

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Caracterización de Lactosuero proveniente de cuatro producciones
de diferentes tipos de queso**

Renata Francisca Riofrío Grijalva

Mario Caviedes, Ph.D, Director de Tesis

Mike Koziol, Dphil, Codirector de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniero en Alimentos

Quito, mayo de 2014

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Caracterización de Lactosuero proveniente de cuatro producciones
de diferentes tipos de queso**

Renata Francisca Riofrío Grijalva

Mario Caviedes, Ph.D.

Director de Tesis

.....

Michael Koziol, Dphil.

Miembro del Comité de Tesis

.....

Lucía Ramírez Cárdenas, Ph.D.

Miembro del Comité de Tesis

.....

Francisco Carvajal, Ph.D.

Decano del Colegio del CAAN

.....

Javier Garrido, MSc.

Decano del Colegio del CAAN

.....

Quito, mayo de 2014

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Renata Francisca Riofrío Grijalva

C. I.: 1711479558

Lugar: Quito

Fecha: 19 de mayo de 2014

Dedicatoria:

Esta tesis va dedicada para mi familia que todo este tiempo ha estado conmigo apoyándome en las dificultades que se han presentado. También para Mike Koziol que me alentó en el momento de debilidad. A José Sebastián Ponce le dedico esta tesis porque me apoyó a superar esta etapa y gracias a su ayuda termine mi investigación.

Agradecimientos:

Agradezco a todos aquellos que de una u otra forma aportaron en la realización de este trabajo. En especial al director Mario Caviedes, quien supo guiarme con paciencia. A Michael Koziol que me alentó a terminar el proyecto pese a las dificultades que se presentaron en el camino. Agradezco al departamento de química en especial al doctor Carlos Fabara, quien dedicó su tiempo para guiarme durante la realización de los análisis. También a Carolina Andino por permitirme utilizar el laboratorio pasadas las horas correspondidas. Finalmente agradezco a los encargados de la planta piloto de la USFQ, quienes siempre abrieron sus puertas para la realización de los experimentos.

RESUMEN

El suero de leche puede considerarse un alimento que debe ser aprovechado por su considerable contenido nutricional. La presente investigación evaluó cuatro tipos de sueros provenientes de quesos como el Mozzarella, Fresco, Port Salut de 15 días y Semi maduro de 1 mes de maduración. Se elaboró cuatro producciones de cada queso para evaluar las variables de respuesta; la cantidad de proteína fue determinada por el método Kjeldahl, el porcentaje de lactosa por el método polarimétrico; los minerales más significativos como el calcio, potasio, sodio a través de un espectrofotómetro de absorción atómica (AAS) y el fósforo por colorimetría. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 4 repeticiones; y se valoró la diferencia entre medias de tratamiento utilizando la prueba de Tukey. Los resultados indicaron que tanto la cantidad de proteína como de potasio en queso mozzarella (1,29 g/100g), (148,03 mg/L) y fresco (1,24 g/100g), (150,94 mg/L) respectivamente fueron estadísticamente iguales. En cuanto a la cantidad de calcio en queso mozzarella (53,36 mg/L) es diferente significativamente al resto de los sueros caracterizados y la lactosa en el queso fresco (4,3 g/100g) es el mayor componente del lactosuero. Las tendencias de los consumidores a nivel mundial se han enfocado al consumo de productos saludables, que además de su contribución nutrimental, ofrezcan beneficios a la salud. La presente investigación demostró que el suero de leche puede ser utilizable y al ser empleado eleva la rentabilidad de la industria quesera y elimina la contaminación del medio ambiente.

ABSTRACT

Whey can be regarded as a food that should be used more frequently because of its considerable nutritional value. This study evaluated whey resulting from the elaboration of 4 types of cheeses, produced in quadruplicate; namely, mozzarella, fresh cheese, Port Salut and semi-hard cheese. The wheys were analyzed for protein content by the Kjeldahl method; lactose by polarimetry; calcium, potassium, and sodium by atomic absorption spectrometry (AAS); and phosphorus by colorimetry. A random block design with 4 replications was used: statistical difference between means was determined by Tukey's test. The whey protein in mozzarella (1,29 g/100g) and in fresh cheese (1,24 g/100g), and the potassium in fresh cheese (150,94 mg/L) and mozzarella (148,03 mg/L) were statistically equal and showed the highest concentrations among the wheys analyzed. The calcium content in whey from mozzarella (53,36 mg/L) was significantly different. Lactose was the major component (4.3 g/100g) in the whey from fresh cheese. Worldwide consumer trends focus on the consumption of healthy products that offer nutrition combined with health benefits. The present investigation demonstrates that whey could be used to improve profits in the dairy industry while reducing environmental contamination.

TABLA DE CONTENIDOS

I INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
II REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1 QUESO	6
2.2 LACTOSUERO	9
2.3 PROTEÍNA.....	11
2.4 LACTOSA	15
2.5 SALES MINERALES.....	17
III HIPÓTESIS	19
IV OBJETIVOS	19
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
V MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
5.1 MATERIALES	20
5.2 MÉTODOS DE ELABORACIÓN DE QUESOS EN LA PLANTA PILOTO....	21
5.3 MÉTODOS DE LABORATORIO	26
5.4 MÉTODOS ESTADÍSTICOS	28
VI RESULTADOS	29
VII DISCUSIONES.....	33
VIII CONCLUSIONES	40
IX RECOMENDACIONES	42
X REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
XI ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.- COMPOSICIÓN PORCENTUAL APROXIMADA: PROTEÍNA DE LECHE Y DEL SUERO 13

TABLA 2.- CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DEL LACTOSUERO PROTEICO15

TABLA 3.- ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA (G/100G) CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 5% 29

TABLA 3A.- RANGOS DE SIGNIFICACIÓN DE LA PRUEBA DE TUKEY PARA LA PROTEÍNA 29

TABLA 4.- ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL CONTENIDO DE CALCIO EXPRESADO EN (MG/L) CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 5% 29

TABLA 4A.- RANGOS DE SIGNIFICACIÓN DE LA PRUEBA DE TUKEY PARA EL CALCIO 30

TABLA 5- ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL CONTENIDO DE SODIO EXPRESADO EN (MG/L) CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 5% 30

TABLA 5A.- RANGOS DE SIGNIFICACIÓN DE LA PRUEBA DE TUKEY PARA EL SODIO 30

TABLA 6.- ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL CONTENIDO DE POTASIO EXPRESADO EN (MG/L) CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 5% 31

TABLA 6A.- RANGOS DE SIGNIFICACIÓN DE LA PRUEBA DE TUKEY PARA EL POTASIO 31

TABLA 7.- ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL CONTENIDO DE POTASIO EXPRESADO EN (MG/L) CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 5% 31

TABLA 7A.- RANGOS DE SIGNIFICACIÓN DE LA PRUEBA DE TUKEY PARA EL POTASIO 32

TABLA 8.- ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL CONTENIDO DE LACTOSA EXPRESADO EN (G/100G) CON UN NIVEL DE SIGNIFICACIÓN DEL 5%..... 32

TABLA 8A.- RANGOS DE SIGNIFICACIÓN DE LA PRUEBA DE TUKEY PARA LA LACTOSA 32

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.- ALIMENTOS CON MAYOR EFICIENCIA PROTEICA 12

FIGURA 2.- CURVA DE ABSORCIÓN ATÓMICA PARA DETERMINAR FÓSFORO⁵⁵

FIGURA 3.- CURVA DE CALIBRACIÓN PARA DETERMINAR FÓSFORO 55

ÍNDICE DE ANEXOS

TABLA A-1. DISTINTAS PRODUCCIONES DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN CUATRO TIPOS DE LACTOSUERO	52
TABLA A-2. PERFIL DE AMINOAMINOÁCIDOS ESCENCIALES PRESENTES EN EL SUERO DE LECHE EN POLVO DISPONIBLE COMERCIALMENTE EXPRESADOS EN GRAMOS DE PROTEÍNA/100 GRAMOS DE SUERO	53
TABLA A-3. DISTINTAS PRODUCCIONES DEL CONTENIDO DE LACTOSA EN CUATRO TIPOS DE LACTOSUERO	54
TABLA A-4. RESULTADOS COLORIMÉTRICOS DE LA CANTIDAD DE FÓSFORO PRESENTE EN DISTINTOS TIPOS DE SUERO PROVINIENTES DE LA ELABORACIÓN DE QUESO: FRESCO, MOZZARELLA, PORTSALUT Y SEMIMADURO	56
TABLA A-5. LECTURA DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE MINERALES PARA CADA MUESTRA DE SUERO DE LECHE PROVINIENTE DE LA ELABORACIÓN DE DISTINTOS TIPOS DE QUESO	57

TABLA A-6. RESULTADOS POR EL MÉTODO DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE LA CANTIDAD DE CA, NA, K PRESENTES EN 4 DISTINTOS TIPOS DE LACTOSUEROS	57
TABLA A-7. ALEATORIZACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA LAS DISTINTAS VARIABLES DE RESPUESTA.....	58
TABLA A-8. RESULTADOS DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA (G/100G) ORDENADOS POR PRODUCCIONES PARA DISTINTOS TIPOS DE SUERO DE LECHE	58
TABLA A-9. RESULTADOS DEL CONTENIDO DE CALCIO (MG/L) ORDENADOS POR PRODUCCIONES PARA DISTINTOS TIPOS DE SUERO DE LECHE.....	58
TABLA A-10. RESULTADOS DEL CONTENIDO DE SODIO (MG/L) ORDENADOS POR PRODUCCIONES PARA DISTINTOS TIPOS DE SUERO DE LECHE.....	59
TABLA A-11. RESULTADOS DEL CONTENIDO DE POTASIO (MG/L) ORDENADOS POR PRODUCCIONES PARA DISTINTOS TIPOS DE SUERO DE LECHE	59
TABLA A-12. RESULTADOS DEL CONTENIDO DE FÓSFORO (MG/L) ORDENADOS POR PRODUCCIONES PARA DISTINTOS TIPOS DE SUERO DE LECHE	60
TABLA A-13. RESULTADOS DEL CONTENIDO DE LACTOSA (G/100G) ORDENADOS POR PRODUCCIONES PARA DISTINTOS TIPOS DE SUERO DE LECHE	60

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Todos los componentes de la leche que no se retienen en el queso forman parte del lactosuero. La composición del suero de leche aporta con un valor significativo de proteínas, aproximadamente de 0,85 a 1 gramo de suero en 100 g y con un alto valor biológico por parte del organismo humano. Contiene de las vitaminas liposolubles a la vitamina A, con un contenido de 16 mg en 100 g de suero de leche; seguido de las vitaminas hidrosolubles del complejo B como el ácido pantoténico (B5) con un contenido de 0,383 mg, cianocobalamina (B12) con 0,277 mg, riboflavina (B2) con 0,158 mg, niacina (B3) con 0,074 mg, tiamina (B1) con 0,036 mg, piridoxina (B6) con 0,031 mg y 0,10 mg de ácido ascórbico (vitamina C) en 100 g de lactosuero. Además, proporciona bajo contenido en grasa con un contenido de 0,36 g en 100 g de lactosuero y bajo contenido calórico de 27 kcal, siendo aproximadamente la mitad del que proporciona la leche (61 kcal). Tiene sales minerales de gran biodisponibilidad para el organismo en el que se destaca el contenido de potasio, lo que favorece a la eliminación de líquidos y toxinas. Con respecto al potasio, contiene 161 mg del mineral en 100 g de suero de leche, seguido de calcio con 47 mg, sodio 54 mg, fósforo 46 mg, magnesio 8 mg, zinc 0,13 mg y hierro con 0,06 mg (Sevilla, 2003) .

Se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 kg de queso y un promedio de 8 a 9 kg de suero; esto representa cerca del 90% del volumen de la leche. La composición varía de acuerdo del origen de la leche y el tipo de queso elaborado. Cerca del 70 % de la proteína cruda que se encuentra en el suero, corresponde a proteínas con un valor nutritivo superior al de la caseína, como son β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, inmunoglobulinas, proteosa-peptonas y enzimas nativas (Valencia, 2008).

Cabe resaltar, que en el suero desechado se retiene alrededor del 55 % de los nutrientes originales de la leche, es decir aproximadamente 6,3 g/kg de leche (Alvarado, 2010) .

El suero, subproducto de la fabricación de queso tiene un elevado contenido de proteínas de alto valor biológico debido a su composición en triptófano, lisina y aminoácidos azufrados; éstas tienen una calidad igual a las del huevo y no son deficientes en ningún aminoácido. Por otro lado, contiene entre 2,50 a 5,14 g/100g del mayor carbohidrato de la leche conocido como lactosa. La lactosa es un glúcido reductor, que por hidrólisis produce glucosa y galactosa, siendo esta última componente importante de los tejidos nerviosos y del ácido láctico que ayuda a mejorar el proceso de respiración celular (Sevilla, 2003). Investigaciones recientes han demostrado la diversidad de usos nutricionales de este producto, concluyéndose que es más beneficioso emplearlo que convertirlo en afluente (Londoño *et al*, 2008) .

El suero lácteo proporciona una interesante posibilidad comercial en la fabricación de productos alimenticios. Es por esto que actualmente se encuentran en desarrollo nuevos procesos para la obtención de alimentos y productos de elevada calidad nutricional. Dentro de las posibles aplicaciones del suero de leche en la elaboración de alimentos, se considera al lactosuero tanto líquido como en polvo. En el mercado internacional se obtiene en bebidas proteicas en formas de concentrado proteico e aislados (Parzanese, 2008). En cuanto a la industria láctea se utiliza para la elaboración de helados (Boumba,2011), yogures (Real del sol; Ortega, 2012), productos untables de bajas calorías (Real; Ortega, 2011) y quesos (Hawkins *et al*, 2009); en productos cárnicos en carnes procesadas y embutidos (Posada *et al*, 2011). También en productos de panificación como base para pasteles, galletas y barras nutritivas (Jonson, 2000); en confitería, en chocolates, coberturas, caramelos (Von Elve, 2000) y en la industria de bebidas como mezclas con cacao, crema para café, y sobre todo en bebidas para deportistas por su alto contenido de electrolitos (Garnache *et al*, 2007); por su contenido de lactosa y sólidos se utiliza para alimentos dietéticos, dulces y productos farmacéuticos (Parra, 2009). Las tecnologías disponibles actualmente en el país para el pre-tratamiento de suero son equipos para desnatado, clarificación y pasteurización; a nivel nacional la maquinaria no es de fácil acceso para el procesamiento, ya que se requiere de tecnologías de membrana y de secado en spray que

tienen alto costo y requieren de una alta inversión. Las posibilidades tecnológicas para el aprovechamiento del suero líquido como materia prima son muy amplias. La más usual es la deshidratación para obtener suero en polvo generalmente usando el sistema spray, mientras que para concentrados de proteínas (WPC) se necesita equipos específicos de ultrafiltración, a diferencia de los aislados de proteínas (WPI) que se obtienen por diafiltración o cromatografía de intercambio iónico (Schaller, 2009) .

