



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA  
DEL QUESO DE PORO  
T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

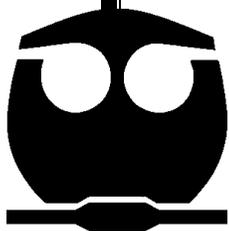
**QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**GABRIELA DE JESÚS CONTRERAS IBARRA**

**MÉXICO, D.F.**

**2011**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## **JURADO ASIGNADO**

**PRESIDENTE:** Amelia Ma. de Gpe. Farrés González Saravia

**VOCAL:** Bertha Julieta Sandoval Guillén

**SECRETARIO:** José Mariano García Garibay

**1ER. SUPLENTE:** Lucía Cornejo Barrera

**2º SUPLENTE:** Víctor Hugo Blancas Morales

### **SITIO DONDE DESARROLLO EL TEMA:**

Departamento de Biotecnología.  
Universidad Autónoma Metropolitana Izatapalapa

### **ASESOR DEL TEMA:**

\_\_\_\_\_  
Dr. José Mariano García Garibay

### **SUSTENTANTE:**

\_\_\_\_\_  
Gabriela de Jesús Contreras Ibarra

---

## *AGRADECIMIENTOS*

- ♣ *Dios, por ponerme a las personas y las circunstancias adecuadas para que pudiera culminar esta etapa en mi vida.*
- ♣ *La Universidad y a la Facultad de Química, las cuales me dieron lo necesario para mi formación tanto profesional como sociocultural; además de agradecerle el permitirme ser parte de la máxima casa de estudios, ser orgullosamente UNAM.*
- ♣ *Mis maestros, que pusieron su granito de arena en mi formación profesional, proporcionándome parte de sus conocimientos.*
- ♣ *A mí jurado por dar su tiempo y dedicación en la revisión de este trabajo*
- ♣ *Dr. Mariano García Garibay y a la Dra. Judith Jiménez Guzmán, por permitirme trabajar en este proyecto por su asesoría y por los conocimientos que me transmitieron.*
- ♣ *A la profesora Lucía Cornejo Barrera, a quien le estoy completamente agradecida porque sin conocerme, me ofreció su confianza, y ayuda en todo momento*
- ♣ *Al profesor Agustín Reyo, por su apoyo y sus consejos*
- ♣ *A la UAM Iztapalapa por permitirme realizar este proyecto en sus instalaciones*
- ♣ *A todos los que integran el laboratorio de biotecnología de la UAM, que crearon un ambiente de trabajo agradable y me brindaron su ayuda*
- ♣ *A los productores de “Queso de poro”, por su colaboración para proporcionar las muestras, al Ing. José Luis Manrique Balán, dueño de la quesería Usumacinta y a los dueños de las queserías “4 Hermanos, 3 Hermanos y San Pedro” por la disposición para conocer sus recintos.*

---

## AGRADECIMIENTOS

- ♣ *A gran parte del regalo que me ha dado la vida, ¡mis amigos!, que me han brindado su amistad y cariño, a quienes han estado a mi lado en aquellos momentos, buenos o malos pero que al fin y al cabo son experiencias que me hacen crecer y valorar a quienes en verdad me quieren.*

*En especial:*

- ♣ *Gabriel Torres, por estar en el momento más oportuno, ayudarme a crecer como persona, y hacerme ver desde otra perspectiva la vida, mil gracias por todo!!!*
- ♣ *Roberto Ramírez, porque sus clases fueron de mucha ayuda entre tanto estrés, por ser además de mi prof. de baile, el amigo que siempre confió en mí y que estuvo para darme un pequeño empujoncito cuando más lo necesite.*
- ♣ *Valeria Higueldo, por estar en todo momento para escucharme, aconsejarme y apoyarme, por la gran amistad que me has brindado desde la prepa, y que seguramente perdurará por siempre. ¡Gracias peque, por ser la mejor amiga!*
- ♣ *Cecy Marroquín, por ser una gran amiga, por hacer tantas cosas por mí, por los buenos tiempos que hemos pasado juntas y ojalá pasemos otros mejores.*
- ♣ *Melina Vargas por compartir conmigo experiencias tan padres ¡Gracias por todo Meli!*
- ♣ *Luci Juárez por ser una buena amiga, consejera y mi gran entrenadora.*
- ♣ *Blanca Bonilla por ofrecerme tu ayuda en todo momento por aguantarme, brindarme tu amistad y ser más que mi compañera de danza.*
- ♣ *A mis grandes amigos de la prepa que a pesar de la distancia seguirán siendo importantes en mi vida: Vale, Vero, Ale, Nancy, Elizabeth, Daniel, Raúl, Christian, Ramón, Toño, Cinthya, Jetsa, Indira*
- ♣ *A mis amigos de la universidad: Claudia, Iván, Charly, Kiko, Saúl, Chente, Nancy, Lalo, Benito, Cinthya, por los buenos, especiales y muy gratos momentos que pasamos juntos.*
- ♣ *Y a las grandes personas que conocí en corp. y que considero especiales: Doña mago, Diana, Eni, Gerardo, y Lalo.*
- ♣ *En general, a todas aquellas personas que aunque no los mencione uno por uno, han formado parte de mi vida por poco o mucho tiempo, y son importantes para mí; en estos incluyo a toda mi familia, amigos, y compañeros.*

