIA WEB:

- [1] www.ewakulak.com/co-Historia de los Alimentos, el dulce Argentino.
2009 – 05 – 01 (2010 – 04 – 24)
- [2] <http://www.senasa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=1101&io=5179>.
2009 – 05 – 02 (2010 – 06 – 12)
- [3] <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/2006228/teoria/obmerm/p3.htm>.
2009 – 05 – 05 (2010 – 06 – 23)
- [4] http://www.maa.gba.gov.ar/dir_ganaderia/leche/dulce_de_leche_inf.pdf.
2009 – 06 – 02 (2010 – 02 – 24)
- [5] <http://www.industrialmeccanica.com.ar/DULCE%20DE%20LECHE.pdf>.
2009 – 06 – 05 (2010 – 07 – 05)
- [6] <http://www.tonisa.com> 2009 – 06 – 19 (2010 – 03 – 04)
- [7] <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1289/1/2537.pdf>.
2009 – 07 – 08 (2010 – 05 – 16)
- [8] <http://www.magap.gov.ec>. 2009 – 07 – 15 (2010 – 03 – 15)

[9] http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/nuevos_html.

2009 – 07 – 22 (2010 – 05 – 17)

[10] http://www.lainvestigaciónCientífica-Monografías_com.html.

2009 – 04 – 12 (2010 – 03 – 26)

[11] <http://www.Queesinvestigaciónexploratoria-Yahoo!Respuestas.html>.

2009 – 04 – 22 (2010 – 06 – 07)

[12] <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/1289/1/2537.pdf>

2010 – 05 – 24 (2010 – 02 – 14)

[13] <http://www.redsoluciones.net/inen/imagenes/pdf/catalogos.pdf>

2009 – 05 – 12 (2010 – 06 – 14)

[14] <http://www.composiciondelalechce.com.ec/heraldo/index.php?option>

2009 – 04 – 06 (2010 – 05 – 02)