Entre los procesos de membrana, donde la fuerza motriz es la presión, se encuentra de la más antigua hasta la reciente la microfiltración en 1920, ultrafiltración en 1930, ósmosis inversa en 1960 y nanofiltración en 1990, de las cuales, todas menos la ósmosis inversa utilizan una membrana porosa (Perez; Vaillant, 2009). El fraccionamiento de los componentes del suero depende del tamaño, forma en el caso de la micro, ultra filtración y ósmosis inversa, a diferencia de la nanofiltración que funciona como tamaño y carga. También varía según la especie que se quiera separar. En el caso de la microfiltración, ésta separa micropartículas, la ultrafiltración separa macropartículas y la nanofiltración junto con la ósmosis inversa separan moléculas. Las aplicaciones para los distintos procesos de membrana difieren en cada una. En el caso de la microfiltración se aplica para el proceso de clarificación y esterilización; la ultrafiltración tiene aplicaciones en el proceso de clarificación, fraccionamiento y concentración; en cambio, la nanofiltración se aplica para concentración de componentes y como purificador y por último, la ósmosis inversa que se aplica para la concentración y la desalinización de los componentes (Perez; Vaillant, 2009) .

1.2 Justificación

Los factores de esta investigación son principalmente dar un uso eficiente del subproducto de la industria quesera, seguido de valorar los componentes mayoritarios como la cantidad de proteína, lactosa y minerales para de esta manera aprovechar de mejor forma el suero de leche por su considerable contenido nutricional (Parzanese, 2008). Las tendencias de los consumidores a nivel mundial se han enfocado al consumo de productos saludables, tales que además de su contribución nutrimental, ofrezcan beneficios a la salud (Lobato-Calleros *et al*, 2009) por lo que, es un alimento que debe ser considerado. Además, de evitar la contaminación del medio ambiente, ya que hoy en día el subproducto es desperdiciado en fuentes de agua, suelo y como alimento para cerdos.

La producción mundial anual estimada de lactosuero es de aproximadamente 145 millones de toneladas, de las cuales 6 son de lactosa (Carrillo, 2002). En el Ecuador el suero de leche no es aprovechado, por lo que se debe dar un uso eficiente del lactosuero para elevar la rentabilidad de la operación de las queserías. El suero producido en el Ecuador contiene aproximadamente 973000 toneladas de lactosa potencialmente transformarle y 175 toneladas de proteína recuperable (López, 2008) .

Las cifras anteriores indican que existe un potencial de utilización en el país, que puede ser aprovechado con la producción local de este subproducto. A pesar de los múltiples usos de suero, 47 % es descargado en el suelo, drenajes y cuerpos de agua, tornándose en un serio problema para el ambiente (Cunningham, 2000). El verter suero por las alcantarillas produce contaminación. Una quesería que arroje 50000 litros de suero, equivalentes a una ciudad de aproximadamente 25000 habitantes (Ramírez; Valencia, 2009). La DBO (demanda bioquímica de oxígeno) de un litro de suero oscila entre 30-45 g/litro y por tanto necesita el oxígeno para 4500 litros de agua no contaminada (Luquet, 1993). Cuando un compuesto con una alta DBO, como el suero de leche, se vierte en una fuente de agua como son los ríos, los microorganismos que degradan necesitan una gran cantidad de oxígeno disuelto en el agua y si la cantidad de oxígeno baja

significativamente, se producen malos olores por putrefacción y finalmente provoca muerte por asfixia de la fauna de estos ecosistemas. Por otro lado, los altos niveles de SST (sólidos suspendidos totales) se originan de la erosión del suero y de esta manera si el suero es descargado en suelos, puede filtrarse hasta las aguas freáticas convirtiéndose de esa manera en una amenaza para la salud de los animales y humanos (Carrillo, 2002) .

Según the Food Agricultural Organization (FAO, 1985) la carga contaminante de sueros varía según el tipo de suero que se deseche en el medio ambiente. El suero dulce ejerce 42 g/L de DBO y 65 g/L de DQO (demanda química de oxígeno), mientras que el suero ácido 35 g/L de DBO y 60 g/L de DQO; la lactosa es responsable del 90% de la contribución.

La industria de productos lácteos está considerada como la fuente más grande de aguas residuales del procesado de alimentos; tiene cargas orgánicas relativamente altas, siendo los principales contribuyentes de lactosa, grasa y proteína, así como altos niveles de nitrógeno y fósforo que se asocian con las proteínas de la leche. Otro control que se debe tomar en cuenta es la alta cantidad de sólidos totales en el suero, ya que el suero de queso sin tratar contiene 0,0032 g/L. Las aguas residuales lácteas descargadas pueden variar enormemente con respecto al volumen, concentración, temperatura, pH y niveles de nutrientes; además, del caudal y composición equilibrados que es un requisito principal para cualquier proceso biológico posterior para que opere de un modo eficiente (Constantine *et al*, 2006) .

Debido a la capacidad contaminante de la materia orgánica, mediante procesos biológicos aerobios y al valor nutritivo de los componentes del suero de leche en todo el mundo se ha dirigido su aprovechamiento tanto a nivel industrial como tecnológico, para que de esta forma se incentive en las industrias hacer uso de este subproducto, evitando que sea vertido al seno de cursos acuíferos donde resulta perjudicial (Ramírez; Valencia, 2009)

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Queso

Según el reglamento de técnicas sanitarias de la leche y productos lácteos, el queso es el producto obtenido por coagulación enzimática de la leche y/o determinados productos lácteos, con previa separación de al menos parte del agua, lactosa y sales minerales seguida o no de maduración. La FAO (1985) define al queso como producto fresco ó madurado obtenido por coagulación de la leche u otros productos lácteos, con separación del suero.

Durante la elaboración de cualquier tipo de queso antes de que se separe la cuajada del suero deben realizarse los siguientes operaciones. Primero se debe adicionar el cuajo a la leche que al cabo de 20 a 30 minutos acaba coagulando. Luego se corta la cuajada en granos según el tipo de queso a fabricar, posteriormente se agita para permitir la separación de la cuajada y el suero. A continuación se drena el suero por medio de tamices. Posteriormente, se calienta la cuajada para facilitar la salida del suero y para finalizar se agita para facilitar la sinéresis (Chamorro; Losada, 2002) .

Gracias a los tratamientos de corte, agitación y calentamiento, se produce la separación del suero que es un líquido rico en lactosa y sales minerales; gran parte del suero no es retenido por los granos de queso coagulados. La otra parte del lactosuero se separa en el moldeado, prensado y salado (Madrid, 1999a) .

Para la clasificación de los quesos, uno de los factores principales es el contenido de agua; según los métodos de elaboración la separación del suero puede ser de mucho o poco volumen, con lo que resultarán quesos de mayor o menor humedad y por lo tanto, mayor o menor cantidad de suero separado. El proceso de maduración influye en este aspecto, ya que quesos frescos que no requieren de maduración contienen alto contenido acuoso a diferencia de aquellos quesos que al ser madurados pierden continuamente su humedad (Chamorro; Losada, 2002) .

Según este mismo autor, los quesos frescos que tienen 60-80 % de agua apenas se prensan con lo que no eliminan mucho suero; por el contrario, retienen el suero dentro de los granos del queso. En el caso de los quesos blandos, contienen 55-57 % de agua, son madurados durante poco tiempo con lo que eliminan suero y finalmente, los quesos semiduros que tienen de 42-55 % de agua y son sometidos a maduración desde una semana a varios meses, por lo que eliminan la cantidad de suero dependiendo de su período de madurez.

La coagulación se produce por la adición del cuajo que se presenta comercialmente en polvo o líquido. También se puede conseguir la coagulación con cuajos microbianos como el moho *Mucor miehei*. Otra forma de producir la coagulación de la leche es por acidificación. En algunos tipos de métodos se combina la acidificación y cuajo como método de coagulación y en otros métodos se produce la coagulación con extractos vegetales tales como el látex de la higuera, *Ficus carica*. En el caso de los quesos madurados por la adición de cultivos lácticos. El ácido producido por estos cultivos baja el pH, el cual es un factor importante para conseguir una buena sinéresis. (Cunningham, 2000). Dos son los tipos principales de cultivos utilizados en queserías; los cultivos mesófilos (20-40 °C) y termófilos (40- 60 °C), los cuales se diferencian por las condiciones óptimas en las que se desarrolla el cultivo siendo la temperatura óptima para los fermentos mesófilos de 35 °C y la temperatura óptima para los fermentos termófilos de 55 °C. Normalmente se utiliza una mezcla de ambos que no sólo produce ácido láctico, sino sustancias aromáticas y anhídrido carbónico. Hay quesos como el fresco, Port Salut y semi maduro que en su elaboración utilizan cultivos mesófilos, a diferencia del queso mozzarella que utiliza cultivos termófilos (Madrid, 1999a) .

Así mismo Madrid (1999a) menciona, que el queso mozzarella produce suero ácido que logra la coagulación cuando alcanza el punto isoeléctrico de la caseína, es decir un pH de 4,6 a 4,7. En el caso de la elaboración de queso fresco, Port Salut y semi maduro que producen suero dulce, se requiere de una enzima renina como medio para coagular. La cadena de aminoácidos de la molécula k-caseína tiene 169 unidades con un punto débil situado entre las unidades 105 (fenilalanina) y 106 (metionina), el cual el momento de colocar la renina, es atacado descomponiendo los complejos de la k-caseína en dos partes.

El primer pedazo contiene una cadena de aminoácidos comprendidos del 1 al 105, estos son insolubles y forman la paracaseína para obtener el queso, el resto de la cadena está compuesta por aminoácidos del 106 al 169, con carbohidratos que hacen soluble esta fracción, los cuales terminan en el suero. Además en la fracción del suero separado, se debe tener en cuenta que la enzima que se utiliza no resista a la temperatura de pasteurización. Cuando se emplea cuajo de origen animal la enzima se destruye, mientras que, cuando se emplean cuajos bacterianos las enzimas son termoresistentes. Por ello, se utilizó cuajo animal para evitar presencia de bacterias en el suero (Madrid, 1999b) .

Según Hotchkiss, *et al* (1995), los quesos son ricos en grasa y proteína, mientras que el lactosuero contiene todas las sustancias solubles como la lactosa, proteína y minerales. La caseína es la proteína más importante que aparece en el queso, a diferencia de la globulina y la albumina que están presentes en el suero. El contenido en hidratos de carbono está constituido por la lactosa que se transforma en su mayoría en ácido láctico por acción de las bacterias lácticas. Parte del ácido láctico se encuentra ligado al calcio formado en el lactato cálcico. Por lo que, el lactosuero contiene la mayoría de lactosa de la leche. En cuanto al contenido de sales minerales en los quesos, oscila entre 1,2 a 4,5 % siendo los más importantes el calcio, fósforo y hierro. Cuanto más fuerte es el proceso de fermentación láctica de un queso, la acidez es mayor y el contenido de sales es menor. Los quesos maduros (1,8-2 %) tienen contenido de sales menores que los quesos húmedos (3,5-3,75 %), esto sucede ya que son más desuerados.

El líquido restante de la elaboración de quesos es el suero y contiene disuelto lactosa, proteínas y minerales por lo que, tiene buenas características nutricionales y grandes beneficios para la salud. Existe un alto interés por parte de los consumidores, por alimentos de alto valor nutritivo, saludables y de poco aporte calórico. Por lo que, la utilización del suero de leche lleva consigo el mejor aprovechamiento del suero producido en queserías (Londoño *et al*, 2008) .

2.2 Lactosuero

Según el Código Alimentario Argentino (CAA, 1969) “se entiende por suero de lechería a los líquidos formados por parte de los componentes de la leche, que resultan de diversos procesos de elaboración de productos lácteos, a saber (Parzanese, 2008)

1. Suero de queso: subproducto líquido proveniente de la elaboración de quesos.
2. Suero de manteca: subproducto líquido proveniente del batido de la crema en la obtención de manteca.
3. Suero de caseína: subproducto líquido proveniente de la elaboración de caseínas.
4. Suero de ricotta: líquido resultante de precipitar por el calor, en medio ácido a la lactoalbúmina y a la lactoglobulina del suero de queso.

De todos los tipos de sueros mencionados el suero de queso es el que genera mayor volumen y contiene alto contenido proteico, por lo que es el más utilizado. Según las propiedades fisicoquímicas, un lactosuero puede ser clasificado como ácido, ó, dulce dependiendo de cuál haya sido el proceso que se haya llevado para la elaboración del queso (Miranda *et al*, 2009) .

Un suero ácido es proveniente de la fabricación de quesos frescos de pasta blanda, obtenidos a partir de leche de vaca y/ó de cabra. En estos sueros, la lactosa se ha transformado en ácido láctico, son ricos en calcio, fósforo y el pH es menor a 4,5. El suero ácido es muy mineralizado pues contiene más del 80 % de los minerales de la leche de partida; el ácido láctico secuestra el calcio del complejo de paracaseinato cálcico, produciendo lactato cálcico. Un lactosuero dulce, en cambio proviene de la fabricación de quesos de pasta cocida/ prensada y quesos provenientes de leche de vaca y/ó de oveja. Este suero es pobre en ácido láctico, en calcio, fósforo y el pH es mayor a 6,0. (Callejas *et al*, 2012) .

La composición del suero varía con la leche utilizada y con el tipo de queso a fabricar, además depende del sistema de coagulación. Se conoce dos sistemas de coagulación: enzimática e ácida.

1. Por coagulación enzimática, se obtiene un suero dulce que contiene menores cantidades de calcio. Las condiciones específicas de temperatura son 15-50 °C y tiene un pH de 5,9 a 6,6 este suero puede ser proveniente para distintas transformaciones (Franchi, 2010) .
2. Por coagulación ácida, se obtiene un suero ácido con un pH entre 4,3 a 4,7; a partir del queso fresco ó queso de pasta blanda se produce suero ácido (Bon Rosas, 2005) .

El suero ácido por su parte, es resultado de la coagulación ácida ó láctica de las micelas de caseína a nivel de su punto isoeléctrico (pH 4,6), lo cual conlleva la desmineralización y la pérdida de su estructura. Este lactosuero contiene más del 80 % de los minerales de la leche de partida, por lo que para la mayoría de sus aplicaciones debe neutralizarse; además el contenido en lactosa se ve reducido a causa de la fermentación láctica (Parzanese, 2008). Según Callejas *et al* (2012), la diferencia entre los dos tipos de lactosuero son el contenido mineral, la acidez y la composición de la fracción de proteína de lactosuero.

Parzanese (2008) menciona que de los dos tipos de suero, el dulce posee mejores aptitudes para el procesamiento y obtención de subproductos de mayor valor agregado. Este presenta aproximadamente 95 % de lactosa, 25 % de proteínas y 8 % de la materia grasa que contiene la leche.