---

## DEDICATORIAS

### A MI FAMILIA

*Mis padres: Cristina y Antonio*

*A quienes les agradezco todo su esfuerzo, sacrificio y su maravilloso amor de padres, porque cada uno, a su manera ha hecho lo posible por darme lo mejor y considero que realmente lo han logrado. Estoy muy agradecida con la vida por darme la oportunidad de tenerlos como padres, pues sin ustedes no habría logrado llegar hasta aquí.*

*Mi Hermano: Antonio*

*Gracias por tu apoyo y cariño, porque se que contaré contigo siempre, yo estaré para apoyarte en todo momento.*

*Aprovecha la gran oportunidad que te da la UNAM para formarte como profesionista y como una gran persona.*

*Pon todo tu esfuerzo, orgullo y alegría a la vida, no te rindas ante los pequeños baches que a veces se interponen para hacerte crecer y hacerte más fuerte, busca aquellos que te quieren porque ellos harán más liviano tu camino.*

*Ten claras siempre tus metas y lucha por alcanzarlas, si buscas encontraras mil formas de lograrlo y recuerda que no hay límites más los que tu mismo te impones.*

*Nunca olviden que los Amo, que me siento muy afortunada y orgullosa de tenerlos como familia, gracias por brindarme su amor.*

*¡Gracias por todo!*

---

*Yo quiero viajar lo más lejos posible  
Quiero alcanzar la alegría que hay en mi alma,  
Y cambiar las limitaciones que conozco  
Y sentir como crecen mi espíritu y mi mente.  
Yo quiero vivir, existir, "ser",  
Y oír las verdades que hay dentro de mí.*

*(Doris Warshay)*

---

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>OBJETIVOS.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>CAPITULO 1. GENERALIDADES.....</b>                                    | <b>3</b>  |
| 1.1. QUESO.....  | 3         |
| 1.1.1. Definición.....   | 3         |
| 1.1.2. Etapas de elaboración.....  | 4         |
| 1.1.3. Clasificación.....  | 5         |
| 1.1.4. Importancia.....  | 7         |
| 1.1.5. Composición y valor nutritivo.....                                | 7         |
| 1.1.6. Calidad del queso.....  | 10        |
| 1.2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE IMPERANTES EN MÉXICO.....           | 15        |
| 1.3. INDUSTRIA DE LÁCTEOS EN MÉXICO.....                                 | 18        |
| 1.4. PRODUCCIÓN DE QUESOS EN MÉXICO.....                                 | 19        |
| 1.5. TABASCO.....  | 22        |
| 1.5.1. Producción de leche.....  | 22        |
| 1.5.2. Producción de quesos.....   | 23        |
| 1.5.3. Características de las regiones productoras de queso de poro..... | 24        |
| 1.6. QUESO DE PORO.....  | 28        |
| 1.6.1. Definición.....   | 28        |
| 1.6.2. Consolidación.....  | 29        |
| 1.6.3. Proceso de elaboración.....                                       | 30        |
| <b>CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>                             | <b>51</b> |
| <b>CAPITULO 3. RESULTADOS.....</b>                                       | <b>67</b> |