El lactosuero proporciona 39 % de las calorías de la leche, contiene de 6 a 10 gramos de proteínas por litro de leche (Parra, 2009); además tiene un alto valor biológico debido a su composición en aminoácidos y vitaminas; está catalogado como el subproducto de contenido proteico más completo de origen animal y contiene lisina y triptófano (Real M, Ortega, 2011). Su empleo en el enriquecimiento de alimentos es de interés universal. En la caracterización del suero es importante el aprovechamiento de su alto contenido proteico

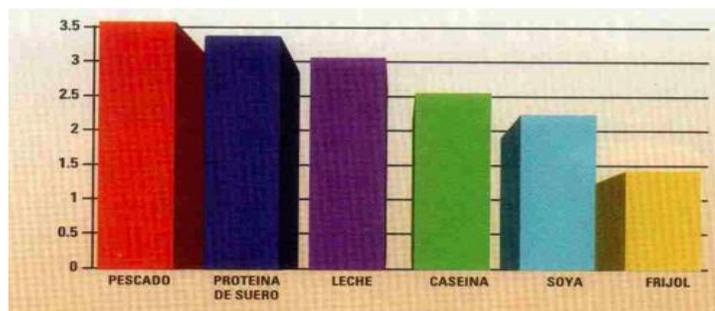
(Real del sol; Ortega, 2012); el suero de leche es uno de los residuos más representativos de la industria lechera y uno de los contaminantes más severos que existen a nivel ambiental. El suero es definido como un líquido remanente tras la precipitación y separación de la caseína de la leche durante la elaboración del queso y constituye aproximadamente el 85-90 % del volumen de la leche, cuyos componentes principales como la lactosa, sales minerales y las proteínas lactoséricas de bajo peso molecular que son retenidas en un 55 %, ya que no reaccionan con el cuajo (Sanchez *et al*, 2009). El Suero, normalmente es sometido a una centrifugación para recuperar la grasa que aún contiene, quedando con sólo el 0.03-0.05 %, esto determina que la presencia de vitaminas liposolubles (A, D, E y K) sea poco considerable (Madrid, 1999b) .

2.3Proteína

Las proteínas del suero son completas, ya que contienen todos los aminoácidos esenciales, además de ser la fuente más rica conocida de aminoácidos ramificados, como la isoleucina y valina en especial leucina que compone casi la tercera parte de los músculos del esqueleto en el cuerpo humano y desempeña un papel muy importante en la síntesis de proteínas. El suero de la leche es rico en aminoácidos que son de fácil digestión y absorción, lo cual es ventajoso cuando hay demanda proteica en el organismo (Theran, 2012). Los alimentos proteicos de alto valor biológico contienen aminoácidos esenciales, aminoácidos ramificados y leucina, que se asocian a la pérdida de peso, reducción de grasa corporal, aumento de la síntesis de proteínas musculares, reducción de la secreción de insulina y nivel de triglicéridos plasmáticos (Conti *et al*, 2012) .

Las proteínas del lactosuero exceden las normas de la FAO (1985) en cuanto a gramos de cada aminoácido esencial por cada 100 gramos de proteína. Con respecto a alimentos con mayor relación de eficiencia proteica, la proteína de suero se encuentra en segundo lugar. El alimento con mayor eficiencia es la harina de pescado, en tercer lugar la leche, seguida de la caseína, la soya y el frijol como se muestra en la figura 1.

Figura 1.- Alimentos con mayor Eficiencia Proteica



FUENTE: Hugunin (1999)

La relación de eficiencia proteica del suero es muy buen complemento de los perfiles de aminoácidos de las proteínas de soya, arroz, trigo y maíz. Las proteínas del lactosuero se pueden utilizar para suplir los aminoácidos limitantes en cada una de dichas proteínas. Funcionalmente, las proteínas de lactosuero sin desnaturizar son solubles en un rango amplio de pH. También, en cuanto a su solubilidad son específicas en un rango de pH de 3,5 a 5,5 y son estables en procesos de alta temperatura. La desnaturalización y la pérdida de solubilidad ocurren cuando la solución tiene valores de 4,6 a 6 de pH, ó, cuando las proteínas se someten a temperaturas superiores a 60 °C. Otra propiedad funcional de las proteínas del lactosuero sin desnaturizar, es su potencial de batido formador de espuma (Hugunin, 1999) .

Estudios han indicado que la proteína de suero de leche puede ayudar a reducir el riesgo y mejorar el resultado de tratamientos de la enfermedad en ciertos tipos de cáncer. También, mejora la función inmune y reduce la presión arterial (Theran, 2012). Los alimentos enriquecidos con lactosuero aumentan la calidad sensorial de los productos y sus niveles de proteínas son recomendables para la alimentación infantil (Camejo *et al*, 2006) .

Las proteínas contenidas en el lactosuero tienen el justo balance de los aminoácidos esenciales y no esenciales para un rendimiento óptimo. La proteína del suero de leche aumenta el rendimiento y la potencia de los atletas, ya que contiene un alto nivel de aminoácidos de cadena ramificada lo que previene las rupturas musculares. Las proteínas no sólo son necesaria para el crecimiento y la reparación muscular; se necesitan también

para varias funciones del cuerpo humano, desde la producción de hormonas hasta la función del sistema inmune (Sangrange, 2010) .

El suero de leche constituye el 90 % del volumen de la leche y compone la mayor parte de compuestos hidrosolubles. Un 70 % de la proteína cruda (nitrógeno total) corresponde a proteína verdadera, la cual tiene un valor nutritivo superior al de la caseína y está compuesta por β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina, inmunoglobulinas, proteosa-peptona y un 30 % restante de enzimas nativas que forman aminoácidos, urea, creatina, ácidos nucleicos y amoníaco. Además el suero contiene vitaminas hidrosolubles (Garibay *et al*, 2004) .

La β -lactoglobulina y α -lactoalbúmina, son la segunda y tercera de las proteínas más importantes en la leche que no coagulan por la acción de la renina ni de los ácidos, por lo que permanecen disueltas en el suero; sin embargo, se pueden coagular fácilmente con un tratamiento térmico (Hotchkiss *et al*, 1995). A continuación, se representa en la tabla 1, la fracción proteica del suero, en proteína no caseica que ha sufrido el suero (FAO, 1985) .

Tabla 1.- Composición porcentual aproximada: Proteínas de la leche y del suero

Proteína no caseica	Leche	Suero	Concentración (g/L)	Estabilidad Térmica
α – Lactoalbúmina	3.5-4.5	20-30	3,30	Termolábil (74°C)
β – lactoglobulina	7.5-10	44-52	1,20	Ligeramente inestable al calor (63°C)
Seroalbúminas	1	5-7	0,30	Termolábil (87°C)
Inmunoglobulinas	2.03-3	12-16	0,50	Muy termolábil (79°C)
Proteosa- peptona	4-4.5	19	0,60	Estable al calor

FUENTE: FAO (1985)

Las propiedades funcionales del lactosuero provienen de sus dos principales proteínas, que son la α -lactoalbúmina y β -lactoglobulina. La α -lactoalbúmina es una proteína ácida con un punto isoeléctrico de alrededor de 4,3 y está formada por una sola cadena polipeptídica de 123 aminoácidos, con peso molecular de unos 14 200 Dalton y tamaños de partículas entre 1 μ m - 2 μ m. Por otro lado, la β -lactoglobulina está formada por

una sola cadena de 162 aminoácidos, con peso molecular de unos 18 400 Dalton y tamaños de partículas entre 2 μ m- 4 μ m. Estos dímeros se forman entre pH 7,5-5,2 el cual es su punto isométrico (Callejas *et al*, 2012) .

La β -lactoglobulina es altamente resistente a la digestión gástrica y es la principal causante de la intolerancia y alergia a la leche de vaca. La hidrólisis de esta proteína puede potencialmente reducir su alergenicidad y aumentar su digestibilidad por medio de la liberación de aminoácidos y péptidos pequeños que son fácilmente absorbidos en el intestino. Además, las β -lactoglobulina es termolábil, por lo tanto inestable a tratamientos térmicos; sin embargo, tratamientos industriales como esterilización, calentamiento o presión hidrostática alta, mejoran su digestibilidad (Conti *et al*, 2012) .

El suero de la industria quesera contiene aproximadamente un 0,6 % de proteínas. La β -lactoglobulina es la proteína mayoritaria con un 53 % y la α -lactoalbúmina ocupa el segundo lugar con 13 %, en una relación de 3:1 (Conti *et al*, 2012). Como constituyentes menores se encuentran las inmunoglobulinas, lactoferrina, albúmina, proteasa peptona, seroalbúmina, transferrina y glicomacropéptido; este último pasa al suero después de la acción de la renina sobre la κ -caseína durante el proceso de elaboración del queso (Etzel, 2004). Todas las proteínas que contiene el lactosuero representan el 98 % de la proteína soluble. Esto es equivalente a 6 g/kg de leche completa, empleada en la fabricación de los quesos. Cabe recalcar que estas proteínas están presentes tanto en el suero dulce como en el suero ácido. La variedad de compuestos nitrogenados entre las proteínas y los péptidos presentes en el lactosuero, exhiben un rango de actividades biológicas que afectan a procesos como la digestión, las respuestas metabólicas a los nutrientes absorbidos, el crecimiento, el desarrollo de órganos específicos y a la resistencia contra enfermedades (Alvarado, 2010) .

Alvarado (2010) define a los péptidos bioactivos y menciona que son fragmentos específicos de proteínas, ya sea de origen animal, ó, vegetal que tienen un impacto positivo sobre las funciones e influyen sobre la salud humana. La mayoría de los péptidos bioactivos tienen propiedades estructurales en común, tales como, cadena corta de aminoácidos de 2 a 9 aminoácidos, residuos aminoácidos hidrofóbicos en adición a grupos prolina, lisina ó

arginina. Específicamente los péptidos bioactivos tienen resistencia a la acción de peptidasas digestivas, lo que permite su absorción y flujo al torrente sanguíneo sin alteración. A diferencia de las caseínas, los péptidos bioactivos obtenidos a partir de proteínas del lactosuero, demuestran el gran potencial que tienen las proteínas del lactosuero en la prevención de desórdenes fisiológicos que alteran el funcionamiento normal del organismo y muestran propiedades bioactivas como actividad opioide, antihipertensiva, antimicrobiana, inmuno moduladora, transporte de minerales y antitrombótica (Conti *et al*, 2012) .

A continuación, en la tabla 2 se muestran algunas de las características nutricionales de la proteína contenida en el lactosuero, en la cual se valora la digestibilidad verdadera, lisina disponible y el valor biológico de distintas fuentes de suero de mi interés.

Tabla 2.- Características Nutricionales de Lactosuero Proteico

	Valor biológico	Digestibilidad verdadera	Lisina disponible
Proteína del suero	1	0,97	-
Suero dulce fresco	0,92	0,97	83
Suero dulce seco	0,93	0,94	77
Suero deslactosado	0,94	0,94	89
Suero de queso	0,91	0,97	90

FUENTE: FAO (1985)

2.4Lactosa

La lactosa es un disacárido que se compone de galactosa beta (1-4) glucosa; Es el glúcido dominante de la leche que actúa como glúcido estructural del sistema nervioso; la lactosa es un isómero que contiene una estructura cíclica, por lo que designa dos anómeros denominados α y β del mismo disacárido. Existe un equilibrio entre los isómeros α y β y las formas anhidras e hidratadas. Se ha dicho que la lactosa se encuentra en forma β en la leche humana, lo que contribuye una ventaja desde el punto de vista nutritivo. Por poseer un grupo aldehído libre es un azúcar reductor. Los azúcares reductores interactúan con los grupos aminos que son suministradores de proteína a través de la reacción de Maillard. El

poder edulcorante de la lactosa es bajo en relación con la sacarosa, fructosa y glucosa; Presenta del 20 a 30 % del poder edulcorante de la sacarosa. Es interesante resaltar que el poder reductor de la lactosa es considerablemente más débil que el de la glucosa; 70 partes de glucosa reducen al licor de fehling lo mismo que 100 de lactosa (Alais, 2003). La lactosa tiene una solubilidad de 21,6 g por 100 g de agua a 25 °C. Además, es menos soluble que la sacarosa y glucosa. La solubilidad de la lactosa disminuye si la solución contiene sacarosa (Huginin, 1999) .

Entre sus características, la lactosa, es una buena fuente de energía para el cuerpo, contiene bajo poder cariogénico, es recomendable para diabéticos, por su lenta y gradual absorción en el organismo en una porción de 35 a 50 g/día; además, tiene la capacidad de fijar aromas y de adsorber pigmentos, es soluble en agua, de baja higroscopicidad, tiene una rotación específica de 55° y por último, eleva la estabilidad química, física y microbiológica ante la humedad. La lactosa también, mejora la solubilidad y disponibilidad del mineral calcio, al aumentar la concentración de ácido láctico y disminuir el pH en el tracto intestinal; participa en el transporte de la lactosa formando complejos solubles con el calcio. También, se considera que la mayoría de las personas intolerantes a la lactosa pueden consumirla en pequeñas cantidades aproximadamente 12 g/día (Posada *et al*, 2011).

La lactosa constituye la parte esencial del extracto seco de los sueros, en los que se encuentra en un porcentaje del 70 al 75 %. En la transformación experimental del suero tras la separación de la cuajada de la caseína y materia grasa en quesería, la lactosa se encuentra en proporción de 40 a 50 g/L (Alais, 2003). La lactosa ha sido un componente despreciado de la leche de vaca, por no tener aplicación para su consumo al natural. Hoy en día, la situación ha evolucionado, ya que se ha adquirido el conocimiento de métodos de recuperación y de las amplias posibilidades de utilización de los lactosueros. Aislada de la leche, la lactosa tiene varias aplicaciones, ya sea formando parte de productos dietéticos como soporte y diluyente de diversas drogas en farmacia, ó, como componente de los medios de cultivo de mohos y actinomicetos en la industria de los antibióticos como es el caso de la penicilina. En fin, el empleo de lactosa y sus hidrolizados permite obtener

beneficios económicos al reducir las cantidades de ingredientes más costosos (Camacho, 1996) .

La concentración de lactosa en el lactosuero se reduce al ser transformada en ácido láctico durante la fermentación. Este fenómeno reduce los riesgos de intolerancia y adicionalmente, el efecto acidificante del ácido láctico evita el uso de acidulantes artificiales. Las cuales tendrán menor contenido de lactosa, mayor concentración de aminoácidos libres, mejor digestibilidad de sus proteínas y reducido contenido alergénico (Conti *et al*, 2012) .

2.5Sales Minerales

El suero de leche contiene minerales entre los cuales tiene cantidades de potasio, en una proporción de 3 a 1 respecto al sodio, lo que favorece a la eliminación de líquidos y toxinas. También, se destaca por su elevado contenido de calcio, fósforo, magnesio y oligoelementos como el zinc, hierro y cobre; formando todos ellos sales de gran biodisponibilidad para el buen funcionamiento del organismo. El calcio es un elemento principal de los huesos. Es imprescindible para llevar a cabo muchas funciones del cuerpo, como funciones metabólicas, actividades enzimáticas, hormonales, en el transporte de oxígeno, la coagulación de la sangre, el funcionamiento de los nervios y músculos; para que junto con el fósforo cumplan estas distintas actividades en el organismo. El magnesio interviene en la correcta asimilación del calcio y además participa en el correcto funcionamiento del músculo cardíaco. El fósforo mejora la capacidad de concentración, la memoria y puede fortalecer el sistema nervioso. El zinc, el hierro y el cobre actúan de forma sinérgica como potentes antioxidantes, protegiendo las membranas celulares, mejorando el sistema inmunitario y favoreciendo el proceso digestivo (Sevilla, 2013) .

Los productos lácteos, como el queso y el yogurt son también fuentes ricas de calcio. La absorción de calcio al igual que la del fósforo se realiza en el duodeno; se relaciona con la absorción del fósforo y los otros minerales importantes constituyentes de los huesos. La vitamina D es esencial para la absorción adecuada del calcio y del fósforo. La función

principal del fósforo en el cuerpo es la de combinarse con el calcio para formar fosfato cálcico, que es el elemento esencial para constituir huesos y dientes. El hueso es la mayor reserva de calcio y fósforo en el cuerpo humano. El fósforo y el calcio se encuentran en igual proporción en el organismo, de tal manera que, la abundancia, ó, carencia de uno afecta a la absorción del otro. Más bien, el problema lo tenemos con el exceso que fósforo que se produce, esto va a dificultar la absorción del calcio, que en un futuro va a ser más difícil de conseguir. Existe cierta competencia entre la absorción de calcio y magnesio, así cuando disminuyen los aportes de calcio, aumenta la absorción de magnesio (Latham, 2002) .

El potasio es el tercer mineral más abundante en nuestro cuerpo, por detrás del calcio y el fósforo. Este mineral es responsable junto con el sodio de la regulación de los niveles de agua en el organismo, actuando como electrólito, ó, catión, lo que garantiza que la célula se mantenga hidratada para la producción de impulsos eléctricos en el sistema nervioso. El potasio, regula la presión celular y el balance de agua en el organismo y disminuye los efectos negativos del exceso de sodio. Está implicado en el funcionamiento del sistema nervioso, en la contracción muscular y el mantenimiento de los músculos; funciones similares a las del sodio. Por medio de estos procesos, el potasio y el sodio también colaboran en el mantenimiento de un nivel razonable de acidez en el medio interno. A diferencia, del sodio que está distribuido en todos los tejidos y fluidos corporales principalmente extracelulares, el potasio está distribuido a nivel intracelular. En el caso de una persona deportista el potasio se excreta a través del sudor, una señal de su carencia es tener los músculos rígidos, la carencia de sodio y potasio es uno de los factores importantes en la hipertensión arterial, por lo que es necesario mantener en equilibrio los niveles de estos iones en el organismo (Higuero, 2007) .

III HIPÓTESIS

Al elaborar distintos tipos de queso se generan diferencias significativas en la calidad biológica del lactosuero resultante

IV OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar tipos de sueros provenientes de quesos como el mozzarella, fresco, Port Salut de 15 días de maduración y semi maduro de 1 mes de maduración

4.2 Objetivos Específicos

1. Elaborar 4 tipos de quesos de 4 distintas producciones para obtener lactosuero: ácido en el caso del mozzarella y dulce en el caso del fresco, Port Salut y semi maduro
2. Determinar la cantidad de proteína, lactosa y sales minerales tales como el calcio, sodio, potasio y fósforo en cada tipo de suero
3. Seleccionar el tipo de suero que presente la mejor caracterización de los componentes nutricionales

V MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

Para la obtención de los distintos tipos de suero se elaboraron 4 tipos de queso (mozzarella, fresco, Port Salut y semi maduro) para los cuales se utilizaron 16 litros de leche, es decir, 4 litros para cada queso en cada repetición, utilizando 4 repeticiones con un total de 64 litros de leche. Entre los materiales que se requirieron está el termómetro que se utilizó para controlar la temperatura de pasteurización, ollas para el calentamiento de la leche, cuchara de palo para homogenizar la pasteurización y fermento mesófilo para el queso Port Salut, el fresco y semi maduro, mientras que para elaborar queso mozzarella un fermento termófilo.

El lactosuero resultante para los distintos análisis se obtuvo realizando diferentes tipos de queso entre ellos el mozzarella, el cual es un queso italiano del centro y sur de la península, elaborado con leche de vaca. Es un tipo de queso fresco de pasta hilada que no contiene corteza; contiene un total del 44 % como mínimo de grasa sobre el extracto seco. Otro queso que se elaboró fue el queso fresco; este tipo de queso contiene alto valor de humedad con consistencia en general pastosa, por lo que no ha sufrido proceso de maduración; tiene sabor a leche fresca o leche acidificada. Además, el queso fresco es un queso sin corteza. El tercer queso que se elaboró fue el Port Salut, el cual es un queso originario de la Normandía Francesa, donde monjes de la orden de Trapa, lo elaboraban en el siglo XIII. Es un queso semi maduro de pasta prensada, obtenido de leche de vaca con un contenido total del 45 al 50 % de grasa sobre el extracto seco. Su sabor es suave y aromático y la corteza es de color amarillo. El Port Salut y el Saint Paulin, son quesos de muy parecidas características. Finalmente, se elaboró queso semi maduro, el cual es un queso sometido a maduración desde unas semanas hasta varios meses, con lo que parte de la humedad desaparece durante la misma; tienen pasta dura y compacta (Cenzano, 1992) .

5.2 Métodos de Elaboración de Quesos en la Planta Piloto

En la planta piloto de la Universidad San Francisco de Quito, se elaboraron 4 tipos de quesos diferentes de los cuales se extrajo el suero y fue almacenado en una cámara de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cada muestra fue etiquetada colocando el nombre del queso proveniente, la fecha y el mes de elaboración. Fueron elaboradas 4 producciones de cada tipo de queso y cada producción se produjo en un mes diferente; las muestras fueron recolectadas desde Octubre hasta Enero del año 2013-2014.

Proceso de Elaboración del Queso Fresco

Para la producción de los 4 quesos frescos se requirieron de 16 litros de leche. La primera etapa fue la recepción de la materia prima, se prosiguió con la pasteurización que fue realizada a una temperatura de $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 15 segundos, una vez alcanzada esta temperatura se dejó enfriar a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$; temperatura adecuada para la adición de 3,2 mL de cloruro de calcio. Cuando alcanzó una temperatura alrededor de $33\text{ a }35\text{ }^{\circ}\text{C}$ fueron adicionados 0,5 g de un cultivo iniciador mesófilo con cepas de *Lactococcus lactis* subespecie *lactis* biovar, *dicetylactis* y *Leuconostoc mesenteroides* subespecie *mesenteroides* de los cultivos lácteos Danisco. En la ficha técnica se mostraron que los niveles permitidos para la producción de queso fresco son de 1,25 - 3,75 DCU ($1,6 \times 10^{10}$ células del inóculo) en 100 litros de una cuba de cuajo y se esperó de 30 a 45 minutos para que coagule. Posteriormente, se realizó la prueba de la cuajada, ó, prueba empírica de la cuchara, en donde fue colocada una cuchara sobre la superficie del queso y al ser puesta en contacto el momento en el que la cuchara salió limpia, significa que la leche cuajó y está

lista para ser cortada; el corte fue realizado con una lira que contenía separaciones de 1 a 2 cm para de esta forma controlar el tamaño del grano que debe ser como el tamaño de un capulí. Una vez separado se continúa con el desuerado, generalmente se desuera entre el 30 al 35 % del total de litros de partida. Este suero es el que se extrajo y se almacenó para las posteriores caracterizaciones. A continuación, se lavó el queso con una solución salina que contiene 64 g de sal en 3 litros de agua; se mezcló y se calentó a 72 °C la solución de sal para con la misma proseguir al lavado del queso. Luego se desueró por segunda vez y prosiguió a la etapa de moldeado, en la cual fueron adicionados 41,50 g de sal alcanzando una salinidad de entre 20 - 22 °Be. Después se prensó y en esta etapa se dejó por alrededor de 4 a 6 horas donde el queso tomó forma del molde en el que se colocó; los moldes fueron de acero inoxidable con tacos de madera. Para finalizar se desmoldó y finalmente se obtuvieron 4 quesos frescos de 200 g cada uno (Assenat, 1993) .

Proceso de Elaboración del Queso Mozzarella

Para la producción de los 4 quesos mozzarella se requirieron de 16 litros de leche. La primera etapa fue la recepción de la materia prima, se prosiguió controlando la acidez de 16 °D. Luego la leche fue pasteurizada a una temperatura de 70 °C por un tiempo de 15 segundos, una vez alcanzada esta temperatura se dejó enfriar a 40 °C; temperatura adecuada para la adición de 3,2 mL de cloruro de calcio y se removió por 12 minutos. Cuando alcanzó una temperatura alrededor de 50 a 55 °C fueron adicionados 0,5 g de un cultivo iniciador termófilo con cepas de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*; de los cultivos lácteos Danisco. En la ficha técnica se mostraron que los niveles permitidos para la producción de queso mozzarella es de 25 - 5 DCU ($1,6 \times 10^{10}$ células del inóculo) en 100 litros de una cuba de cuajo y se esperó de 30 a 45 minutos para que coagule. Posteriormente, se realizó la prueba de la cuajada, ó, prueba empírica de la cuchara, en donde fue colocada una cuchara sobre la superficie del queso y al ser puesta en

contacto el momento en el que la cuchara salió limpia, significa que la leche cuajó y está lista para ser cortada; se cortó con una lira de 1-2 cm con granos de tamaño de una nuez a una temperatura de 37 °C y se agitó durante 15 minutos elevando la temperatura hasta 44 °C. A continuación, fue escurrido el suero para lo que se esperó 15 minutos a que se desuere totalmente; se obtuvo un suero con 28 °D de acidez. Este suero es el que se extrajo y se almacenó para las posteriores caracterizaciones. Luego se prosiguió a la prueba del hilado; durante el hilado se necesitó una temperatura de 55 a 85 °C y un pH de 5,2 - 5,6. La temperatura del hilado se hizo a 72 °C. Posteriormente, se moldeó. Durante el hilado y moldeado se trabajó en una tina de doble camisa cuadrada, pero lo ideal sería trabajar con una paila cóncava que facilite este proceso. Para evitar que el suero siga saliendo del queso después del moldeado se colocó el queso en agua que fue pasteurizada y luego enfriada a 4 °C durante 30 minutos. Después, se extrajo el agua y se añadió sal; para el salado se utilizó una solución de 20 °Be, que son 0,5 kg de sal por cada litro de agua. El salado se realizó durante 45 minutos y la acidez final fue de 13 °D. A continuación, se desmolda y se envasa el producto final en fundas plásticas. Finalmente se obtuvieron 4 quesos mozzarella de 200 g cada uno (Ramírez, 2010) .

Proceso de Elaboración del Queso Semi Maduro

Para la producción de los 4 quesos semi maduros se requirieron de 16 litros de leche. La primera etapa fue la recepción de la materia prima, después se controló la acidez que debe estar de 15 °D, se prosiguió con la pasteurización que fue realizada a una temperatura de 70 °C por un tiempo de 15 segundos, una vez alcanzada está temperatura se dejó enfriar a 40 °C; temperatura adecuada para la adición de 3,2 mL de cloruro de calcio y se removió por 12 minutos. Cuando alcanzó una temperatura alrededor de 33 a 35 °C fueron adicionados 0,5 g de un cultivo iniciador mesófilo con cepas de *Lactococcus lactis* subespecie *lactis* biovar, *dicetylactis* y *Leuconostoc mesenteroides* subespecie

mesenteroides de los cultivos lácteos Danisco. En la ficha técnica se mostraron que los niveles permitidos para la producción de queso semi maduro son de 0,625 - 2,5 DCU ($1,6 \times 10^{10}$ células del inóculo) en 100 litros de una cuba de cuajo y se esperó de 30 a 45 minutos para que coagule. Posteriormente, se realizó la prueba de la cuajada, ó, prueba empírica de la cuchara, en donde fue colocada una cuchara sobre la superficie del queso y al ser puesta en contacto el momento en el que la cuchara salió limpia, significa que la leche cuajó y está lista para ser cortada; el corte fue realizado con una lira que contenía separaciones de 1cm para de está forma controlar el tamaño del grano que debe ser como el tamaño de un grano de maíz grande. Se dejó en reposo 10 minutos; pasado ese tiempo se agitó suavemente y se fue aumentando poco a poco la velocidad de agitación durante los 15 minutos siguientes, haciendo al final una pausa de 10 minutos, durante este tiempo se retiró el 50 % del suero y el suero restante se mezcló con 0,8 litros de agua. Esto se hizo con el fin de hacer un lavado en la cuajada y lograr un queso suave. Una vez desuerado, se inició la segunda agitación, evitando que se aglomeren los granos de la cuajada por 15 minutos, esta vez la agitación fue fuerte, después se desueró totalmente; este suero es el que se extrajo y se almacenó para las posteriores caracterizaciones. Se agregó 32 g de sal y en 1 litro 2 g de sorbato de potasio. La cuajada se pasó al molde, recubierto por un lienzo y se prensó suavemente dando volteos al queso cada hora durante cuatro horas; a medida que suceden los volteos, incrementa la presión de prensado y al último el prensado duró 10 horas. Pasado ese tiempo, los quesos entraron a maduración por 1 mes, durante este tiempo los quesos se encontraron a una temperatura de 11 °C en un lugar húmedo y sobre un anaquel; los quesos deben ser volteados todos los días y en el caso de aparecer moho se debe lavar con una solución salada, ó, frotarlos con aceite. Para finalizar se desmoldó y finalmente se obtuvieron 4 quesos semi maduros de 200 g cada uno (Pardo *et al*, 2003) .

Proceso de Elaboración del Queso Port Salut

Para la producción de los 4 quesos Port Salut se requirieron de 16 litros de leche. La primera etapa fue la recepción de la materia prima, se prosiguió con la adición de 2,56 litros de agua, después se controló la acidez a un valor menor a 13 °D y se realizó la pasteurización a una temperatura de 70 °C por un tiempo de 15 segundos, una vez alcanzada esta temperatura se dejó enfriar a 40 °C; temperatura adecuada para la adición de 3,2 mL de cloruro de calcio. Cuando alcanzó una temperatura alrededor de 33 a 35 °C fueron adicionados 0,5 g de un cultivo iniciador mesófilo con cepas de *Lactococcus lactis* subespecie *lactis* biovar, *dicetylactis* y *Leuconostoc mesenteroides* subespecie *mesenteroides* de los cultivos lácteos Danisco. En la ficha técnica se mostraron que los niveles permitidos para la producción de queso Port Salut son de 0,625 - 2,5 DCU ($1,6 \times 10^{10}$ células del inóculo) en 100 litros de una cuba de cuajo y se esperó de 20 a 30 minutos para que el coagule. La acidez del cuajo debe ser menor a 12 °D. Posteriormente, se realizó la prueba de la cuajada, ó, prueba empírica de la cuchara, en donde fue colocada una cuchara sobre la superficie del queso y al ser puesta en contacto el momento en el que la cuchara salió limpia, significa que la leche cuajó y está lista para ser cortada; se prosigue a la ruptura de la cuajada donde el corte fue realizado con una lira que contenía separaciones de 1 cm para de esta forma controlar el tamaño del grano que debe ser como el tamaño de un frijol chico. Una vez separado se continúa con el desuerado, en el suero la acidez fue de 10 °D; sólo fue eliminado el 50 % del suero producido y el otro 50 % de suero restante, se mezcló con 5,28 litros agua a 47 °C; la temperatura final del suero fue de 38 °C, ya que se produjo agitación por 20 a 30 minutos; este suero es el que se extrajo y se almacenó para las posteriores caracterizaciones. A continuación, se moldeó y en esta etapa se dejó por alrededor de 4 a 6 horas donde el queso tomó forma del molde en el que se colocó. Para finalizar se desmoldó y finalmente se obtuvieron 4 quesos Port Salut de 200 g cada uno (Assenat, 1993) .

5.3 Métodos de Laboratorio

I. Metodología de la determinación de nitrógeno en proteínas por el método Kjeldahl con ácido bórico

En un tubo de destilación se colocó 7,5 mL de suero, 12 mL de H₂SO₄ concentrado tomados con pipeta junto con dos pastillas catalizadoras y 1 antiespumante, ambas sin moler. Se llevó el tubo de digestión al digestor, hasta que la mezcla que es de color negro tome un color verde-azulado. Terminado el proceso de digestión, se dejó enfriar y se llevó al destilador, que fue ajustado con 50 mL de agua destilada y 50 mL de NaOH al 35 %. Aparte en un erlenmeyer de 250 mL, se colocó 25 mL de ácido bórico al 4 %, donde se recibió el destilado. El mismo que fue titulado con HCl 0.19N, adicionando 3 gotas de tashiro como indicador. Se detecta un cambio de color de verde a fucsia (AOAC 991.20, 1994).

II. Metodología de la determinación de los minerales Ca, Na, K por espectrofotometría de absorción atómica (AAS)

Se tamizó con papel filtro en distintos embudos cada una de las muestras de suero de leche. A continuación con una pipeta se extrajo 8 mL de muestra filtrada a los cuales se adicionó 2 mL de ácido tricloro acético (TCA). Se agitó y centrifugó para que de esta manera se consiga una separación. Una vez centrifugado se realizaron 2 diluciones en el caso de los minerales sodio y calcio, mientras que se realizaron 3 diluciones para el potasio, es decir se adicionó 9 mL de agua destilada y 1 mL de muestra por duplicado y triplicado en cada caso. Se ocupó estándares de cada mineral (Ca, Na, K) y cada estándar fue diluido en distintas concentraciones para hacer una curva de calibración. Para finalizar se leyeron las muestras en el lector de minerales del espectrofotómetro de absorción atómica una a una para conocer la cantidad de cada mineral que existe en cada tipo de suero. Entre los materiales utilizados para la caracterización de los minerales en el espectrofotómetro se usó un tanque de gas acetileno (Manual Buck Scientific, 2000).

III. Metodología de la determinación del mineral fósforo por colorimetría

Se mezcló 8 mL de suero de leche con 2 mL de ácido tricloro acético (TCA), posteriormente se agitó y centrifugó cada una de las muestras. Se extrajo 7 mL de la muestra centrifugada y se colocó 2 mL de solución de molibdato de amonio al 5 % y 1 mL de solución de cloruro de estano II al 5 %. Por otro lado, se realizó con el fosfato de sodio (Na_3PO_4) con una concentración de 200 mgP/L estándares de fósforo en 5 concentraciones distintas (7,5,3,1,0) mL. Luego se diluyó los estándares de manera que el estándar con 7 mL se le agrega 2 mL de la solución de molibdato de amonio y 1 mL de la solución de cloruro de estano II; al siguiente estándar se colocó 5 mL de fosfato de sodio más 2 mL de agua más 2 mL de solución de molibdato de amonio y 1 mL de solución de cloruro de estano II. Al estándar tercero se colocó 3 mL de fosfato de sodio más 4 mL de agua más 2 mL de solución de molibdato de amonio y 1 mL de solución de cloruro de estano II. Al cuarto estándar se colocó 1 mL de fosfato de sodio más 6 mL de agua destilada más 2 mL de solución de molibdato de amonio y 1 mL de solución de cloruro de estano II y finalmente se realizó un estándar sin fosfato de sodio con 7 mL de agua más 2 mL de solución de molibdato de amonio y 1 mL de solución de cloruro de estano II. En el siguiente procedimiento se requirió 1 mL de cada uno de los 5 estándares y por separado se agregó a cada mL, 9 mL de agua destilada realizando de esta manera tres diluciones. Se centrifugó y leyó la absorción con el colorímetro (Badley, 2012).

IV. Metodología de la determinación del porcentaje de lactosa por el método polarimétrico

Se preparó soluciones de nitrato de mercurio para la cual se disolvió mercurio en el doble de su peso de ácido nítrico y ácido fosfotúngstico (PTA) al 5 %. Posteriormente se pesó 65,8 g de cada muestra en un balón de 100 mL y se colocó 20 mL de la solución de nitrato de mercurio y se aforó con PTA al 5 %; A continuación, se agitó por 15 minutos hasta alcanzar un color morado. Para finalizar, se filtró cada muestra y fue colocada en el tubo del polarizador de 200 mm donde se procedió con la lectura (AOAC 991.20, 1994).

5.4 Métodos estadísticos

Los tratamientos utilizados en la presente investigación fueron los 4 tipos de suero obtenidos del queso fresco, mozzarella, Port Salut y semi maduro. Se elaboró 4 producciones de cada queso para cada tipo de variable de respuesta como son la cantidad de proteína, lactosa y minerales más significativos como el calcio, sodio, potasio y fósforo.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con un total de 4 tratamientos con 4 repeticiones y 6 variables de respuesta. Además, se estimaron los parámetros estadísticos como la desviación estándar de las medias (S_y), la desviación estándar de la diferencia de medias (S_d), el coeficiente de variación (CV) y se valoró la diferencia entre medias de tratamiento utilizando la prueba de Tukey cuya fórmula es:

$$T = Q_p (\alpha \cdot \rho \cdot v) \cdot S_y$$

Donde,

Q_p es el valor tabular, en base a:

α = nivel de significación

ρ = número de medias de tratamientos

v = grados de libertad del error experimental (Sánchez- Otero, 2010)

VI RESULTADOS

Tabla 3.- Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de Proteína expresado en (g/100g) con un nivel de significación del 5%

Fuentes de Variación	g.l.	SC	CM	Fcal.	Fesp.
Total	15	0,81	-----		
Bloques	3	0,005	0,002	0,66 ^{ns}	3,86
Tratamientos	3	0,78	0,26	86,66*	3,86
Error Experimental	9	0,025	0,003		

CV=1,3%

S \bar{y} = 0,027

En la tabla 4 se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, más no entre bloques. El coeficiente de variación (CV) fue de 1,13% y la desviación estandar de las medias (S \bar{y}) de 0,027.

Tabla 3a.- Rangos de significación de la prueba de Tukey para proteína

Tratamiento	queso Semi maduro	queso Port Salut	queso Fresco	queso Mozzarella
Medias	0,77	0,90	1,24	1,29
	c	b	a	a

T=0,104

La prueba de Tukey mostró tres rangos de significación siendo el suero de queso mozzarella el que presentó mayor porcentaje de proteína seguido del fresco que es igual estadísticamente.

Tabla 4.- Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de Calcio expresado en (mg/L) con un nivel de significación del 5%

Fuentes de Variación	g.l.	SC	CM	Fcal.	Fesp.
Total	15	1860,64	-----		
Bloques	3	8,24	2,75	1,59 ^{ns}	3,86
Tratamientos	3	1836,84	612,28	353,92*	3,86
Error Experimental	9	15,56	1,73		

CV= 0,87%

S \bar{y} = 0,66

En la tabla 5 se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, más no entre bloques. El coeficiente de variación (CV) fue de 0,87% y la desviación estandar de las medias (S \bar{y}) de 0,66.

Tabla 4a.- Rangos de significación de la prueba de Tukey para calcio

Tratamiento	Queso Port Salut	queso Semi maduro	queso Fresco	queso Mozzarella
Medias	23,62	34,28	39,73	53,36
	d	c	b	a

T=2,98

La prueba de Tukey mostró cuatro rangos de significación siendo el suero de queso mozzarella el que presentó mayor porcentaje de calcio y fue diferente significativamente al resto de los sueros.

Tabla 5.- Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de Sodio expresado en (mg/L) con un nivel de significación del 5%

Fuentes de Variación	g.l.	SC	CM	Fcal.	Fesp.
Total	15	272,90	-----		
Bloques	3	10,16	3,39	1,84 ^{ns}	3,86
Tratamientos	3	246,17	82,06	44,60*	3,86
Error Experimental	9	16,57	1,84		

CV= 1,22%

S \ddot{y} = 0,68

En la tabla 6 se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, más no entre bloques. El coeficiente de variación (CV) fue de 1,22% y la desviación estandar de las medias (S \ddot{y}) de 0,68.

Tabla 5a.- Rangos de significación de la prueba de Tukey para sodio

Tratamiento	queso Mozzarella	queso Port Salut	queso Fresco	queso Semi maduro
Medias	23,59	25,46	28,31	33,98
	d	c	b	a

T= 2,99

La prueba de Tukey mostró cuatro rangos de significación siendo el suero de queso semi-maduro el que presentó mayor porcentaje de sodio y fue distinto significativamente al resto de los sueros.

Tabla 6.- Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de Potasio expresado en (mg/L) con un nivel de significación del 5%

Fuentes de Variación	g.l.	SC	CM	Fcal.	Fesp.
Total	15	4569,61	-----		
Bloques	3	14,37	4,79	0,44 ^{ns}	3,86
Tratamientos	3	4457,84	1485,94	137,33*	3,86
Error Experimental	9	97,4	10,82		

CV= 0,60%

S \ddot{y} = 1,64

En la tabla 7 se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, más no entre bloques. El coeficiente de variación (CV) fue de 0,60% y la desviación estandar de las medias (S \ddot{y}) de 1,64.

Tabla 6a.- Rangos de significación de la prueba de Tukey para potasio

Tratamiento	queso Port Salut	queso Semi maduro	queso Mozzarella	queso Fresco
Medias	109,31	142,87	148,03	150,94
	c	b	a	a

T= 7,26

La prueba de Tukey mostró tres rangos de significación siendo el suero de queso fresco el que presentó mayor porcentaje de potasio pero es igual estadísticamente al mozzarella.

Tabla 7.- Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de Fósforo expresado en (mg/L) con un nivel de significación del 5%

Fuentes de Variación	g.l.	SC	CM	Fcal.	Fesp.
Total	15	912,91	-----		
Bloques	3	1,52	0,51	1,16 ^{ns}	3,86
Tratamientos	3	907,40	302,46	687,41*	3,86
Error Experimental	9	3,99	0,44		

CV= 0,83%

S \ddot{y} = 0,33

En la tabla 8 se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, más no entre bloques. El coeficiente de variación (CV) fue de 0,83% y la desviación estandar de las medias (S \ddot{y}) de 0,33.

Tabla 7a.- Rangos de significación de la prueba de Tukey para fósforo

Tratamiento	queso Semi maduro	queso Fresco	queso Port Salut	queso Mozzarella
Medias	7,42	21,67	22,67	27,65
	d	c	b	a

T=1,47

La prueba de Tukey mostró cuatro rangos de significación siendo el suero de queso mozzarella el que presentó mayor porcentaje de fósforo y fue diferente significativamente al resto de los sueros.

Tabla 8.- Análisis de Varianza (ANOVA) del contenido de Lactosa expresada en (g/100g) con un nivel de significación del 5%

Fuentes de Variación	g.l.	SC	CM	Fcal.	Fesp.
Total	15	5,67	-----		
Bloques	3	0,05	0,02	0,8 ^{ns}	3,86
Tratamientos	3	5,39	1,79	71,6 [*]	3,86
Error Experimental	9	0,23	0,025		

CV= 1,1 %

S \bar{y} = 0,04

En la tabla 9 se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, más no entre bloques. El coeficiente de variación (CV) fue de 1,1% y la desviación estandar de las medias ($S\bar{y}$) de 0,04.

Tabla 8a.- Rangos de significación de la prueba de Tukey para lactosa

Tratamiento	queso Mozzarella	queso Semi maduro	queso Port Salut	queso Fresco
Medias	2,72	3,47	3,87	4,3
	d	c	b	a

T=0,17

La prueba de Tukey mostró cuatro rangos de significación siendo el suero de queso fresco el que presentó mayor porcentaje de lactosa y fue distinto significativamente al resto de los sueros.

VII DISCUSIÓN

En cuanto al contenido de proteína, tanto en el suero dulce (fresco, semi maduro y Port Salut) como en el suero ácido (mozzarella), los tratamientos tienen un promedio de 1,05 g/100g, siendo la mayor diferencia entre los valores de 0,47 g/100g y una diferencia de 0,05 g/100g entre el suero ácido y dulce; La prueba de Tukey mostró tres rangos de significación en los cuales tanto el suero de queso mozzarella (1,29 %) como el de queso fresco (1,24 %) son iguales estadísticamente y contienen el mayor contenido de proteína con relación al resto de sueros; Madrid (1999b) indica que los valores de proteína difieren alrededor del 0,8 - 1 %. Sin embargo, el único suero de queso reportado dentro de estos valores en el estudio realizado es el Port Salut con un porcentaje de 0,90 % de proteína. El resto de sueros: mozzarella (1,29 %), fresco (1,24 %) y semi maduro (0,77 %) exceden, ó, se encuentran bajo el rango. Así también, Wayne (1994) en la elaboración de una bebida con suero de leche de queso fresco, presenta que el contenido de proteína es de 1 %, valor similar al obtenido por este estudio que presenta 1,24 %. A diferencia del suero de queso fresco y mozzarella, el suero de queso semi maduro tiene el menor contenido de proteína; el porcentaje de proteína promedio para un suero de queso semi maduro según estudios para la elaboración de una bebida fermentada a base de suero fue de 0,74 % (Arazo *et al*, 2010), siendo este un resultado similar al que se obtuvo en el presente estudio con 0,77 % de proteína. Según las características físico-químicas de diferentes sueros dulces de queso de leche de vaca, realizadas en un estudio por Rodríguez *et al* (2011), la media del porcentaje de proteína fue de 0,70 %, siendo un resultado similar al obtenido en la investigación realizada en el cual se obtuvo en cuanto a proteína de sueros dulces una media de 0,97 %. El análisis de varianza (ANOVA) del contenido de proteína con un nivel de significación del 5 % muestra que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, más no entre repeticiones.

En la elaboración de una bebida con suero de leche de queso fresco, Wayne (1994) presenta que la cantidad de calcio en el suero utilizado para la bebida fue de 0,42 %, valor cercano al obtenido en suero de queso fresco en este estudio de 0,39 %. En un estudio realizado por Constantine *et al* (2006), se menciona que en cuanto a los minerales desechados junto con el suero en la elaboración de quesos, la cantidad de calcio varía entre 1,4 a 58,5 mg/L. Se demostró que el mayor contenido de calcio está presente en suero de queso mozzarella (53,36 mg/L) y el menor contenido en Port Salut (23,62 mg/L), lo que indicó que todos los sueros se encuentran dentro del rango. Según Callejas *et al* (2012), es muy importante el sistema de coagulación; si se coagula con cuajo se obtiene un suero dulce que contiene menor contenido de calcio; mientras que, por acidificación, se obtiene un suero ácido con mayor cantidad de calcio (Madrid, 1999a). Los resultados del estudio realizado indican que el queso mozzarella (ácido) contiene el mayor contenido de calcio (53,36 mg/L) y el resto de quesos (dulces) un promedio de 32,54 mg/L; el queso mozzarella presentó 20,88 mg/L más de calcio que el resto de quesos dulces. La prueba de Tukey mostró 4 rangos de significación, siendo diferentes significativamente uno respecto al otro. Por otro lado, Faría *et al* (2002), reporta resultados en cuanto al contenido mineral en sueros ácidos e indica que para el suero la elevada acidificación de la leche se debe, ya sea por maduración con cultivos específicos, ó, por adición de ácidos; estos factores ejercen un efecto buffer con la presencia de grupos fosfatos; por esta razón, en el suero del queso mozzarella fue encontrado el mayor nivel de calcio, ya que la acidificación de la leche causa una desorganización de la micela de caseína, provocando un desplazamiento progresivo del calcio hacia el lactosuero. Es importante mencionar que el momento en el que se elaboraron los distintos quesos en todos los casos se adicionaron 3,2 mL de cloruro de calcio como estabilizante; esta adición se realizó cuando la leche estuvo a 40 °C, antes de colocar el cuajo. El estabilizante fue incorporado por motivo de querer asimilar el proceso de elaboración de los quesos hechos en la universidad con el proceso que se realiza normalmente en la industria quesera.

En un estudio realizado por Constantine *et al* (2006), se menciona que en cuanto a los minerales desechados junto con el suero en la elaboración de quesos, la cantidad de sodio varía de 263 a 1,265 mg/L; estos resultados concuerdan con los obtenidos, ya que tanto el suero de mayor contenido en queso semi maduro (33,98 mg/L), como el de menor en queso mozzarella (23,59 mg/L) están dentro del rango propuesto y concuerdan con los obtenidos por Faría, *et al* (2002). Los resultados del presente estudio indican que el promedio entre los 4 distintos sueros provenientes de distintos tipo de queso es de 27,83 mg/L, siendo la mayor diferencia entre los valores de 10,39 mg/L. Al comparar el contenido de sodio mostrado en el estudio por Wayne (1994) en la bebida a base de suero de leche de queso fresco, con el del presente estudio, se demostró que tienen valores similares, ya que el porcentaje de sodio fue de 0,36 %, mientras que el contenido de sodio en el suero fresco de este estudio fue de 0,28 %. Para sodio, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, más no entre producciones. La prueba de Tukey mostró cuatro rangos de significación, siendo el suero de queso semi maduro (33,98 mg/L) el que presentó mayor contenido del mineral y fue diferente significativamente al resto.

El contenido de potasio en el presente estudio, difiere a los resultados del estudio realizado por Wayne (1994), ya que este autor reporta un contenido de 0,07 % de potasio en el suero de queso fresco, a diferencia de los resultados de este estudio, los cuales mostraron que el queso fresco contiene 1,5 % de potasio. En otro estudio realizado por Constantine *et al* (2006), se menciona que la cantidad de potasio varía en un rango de 8,6 a 155,5 mg/L; en cuanto a los resultados obtenidos en esta investigación, todos los sueros caracterizados se encontraron dentro de este rango. Existen diferencias significativas con un nivel del 5% entre tratamientos, más no se encuentran diferencias entre bloques. Tanto queso fresco como mozzarella evidenciaron la misma cantidad del mineral, mostrando el mismo rango de significación según la prueba de Tukey, en la cual, se mostraron 3 rangos de significación. Se reportó que la mayor cantidad de potasio está presente en el suero de queso fresco (150,94 mg/L), al igual que en el del queso mozzarella (148,03 mg/L), seguido del suero proveniente del queso semi maduro (142,87 mg/L) y el menor contenido de potasio en el suero del queso Port Salut (109,31 mg/L). El suero del queso Port Salut contiene 40 % menos de potasio que el resto de sueros analizados. Fresno *et al* (1996)

indica que esto se debe a la forma de elaboración de los distintos tipos de queso; factores como el tratamiento térmico, la coagulación hasta el proceso de maduración, incluyendo etapas tan importantes como el prensado, desuerado y salado, influyen en la cantidad de suero y de componentes que el mismo contiene.

El mayor contenido de fósforo está presente en suero de queso mozzarella con 27,65 mg/L y tiene valores muy cercanos en relación al resto de sueros analizados, con excepción del contenido de suero de queso semi maduro que tiene 3 veces menos fósforo, con un valor de 7,42 mg/L, a diferencia del resto de quesos elaborados que tienen un promedio de 24 mg/L del mismo mineral. Existe una diferencia de 17 mg/L entre el promedio de todos los quesos con el suero de queso semi maduro. Durante la elaboración de los quesos, para la obtención de diferentes sueros, el queso semi maduro demoró más tiempo en el desuerado, además de que fueron incorporados en 10 litros de leche inicial 2,4 litros de agua el momento en el que se desueró, razones por las cuales se mostró menor contenido de fósforo. En la prueba de Tukey se mostraron 4 rangos de significación, siendo el suero de queso mozzarella (27,65 mg/L) el que presentó mayor cantidad de fósforo y mostró ser significativamente diferente a los demás tipos de sueros. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y entre el contenido de fósforo en el suero de queso semi maduro con respecto al resto de sueros, más no hubo diferencia entre producciones. Faría *et al* (2002) comprueba que el suero del queso mozzarella contiene mayor cantidad del mineral, ya que menciona que en el suero ácido se encuentra la mayor cantidad de fósforo; esto se debe a la acidificación de la leche que causa una desorganización de la micela de caseína provocando un desplazamiento progresivo del fósforo hacia el lactosuero. Wayne (1994) muestra en un estudio sobre una bebida de suero de queso fresco que el contenido de fósforo fue de 0,32 %, valor cercano al de la caracterización del presente estudio que fue 0,21 %. Resultados que son comparados también con el estudio de Constantine *et al* (2006) que indica que la cantidad de fósforo en el suero varía de 6 a 35 mg/L por lo que, los resultados del presente estudio se encuentran dentro del rango.

Alvarado; Guerra (2010) muestra resultados con respecto al contenido de lactosa en los sueros ácidos, indicando que la lactosa es menor 2 unidades porcentuales (ud) en sueros ácidos, con respecto a los sueros dulces. En el presente estudio, el suero del queso fresco presentó (4,3 %), seguido del Port Salut (3,87 %) y del semi maduro (3,47 %) lo que demostró que los sueros dulces contienen mayor cantidad de lactosa con respecto al suero ácido de queso mozzarella (2,72 %). El mismo autor indica que, en todos los tipos de suero, la lactosa constituye la mayor parte de los sólidos (70-75 %), sin embargo, el resto de los sólidos son fuente de proteína, grasa, vitaminas y minerales. Callejas *et al* (2012) menciona que en el suero ácido, la lactosa se ha transformado en ácido láctico, por lo que contiene los menores contenidos de lactosa, con respecto a los de sueros dulces. Según las características físico-químicas de diferentes sueros dulces de queso de leche de vaca realizadas en un estudio por Rodríguez *et al* (2011), la media del porcentaje de lactosa fue de 4,68 %, siendo un resultado similar a los obtenidos en la investigación que tuvo un promedio de 3,88 %. En la elaboración de una bebida a base de suero de leche de queso fresco, Wayne (1994), observó que los niveles de lactosa en este estudio fueron de 4,40 % y el resultado obtenido en esta investigación para queso fresco tiene un valor similar de 4,3 %. También Sevilla (2013) menciona que el lactosuero contiene entre 2,50 a 5,14 g de lactosa; rango que cumple con los valores caracterizados en este estudio. El análisis de varianza (ANOVA) del contenido de lactosa con un nivel de significación del 5 % muestra que se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, más no entre repeticiones y el suero de queso fresco fue diferente significativamente al resto.

Fresno *et al* (1996) indica que el valor nutritivo tanto de quesos como de sueros está determinado por la composición de la leche de partida, siendo el principal factor de variación la alimentación de los animales. De los resultados obtenidos en el presente estudio, se compararon los contenidos de minerales más significativos del lactosuero con los minerales más significativos de su materia prima la leche. En todos los casos se consideró la mayor cantidad del mineral presente en cada tipo de suero caracterizado. Se mostró que el rango de contenido de calcio en la leche es de 1200-1400 mg/L a diferencia del contenido de calcio en el suero de queso mozzarella que registró 53,36 mg/L del

mineral; es decir la cantidad de calcio en el suero es 25 veces menor a la cantidad de calcio en la leche. La leche contiene entre 450-700 mg/L de sodio, a diferencia del suero del queso semi maduro con 33,98 mg/L; es decir la cantidad de sodio en el suero es 14 veces menor con respecto a la cantidad del mismo mineral en la leche. El contenido de fósforo en la leche está en un rango de 780-1000 mg/L. Los resultados de esta investigación muestran que el lactosuero proveniente del suero de queso mozzarella contiene la mayor cantidad de fósforo con un valor de 27,65 mg/L; es decir la cantidad de fósforo en el suero es 30 veces menor a la cantidad de fósforo en su materia prima. Estos datos muestran que el contenido de los minerales caracterizados, aún siendo los más considerables, comparándolos con su materia prima contienen menos de la cuarta parte, lo que representa menos del 25% del contenido inicial.

Al interpretar las variables por tratamientos. El suero de queso mozzarella mostró mayor cantidad de proteína (1,29 %), calcio (53,36 mg/L) y fósforo (22,67 mg/L) y potasio (148,04 mg/L). El suero de queso fresco de lactosa (4,3 %), potasio (150,94 mg/L) y proteína (1,24 mg/L); el suero de queso semi maduro de sodio (33,98 mg/L). El suero de queso Port Salut no presenta mejores contenidos, sin embargo presentó los segundos mejores contenidos de fósforo (22,67 mg/L) y lactosa (3,87 %) esto se debe a que a este tipo de queso durante el procesamiento se le adicionó agua antes de la pasteurización, por lo que se encuentra diluido. En cuanto a menores contenidos el suero de queso mozzarella contiene bajas cantidades de lactosa (2,72 %) y sodio (23,59 mg/L) con respecto a los otros sueros. El suero de queso Port Salut registró los más bajos contenidos de potasio (109,31 mg/L) y calcio (23,62 mg/L) con relación al resto de sueros. El suero de queso semi maduro contiene las menores cantidades de fósforo (7,42 mg/L) y proteína (0,77 %) comparándolo con los otros sueros caracterizados; sin embargo, el suero de queso fresco no contiene las menores cantidades de ningún componente. En las tablas de resultados se demostró que es el segundo mejor en cuanto a contenido de calcio (39,73 mg/L), sodio (28,31 mg/L) y proteína (1,24 %) y tercero mejor en contenido del mineral fósforo (21,67 mg/L) .

Londoño (2008) indica que el mayor contenido de minerales en el suero de queso es de potasio, seguido de calcio, fósforo y sodio. Sin embargo, al comparar con los resultados de este estudio, que presenta mayor contenido de potasio con 150,94 mg/L y 148,03 mg/L en queso fresco y mozzarella respectivamente; 53,36 mg/L de calcio en mozzarella, seguido de 33,98 mg/L de sodio en semi maduro, por último fósforo con 27,65 mg/L en mozzarella y los resultados del estudio de Sevilla (2003) que al igual que el presente estudio mostró una mayor cantidad de potasio con 161 mg/L, seguido de calcio con 47 mg/L después de sodio con 54 mg/L y finalmente de fósforo con 46 mg/L. Por lo tanto, este estudio y el de Sevilla (2003) concuerdan, mientras que, Londoño (2008) tiene otros resultados que sólo difieren al representar mayores contenidos de fósforo que de sodio; lo que indicó que el fósforo y sodio tienen contenidos similares y sus valores de caracterización son cercanos. Según Faría, *et al* (2002) tanto el suero de queso semi maduro como de Port Salut presentaron los más bajos contenidos de minerales, el mismo autor muestra que esto se debe al mayor grado de manipulación de los quesos semi maduros (Port Salut y semi maduro) en comparación con los frescos (mozzarella y fresco). Además de que al momento de la elaboración del queso, en el caso del queso Port Salut se adicionaron en 10 litros de leche, 1,6 L de agua antes de la pasteurización y luego se adicionó otros 3,3 L de agua cuando se extrajo el suero, ya que sólo se sacó 50 % de suero y el suero restante se mezcló con agua, mientras que en el queso semi maduro se adicionó en 10 litros de leche, 0,5 L de agua después de la pasteurización para lavar la cuajada.

VIII CONCLUSIONES

Los suero con mayor contenido de proteína fueron el suero proveniente del queso mozzarella (1,29 %) y fresco (1,24 %), ya que evidenciaron similitud estadística, mientras que el lactosuero de queso semi maduro contiene el menor porcentaje con 0,77 % de proteína.

En relación a los minerales analizados el suero con mayor cantidad de calcio fue el de queso mozzarella (53,36 mg/L), a diferencia del suero de queso Port Salut que contiene el menor contenido (23,62 mg/L).

El suero de queso semi maduro (33,98 mg/L) fue el de mejor contenido de sodio, mientras que el suero de queso mozzarella contiene el menor contenido con 23,59 mg/L.

Con respecto al contenido de potasio, tanto el queso fresco (150,94 mg/L) como el queso mozzarella (148,03 mg/L) evidenciaron el mismo rango de significación. Por otro lado, el menor contenido presenta el suero de queso Port Salut con 109,31 mg/L.

El suero de queso mozzarella (27,65 mg/L) fue el de mayor contenido de fósforo y el menor contenido proviene del queso semi maduro con 7,42 mg/L.

El suero con mayor contenido de lactosa fue el suero de queso fresco con un porcentaje de 4,3 % y el menor porcentaje está presente en suero de queso mozzarella con 2,72 %.

Al realizar los quesos de esta investigación, se agregaron en todos los casos 3,2 mL de cloruro de calcio, siendo un factor que debe considerarse al momento de interpretar los resultados en cuanto al contenido de calcio.

En relación a las cuatro distintas producciones realizadas para obtener el suero de cada queso para la ejecución de este estudio, pese a que se realizaron cuatro diferentes producciones en distintos tiempos, no hubo diferencias significativas entre las mismas.

Tanto el queso mozzarella como el fresco, son los dos tipos de queso de los cuales se extrajo el suero con más alto contenido de los componentes caracterizados.

Las variables con las que se comprobaron mejores resultados fueron proteína, lactosa, calcio y potasio.

IX RECOMENDACIONES

Además de las caracterizaciones realizadas, sería importante incorporar en futuras investigaciones la caracterización de los diferentes tipos de proteínas presentes en los distintos sueros de leche.

Debido a la capacidad contaminante de la materia orgánica del lactosuero que se produce mediante procesos biológicos aerobios y por el elevado valor nutritivo de sus componentes, es necesario aprovechar tanto a nivel industrial como tecnológico el suero de leche; de esta forma, se incentiva a las industrias a hacer uso del subproducto, evitando que sea vertido al seno de cursos acuíferos donde resulta un medio de contaminación para el medio ambiente.

Los resultados indican que por el contenido proteico, de lactosa y sales minerales del suero de leche, es imprescindible darle un uso en aplicaciones alimenticias; por lo tanto, se debe aprovechar este subproducto de la industria quesera.

El suero lácteo proporciona una interesante posibilidad comercial en la fabricación de productos alimenticios. Las posibilidades tecnológicas para el aprovechamiento del suero líquido y en polvo como materia prima son muy amplias. El suero de leche se puede aplicar en diversas industrias. En la industria de bebidas es considerado como fuente para la elaboración de bebidas proteicas en forma de concentrado ó aislado; Otra aplicación se da en la industria láctea para elaborar helados, yogures, productos untables y de bajas calorías; en cuanto a la industria cárnica en carnes procesadas y embutidos; también en productos de panificación como en pasteles, galletas y barras nutritivas; en la industria de la confitería para chocolates, coberturas y caramelos; por su alto contenido de lactosa es utilizado para alimentos dietéticos, dulces y productos farmacéuticos.

X REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alais, Ch. (2003). *Ciencia de la leche Principios de la Técnica Lechera*. Barcelona, España: Reverte S.A, Recuperado de <http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bW_ULacGBZMC&oi=fnd&pg=PR5&dq=lactosa+del+suero+de+leche&ots=QLpb_5hx&sig=Abs0Ejy8tLMXYKf81X8adgsolSw#v=onepage&q&f=false>

Alvarado, C.C, Guerra, M. (2010). *Lactosuero como Fuente de Péptidos Bioactivos*. Anales Venezolanos de Nutrición. Volumen 23 (1): 42-49

AOAC Official Method 991.20. (1994). *Metodología de la determinación de nitrógeno en proteínas por el método K.jeldahl con ácido bórico*. Nitrogen (total)in milk. IDF-ISO-AOAC Method

AOAC Official Method 896.01. (1896). *Metodología de la determinación del porcentaje de lactosa*. Lactose in milk Polarimetric Method.

Arazo, M, Casales, Y, Duarte, C, Hernández, A. (2010). *Evaluación de Estabilizadores para la Elaboración de una Bebida Fermentada de Suero*. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Volumen 20. Número 3 Recuperado de <<http://revistas.mes.edu.cu/greenstone/collect/repo/import/repo/20120830/08644497200303.pdf>>

Assenat, P. (1993). *Leche y productos lácteos Vaca-Oveja-Cabra*. ACRIBIA S.A, Zaragoza, España

Badley, L.R. (2012). *Metodología de la determinación del mineral fósforo por colorimetría*. Spectronic 20D+ thermo electron Corporation filtre 340-950nm. AOAC INTERNATIONAL Dairy Products. Chapter 33. Volume 2. 19thEdition

Bon Rosas, F. (2005). *Desarrollo de un Proceso de Factores Combinados. Conservación de suero de leche*. Programa de Investigación de Alimentos. Departamento de Bioquímica. Recuperado de <<http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista1/Articulo%204.pdf>>

Boumba, A, Rodríguez, T. (2011). *Utilización del Suero de Queso en Helado*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Volumen 21, Número 3. Cuba, La Habana

Callejas, H.J, Prieto, G.F, Reyes, C.V, Marmolejo, S.Y, Méndez, M.A. (2012). *Caracterización Fisicoquímica de un Lactosuero: Potencialidad de Recuperación de fósforo*. Universidad de Guanajuato. Volumen 22. Número 1

Camacho, M.J; Cercado, Q.B, Hernandez, M.J, Hernandez, N.R. (1996). *Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de una Planta Procesadora de Leche Deslactosada*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. Grupo industrial lechero S.A

Camejo, J, Rodríguez, T, García A, Bencomo, E, Boumba, A.M, Seivanes, A, Fernández, A. (2006). *Producto Untable Enriquecido con Proteínas*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Volumen 16. Número 3. Recuperado de <<http://revistas.mes.edu.cu/greenstone/collect/repo/import/repo/20090319-u/08644497163049.pdf>>

Carrillo, J.L. (2002). *Tratamiento y reutilización del suero de leche*. Tratamiento y recuperación. Mundo lácteo y cárnico. Recuperado de <http://www.lactodata.com/lactodata/docs/lib/jose_luis_carrillo_tratamiento_reutilizacion_2002.pdf>

Cenzano, I. (1992). *Los Quesos: Clasificación de los Quesos de Francia e Italia*. Capítulo 2, 4,5. AMV Ediciones. Mundi-Prensa

Constantine, Y, Howard H.L, Lawrence, K, Wang Y.H. (2006). *Tratamiento de los Residuos de la Industria del Procesado de Alimentos*. Capítulo 1. Departamento de Tecnología de los Alimentos, Universidad de Lérida. Zaragoza, España: Acribia S.A.

Conti, P.J, Ceriani, M.J, A. Marcela, Esteban, N.E. (2012). *Perfil Proteico y Peptídico de una Base Fluida para Bebidas Funcionales obtenida por Fermentación de Lactosuero*. Información Tecnológica. Volumen 23. Número 2. Buenos Aires, Argentina

Cunningham, I.A. (2000). *Opciones para darle Valor Agregado al Lactosuero*. Verificado por la OEA, México. Recuperado de <http://www.science.oas.org/oea_gtz/LIBROS/QUESO/Queso_all.pdf>

CAA. Código Alimentario Argentino. (1969). Legislación Alimentaria <<http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/marco/CAA/ModificacionesCAA.htm>>

Chamorro, M.C, Losada, M. (2002). *El Análisis Sensorial de los Quesos*. Tecnología de Alimentos. Primera edición AMV ediciones. Mundi-prensa

Etzel, R.M. (2004). *Manufacture and Use of Dairy Protein Fractions. Nutritional Attributes of Dairy Proteins*. The American Society for Nutritional Sciences JN the Journal of Nutrition. Recuperado de <<http://jn.nutrition.org/content/134/4/996S.long>>

FAO. (1985). *Manual Correspondiente a la Elaboración de Quesos*. Food Agricultural Organization Recuperado de <<http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/133/1/SEGUNDA%20PARTE.pdf>>

Faría, J.F, Coromoto, G.U, Aleida, H.A. (2002). *Efecto de la Tecnología Quesera sobre la Composición del Suero Lácteo. El Saludable Suero de Leche de Vaca*. UDICTA: Unidad de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Departamento de Estadística. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Volumen 2. Número 2. Caracas, Venezuela

Franchi, M.O. (2010). *Quesos Maitenes de Ocea. Suero de Leche, Propiedades y Usos*. Innovación en la Industria Láctea. Recuperado de <<http://es.scribd.com/doc/47261459/Suero-de-leche-propiedades-y-usos>>

Fresno, J.M, Tornadijo, M.E, Carballo, J, González, P. (1996). *Characterization and Biochemical Changes during the Ripening of a Spanish Craft Goats Milk Cheese*. Food Chemical, 55: 225-230

Garibay, G.M, Revah, M.S, Gomez R.L. (2004). *Biotecnología Alimentaria*. Productos Lácteos. Lactosa. Capítulo 6. México D.F, México: Limusa Noriega Editores

Garnache M, Dania, M.H, Aldo, T.Y. (2007). *Evaluación de Cultivos con Características Probióticas para Elaborar una Bebida de Suero Fermentado*. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Volumen 17. Número 3

Hawkins, M.H, Esbry, M.E, Villarroel, S.S, Casner P.O. (2009). *Elaboración de Queso Ricota a partir de Concentrado Proteico de Suero (CPS)*. ICYTAL: Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Austral de Chile. Agro Sur 37

Higuero, J.F. (2007). *El fósforo I: Funciones Principales*. Recuperado de <<http://www.fuerzaycontrol.com/nutricion/nutrientes/minerales-nutrientes-nutricion/el-fosforo-i-funcionesprincipales/>>

Hotchkiss, H.J, Potter, N.N. (1995). *Ciencia de los Alimentos*. Capítulo 13. España, Zaragoza: Acribia, S.A.

Huginin, G.A. (1999). *El Lactosuero. Aplicaciones de Productos de Lactosuero en Estados Unidos y Posibles Aplicaciones en México y otros Países Latinoamericanos*. Procesos al día. Industria Alimentaria. Publicado en EBSCO

Jonson, B. (2000). *Productos de suero de leche de Estados Unidos en botanas y aderezos*. Monografía de aplicaciones botanas y aderezos. U.S Dairy export council. Managed by Dairy Management. FS&T consultoría, Oklahoma, Estados Unidos Recuperado de <www.usdec.org>

Latham, C.M. (2002). *Minerales. Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. Departamento de Agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Colección FAO: Alimentación y Nutrición N° 29. Capítulo 10, Italia, Roma Recuperado de <<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0e.htm>>

Lobato-Calleros, C, Lobato-Calleros I, Vernon-Carter E.J. (2009). *Texture and Microstructure of Low-fat and Low Cholesterol Panela type Cheeses: Different Methodologies*. Ingeniería Agrícola y Biosistemas. Departamento de Preparatoria Agrícola y Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, México

Londoño, M.M, Sepúlveda, J.U, Hernández, A, Suescún, J.E. (2008). *Utilización del Suero de Queso Fresco en la Elaboración de Bebida Fermentada con Cultivos Probióticos*. Ebsco, Colombia Recuperado de <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S030428472008000100017&script=sci_arttext>

López, A. (2008). *Manual de industrias lácteas*. Recuperado de <<http://conecta.rural.org/sitio/sites/default/files/documentos/TESIS%20DE%20PAMELA%20PINTADO.pdf>>

Luquet, F.M. (1993). *Los Productos Lácteos Transformación y Tecnologías*. Leche y Productos Lácteos tomo 2. Subproductos derivados de la Elaboración de Quesos. Lactosuero. España, Zaragoza: Acribia S.A. (4) 287. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=2ctdvBnTa18C&pg=PA155&lpg=PA155&dq=enzima+lactasa+condiciones+de+uso&source=bl&ots=_pBa9ivByf&sig=5K6q66kumn3IxmEhzKB3JcY3wM8&hl=es-419&sa=X&ei=EUYAUZH7IPO0QHNx4HgCQ&ved=0CCoQ6AEwADgK#v=onepage&q&f=false>

Madrid, A.V. (1999a). *Tecnología Quesera*. Segunda Edición. Capítulo 8, Suero de queserías AMV Ediciones Mundi-Prensa

Madrid, A.V. (1999b). *Curso de Industrias Alimentarias*. Tercera Edición. AMV Ediciones Mundi- Prensa. 223, 224, 225. Recuperado de <<http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/133/1/SEGUNDA%20PARTE.pdf>>

Manual Buck Scientific. (2000). *Metodología de la determinación de los minerales Ca, Na, K por espectrofotometría de absorción atómica (AAS)*. Operator's Manual Atomic Absorption Spectrophotometer 210VGP

Miranda, O, Ponce P.I, Fonseca P.L, Espinosa C.M, Díaz L.R, Cedeño A.C. (2009). *Características Físicoquímicas de Sueros de Queso Dulce y Ácido Producidos en el Combinado de Quesos Bayamo*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitro Bayamo Granma. Revista Club de Alimentos. Recuperado de <http://www.revicubalimmenta.nut.sld.cu/Vol_19_1/Articulo_1_19_1_21_25.pd>

Pardo, M.E, Almanza G.F. (2003). Guía de procesos para la elaboración de productos lácteos. CAB, ciencia y Tecnología número 122. Convenio Andrés Bello, Bogota, Colombia. Recuperado de <<http://books.google.com.ec/books?id=9J6vfzzOUpYC&pg=PA29&lpg=PA29&dq=queso+semimaduro+elaboracion&source=bl&ots=V7pCyT4BqQ&sig=zjJD88RE31YJAXw1JfoF49OQzoo&hl=es&sa=X&ei=ZolzU6y4B4vJsQTPvYHABA&ved=0CCgQ6AEwAA#v=onepage&q=queso%20semimaduro%20elaboracion&f=false>>

Parra, H.R. (2009). *Lactosuero: Importancia en la Industria de los Alimentos. Whey: Importance in the Food Industry*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC. Escuela de Ciencias Químicas. Medellín, Colombia.

Parzanese, M. (2008). *Procesamiento de Lactosuero*. Tecnología para Industria Alimentaria. Alimentos. MinAgri, Argentina. Recuperado de <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_13_Lactosuero.pdf>

Peréz A.M, Vaillant, F. (2009). *Aplicación de las Tecnologías de Membranas en la Industria Lechera*. Revista Láctea Latinoamericana. Número 53. Recuperado de <<http://es.scribd.com/doc/144213699/Revista-AA-44>>

Posada, K, Terán M.D, Ramírez-Navas J.S. (2011). *Empleo de Lactosuero y sus Componentes en la Elaboración de Postres y Productos de Confitería*. Grupo de Investigación Ingeniería de Procesos Agroalimentarios y Biotecnológicos. Escuela de Ingeniería de Alimentos. La Alimentación Latinoamericana Número 292. Universidad del Valle. Cali, Colombia

Ramírez, M.L; Valencia, E. (2009). *La Industria de la Leche y la Contaminación del Agua*. Ciencia y Cultura, Volumen 16. Número 73. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Ramírez, J.S. (2010). *Propiedades funcionales de los quesos: énfasis en quesos de pasta hilada*. Universidad del Valle. Cali, Colombia. Recuperado de <http://books.google.com.ec/books?id=IUCwk4XnTp0C&pg=PA10&dq=queso+mozzarella&hl=es&sa=X&ei=I6ZTT_vYKpCatwe05GmDQ&ved=0CDMQ6AEwAA#v=onepage&q=queso%20mozzarella&f=false>

Real M.E, Ortega, O. (2011). *Elaboración de Quesos Fundidos con Adición de Concentrados de Proteínas del Suero*. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Volumen 21. Número 3, La Habana. Recuperado de <<http://revistas.mes.edu.cu/greenstone/collect/repo/import/repo/20120830/08644497210305.pdf>>

Real del sol, E, Ortega, O. (2012). *Elaboración de Yogur con Adición de Concentrados de Proteínas del Suero*. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Volumen22. Número 2. Cuba, La Habana. Recuperado de <<http://revistas.mes.edu.cu/greenstone/collect/repo/import/repo/201209/086444972202059.pdf>>

Rodríguez, O, Perea, C.A, Padrón, F.M, Nuñez, M. (2011). *Evaluación del Comportamiento de Cepas Probióticas en Suero Dulce de Quesería*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Volumen21. Número 1. Cuba, la Habana

Sánchez, G. L, Gil, M.J, Gil, M.A, Gil, F.J, Millán C.L, Villada, M.E. (2009). *Aprovechamiento del Suero Lácteo de una Empresa del Norte Antioqueño mediante Microorganismos Eficientes*. Línea de Investigación en Productos Naturales. GRIAL: Grupo de Investigación de Alimentos. Colombia, Bogotá

Sánchez-Otero, J. (2010). *Introducción al diseño experimental*. Profesor principal de bioestadística. Biometrista de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.

Sangrange, V. (2001). *Suero para Crecer. El Uso de Proteínas de Suero en Bebidas Isotónicas y Nutricionales*. Ingredientes al Día. Industria Alimentaria. Recuperado de <www.industriaalimentaria.com>

Schaller, A. (2009). *Sueros de Lechería*. Dirección Nacional de Agroindustria. Cadenas Alimentarias. Alimentos Argentinos. Recuperado de <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/ediciones/44/cadenas/r44_06_SueroLacteo.pdf>

Sevilla, A. (2003). *La Leche y el Queso. Suero de Leche*. Capítulo 1. Recuperado de <<http://dscape.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/818/1/27T0157.pdf>>

Theran, L.J. (2012). *Las Proteínas del Suero de la Leche*. Quisoma Centro Bioenergético Recuperado de <<http://qisomamedicina.blogspot.com/2012/07/las-proteinas-del-suero-de-la-leche.html>>

Valencia, J. M. (2008). *El suero en Quesería y sus Posibles Aplicaciones*. Mundo Lácteo y cárnico. Revista Panorama. Recuperado de <http://www.alimentariaonline.com/media/MLC023_suero.pdf>

Von Elve, J.H. (2000). *La proteína de lactosuero en la confitería. El lactosuero un componente fundamental para productos de confitería y chocolatería*. Industria Alimentaria. Ebsco

Wayne, H. (1994). *Aprovechamiento de los Sueros en la Industria Láctea*. Memorias del V Congreso Panamericano de la leche Medellín: COLANTA

XI ANEXOS

Proteína

$$\%N = \frac{V \times N \times PE}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{proteína} = \% \times \text{factor de conversión de nitrógeno}$$

V_{HCL} = mL de proteína en la muestra

N_{HCL} = 0,19N

$PE_{Nitrógeno}$ = 14,007g

Peso de la muestra_{sueros} = 7,5ml x 1,189_{HCL} = 8,9175 x 1000 = 8917,5mg

Factor de conversión de Nitrógeno_{lácteos} = 6,38

Tabla A-1. Distintas producciones del contenido de Proteína en cuatro tipos de lactosuero

Muestras	Proteína g/100g
Fresco	1,20
	1,25
	1,25
	1,27
Mozzarella	1,27
	1,24
	1,35
	1,31
Port Salut	0,91
	0,85
	0,95
	0,89
Semi Maduro	0,84
	0,78
	0,74
	0,72

Tabla A-2. Perfil de los Aminoácidos presentes en el suero de leche en polvo disponible comercialmente en el mercado

Aminoácido	g/100
Acido Aspartico	12.30
Acido Glutámico	17.70
Alanina	5.60
Arginina*	3.00
Cisteina (a)	1.90
Fenilalanina*	3.40
Glicina	1.90
Histidina*	2.00
Isoleucina H*	5.40
Leucina *	13.50
Lisina*	10.90
Metionina* (a)	3.50
Prolina	4.80
Serina	4.5
Tirosina	3.9
Treonina*	5.3
Triptofano*	1.5
Valina*	5.4

*aminoácidos esenciales

FUENTE: Theran,2012

Lactosa

$$[\alpha]_D^{25} = \frac{\alpha}{c \times l}$$

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha]_D^{25} \times l}$$

$[\alpha]_D^{25}$ = Rotación específica para la lactosa 55°

α = medida polarímetro

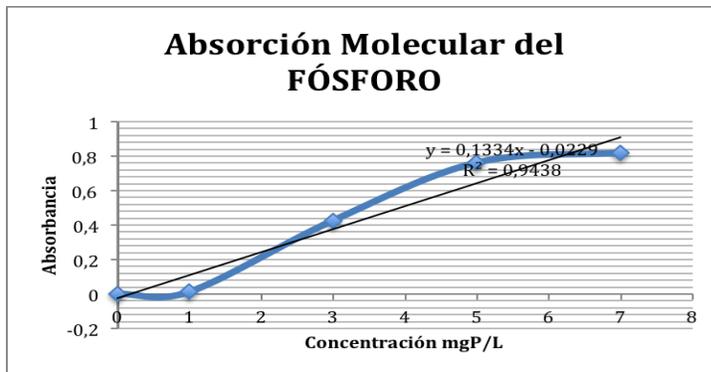
c = concentración de suero

l = concentración de la solución

Tabla A-3. Distintas producciones del contenido de Lactosa en cuatro tipos de lactosuero

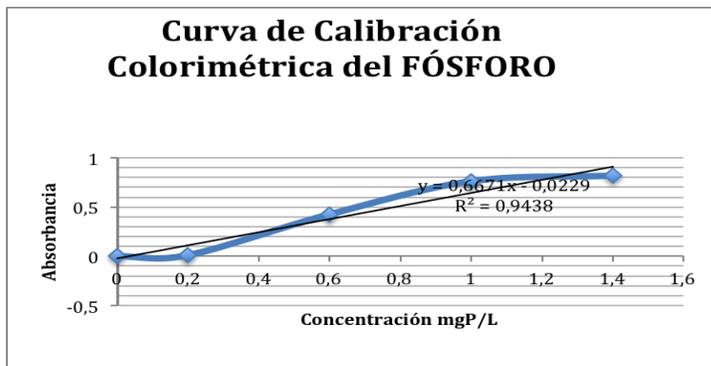
Muestras	Lactosa g/100g
Fresco	4,4
	4,4
	4,2
	4,2
Mozzarella	2,6
	2,9
	2,7
	2,7
Port Salut	3,8
	4,0
	4,1
	3,6
Semi Maduro	3,6
	3,3
	3,5
	3,5

Figura 2.- Curva de Absorción Atómica para determinar Fósforo



mg P/L	Absorbancia
0	0
1	0,012
3	0,426
5	0,762
7	0,82

Figura 3.- Curva de Calibración para determinar Fósforo



mg P/L	Absorbancia
1,4	0,82
1	0,762
0,6	0,426
0,2	0,012
0	0

Tabla A-4. Resultados Colorimétricos de la cantidad de fósforo presente en distintos tipos de suero provenientes de la elaboración de queso: fresco, mozzarella, Port Salut y semi maduro

Muestras	Absorbancia	Concentración	mgP/L	Promedio mgP/L
Fresco	0,60	0,93	20,83	
	0,60	0,94	20,98	
	0,64	0,99	22,22	21,67
	0,65	1,01	22,66	
Mozzarella	0,83	1,28	28,64	
	0,79	1,22	27,43	
	0,77	1,19	26,62	27,66
	0,81	1,25	27,93	
Port Salut	0,65	1,01	22,58	
	0,66	1,02	22,85	
	0,65	1,005	22,51	22,67
	0,65	1,02	22,76	
Semi maduro	0,21	0,35	7,75	
	0,18	0,30	6,74	
	0,19	0,32	7,28	7,42
	0,21	0,35	7,89	

Tabla A-5. Lectura del Espectrofotómetro de Absorción Atómica de minerales para cada muestra de suero de leche proveniente de la elaboración de distintos tipos de queso

Tipo de queso	Minerales		
	Calcio	Sodio	Potasio
Fresco	38,0	24,99	154,37
	41,9	29,61	147,37
	37,72	30,89	149,12
	41,29	27,76	152,87
Mozzarella	53,91	22,95	143,0
	52,42	24,24	152,62
	54,27	23,31	150,25
	52,84	23,9	146,25
Port Salut	22,95	25,04	106,12
	24,24	25,61	112,62
	23,31	24,97	108,5
	23,99	26,24	110,0
Semi Maduro	33,37	33,37	142,75
	35,75	35,76	143,25
	32,75	32,77	143,12
	35,25	34,02	142,37

Tabla A-6. Resultados por el Método del Espectrofotómetro de Absorción Atómica de la cantidad de Ca, Na, K presentes en 4 distintos tipos de lactosueros

Tipo de queso	Minerales		
	Calcio	Sodio	Potasio
Fresco	3,04	1,99	1,23
	3,35	2,37	1,18
	3,02	2,47	1,19
	3,30	2,22	1,22
Mozzarella	4,31	1,84	1,14
	4,19	1,94	1,22
	4,34	1,86	1,20
	4,23	1,91	1,17
Port Salut	1,84	2,00	0,85
	1,94	2,05	0,90
	1,86	1,99	0,87
	1,92	2,09	0,88
Semi Maduro	2,67	2,67	1,14
	2,86	2,86	1,15
	2,62	2,62	1,14
	2,82	2,72	1,14

Tabla A-7. Aleatorización de tratamientos para las distintas variables de respuesta

Factor	Tratamiento	Repetición I	Repetición II	Repetición III	Repetición IV	Variables de Respuesta
Tipo de suero	1.Fresco	4	2	3	1	Proteína Calcio Sodio Potasio Fósforo %Lactosa
	2.Mozzarella	1	3	2	4	
	3.Port Salut	2	1	4	3	
	4.Semimaduro	3	4	1	2	

Donde 1.-Fresco; 2.- Mozzarella; 3.- Port Salut; 4.- Semi maduro

Tabla A-8. Resultados del contenido de Proteína (g/100g) ordenados por producciones para distintos tipos de suero de leche

Factor	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	\bar{Y}	\hat{Y}	Variables de Respuesta
Tipo de suero	1.Fresco	1,19	1,25	1,25	1,27	4,96	1,24	Proteína
	2.Mozzarella	1,27	1,24	1,35	1,31	5,17	1,29	
	3.Port Salut	0,91	0,85	0,95	0,89	3,60	0,90	
	4.Semimaduro	0,84	0,78	0,74	0,72	3,08	0,77	
		4,21	4,12	4,29	4,19	16,81	4,20	

FC= 17,66 SC_{Total} = 0,81 SC_{Bloques} = 0,005 SC_{Tratamientos} = 0,78 SC_{Residuo} = 0,025

Tabla A-9. Resultados del contenido de Calcio (mg/L) ordenados por producciones para distintos tipos de suero de leche

Factor	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	\bar{Y}	\hat{Y}	Variables de Respuesta
Tipo de suero	1.Fresco	38,0	41,9	37,72	41,29	158,91	39,73	Calcio
	2.Mozzarella	53,91	52,42	54,27	52,84	213,44	53,36	
	3.Port Salut	22,95	24,24	23,31	23,99	94,49	23,62	
	4.Semimaduro	33,37	35,75	32,75	35,25	137,12	34,28	
		148,23	154,31	148,05	153,37	603,96	150,99	

FC =22797,98 SC_{Total} =1860,64 SC_{Bloques} =8,24 SC_{Tratamientos} =1836,84 SC_{Residuo} =15,56

Tabla A-10. Resultados del contenido de Sodio (mg/L) ordenados por producciones para distintos tipos de suero de leche

Factor	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Υ	\hat{Y}	Variables de Respuesta
Tipo de suero	1.Fresco	24,99	29,61	30,89	27,76	113,25	28,31	Sodio
	2.Mozzarella	22,95	24,24	23,31	23,90	94,40	23,60	
	3.Port Salut	25,04	25,61	24,97	26,24	101,86	25,46	
	4.Semimaduro	33,37	35,76	32,77	34,02	135,92	33,98	
		106,35	115,22	111,94	111,92	445,43	111,35	

FC=12400,49 SC_{Total} =272,90 SC_{Bloques} =10,16 SC_{Tratamientos} =246,17 SC_{Residuo} = 16,57

Tabla A-11. Resultados del contenido de Potasio (mg/L) ordenados por producciones para distintos tipos de suero de leche

Factor	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Υ	\hat{Y}	Variables de Respuesta
Tipo de suero	1.Fresco	154,37	147,37	149,12	152,87	603,72	150,93	Potasio
	2.Mozzarella	143,0	152,62	150,25	146,25	592,12	148,03	
	3.Port Salut	106,12	112,62	108,5	110,0	437,24	109,31	
	4.Semimaduro	142,75	143,25	143,12	142,37	571,49	142,87	
		546,24	555,86	550,99	551,49	2204,57	551,14	

FC=303758,05 SC_{Total} = 4569,61 SC_{Bloques} =14,37 SC_{Tratamientos} =4457,84 SC_{Residuo} = 97,4

Tabla A-12. Resultados del contenido de Fósforo (mg/L) ordenados por producciones para distintos tipos de suero de leche

Factor	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Υ	\hat{Y}	Variables de Respuesta
Tipo de suero	1.Fresco	20,83	20,98	22,22	22,66	86,69	21,67	Fósforo
	2.Mozzarella	28,64	27,43	26,62	27,93	110,62	27,65	
	3.Port Salut	22,58	22,85	22,51	22,76	90,70	22,67	
	4.Semi maduro	7,75	6,74	7,28	7,89	29,66	7,41	
		79,80	78,0	78,63	81,24	317,67	79,42	

FC= 6307,14 SC_{Total}= 912,91 SC_{Bloques}= 1,52 SC_{Tratamientos} = 907,40 SC_{Residuo}= 3,99

Tabla A-13. Resultados del contenido de Lactosa (g/100g) ordenados por producciones para distintos tipos de suero de leche

Factor	Tratamiento	Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Υ	\hat{Y}	Variables de Respuesta
Tipo de Suero	1.Fresco	4,4	4,4	4,2	4,2	17,2	4,3	Lactosa
	2.Mozzarella	2,6	2,9	2,7	2,7	10,9	2,72	
	3.Port Salut	3,8	4,0	4,1	3,6	15,5	3,87	
	4.Semi maduro	3,6	3,3	3,5	3,5	13,9	3,47	
		14,4	14,6	14,5	14,0	57,5	14,37	

FC=206,64 SC_{Total}= 5,67 SC_{Bloques}= 0,05 SC_{Tratamientos}= 5,39 SC_{Residuo}= 0,23