---

|       |  |            |
|-------|--|------------|
| 3.1.  | DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA ( $A_w$ ).....        | 67         |
| 3.2.  | DETERMINACIÓN DE PH .....                                | 69         |
| 3.3.  | ACIDEZ (% AC. LÁCTICO).....                              | 72         |
| 3.4.  | DETERMINACIÓN DE HUMEDAD .....                           | 74         |
| 3.5.  | DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES .....                   | 76         |
| 3.6.  | DETERMINACIÓN DE CENIZAS.....                            | 77         |
| 3.7.  | DETERMINACIÓN DE CLORUROS.....                           | 78         |
| 3.8.  | DETERMINACIÓN DE GRASA .....                             | 80         |
| 3.9.  | DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA.....                           | 82         |
| 3.10. | EVIDENCIA DE LIPÓLISIS.....                              | 83         |
| 3.11. | EVIDENCIA DE PROTEÓLISIS.....                            | 85         |
| 3.12. | PROPUESTA PARA LA COMPOSICIÓN PROMEDIO DEL QUESO DE PORO | 88         |
|       | <b>CONCLUSIONES.....</b>                                 | <b>90</b>  |
|       | <b>RECOMENDACIONES.....</b>                              | <b>91</b>  |
|       | <b>ANEXOS .....</b>                                      | <b>93</b>  |
|       | <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>                                 | <b>122</b> |

---

## INTRODUCCIÓN

En el mercado mexicano de lácteos, la existencia de empresas industrializadas tanto nacionales como transnacionales ha dado desventaja tecnológica a la sociedad artesanal. Sin embargo, esto no ha impedido que pequeñas queserías familiares y ganaderos subsistan con su propio nicho de mercado, utilizando técnicas artesanales, gracias a que cumplen con un concepto de calidad para los consumidores y a ciertos vínculos con una cultura gastronómica o nostalgia regional.

Se considera que los quesos regionales no cumplen con las exigencias de normalización y estandarización, por lo cual participan en el mercado con productos heterogéneos tanto en composición, como en sus características organolépticas, lo que ocasiona que éstos sean desconocidos en el resto del país por su venta limitada, y se favorezca el consumo de quesos extranjeros o análogos de menor calidad nutrimental y sensorial.

El claro ejemplo de un producto artesanal es el queso de poro, producido desde hace 60 años en el estado de Tabasco, principalmente en los municipios de Balancán y Tenosique; éste se fabrica con leche bronca de ganado de doble propósito, resultado de la cruce de ganado europeo con razas cebuinas. Al ser un producto realizado tradicionalmente, su proceso carece de estandarización en: composición de materia prima, controles de proceso y de calidad. Como consecuencia, se enfrenta a problemas de conservación, homogeneidad, niveles bajos de producción y comercialización.

Por ello, es necesario en este trabajo analizar la calidad fisicoquímica de siete quesos de poro pertenecientes a los principales productores, para poder caracterizarlo en cuanto a su composición, y que sea útil en establecer los estándares que deberá mantener el producto final, con el propósito de obtener un queso más uniforme, mejorar las condiciones de producción, garantizar una calidad nutrimental, sensorial y sanitaria. De esta manera la red de productores lograría ser más competitivos, acceder a nuevos mercados locales, nacionales e internacionales.

---

## OBJETIVOS

### ***Objetivo general:***

- ❖ Establecer la composición fisicoquímica promedio del queso de poro y así tener elementos para la estandarización del producto final.

### ***Objetivos particulares:***

- ❖ Caracterizar los quesos de 7 diferentes productores de queso de poro del municipio de Balancán en el estado de Tabasco determinando pH, acidez,  $A_w$ , humedad, sólidos totales, cenizas, cloruros, grasa, y proteína.
- ❖ Evidenciar la lipólisis y proteólisis en los 7 quesos para ver si los parámetros estudiados inducen una maduración similar.

---

## **CAPITULO 1. GENERALIDADES**

### **1.1. QUESO**

#### **1.1.1. Definición**

La gran diversidad de quesos existentes en el mundo dificulta establecer una definición única que incluya a todos. Una definición amplia es aquella perteneciente al Código de Principios FAO/OMS concerniente a la leche y productos lácteos, que considera:

“el queso es el producto fresco o afinado, sólido o semisólido obtenido:

- a) Por coagulación de la leche entera, leche descremada, leche parcialmente descremada, crema, crema de lactosuero, suero de mantequilla, solo o en combinación gracias a la acción del cuajo o de otros agentes coagulantes apropiados y por desuerado parcial del lactosuero resultante en esta coagulación, o
- b) Por el empleo de técnicas de fabricación que implican la coagulación de la leche y/o de materia provenientes de ésta, a fin de obtener un producto terminado que posea las mismas características físicas, químicas y organolépticas que el producto definido en el inciso a (Villegas, 2003).

La definición de quesos según la NOM-121-SSA1-1994 es: “productos elaborados con la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento por calentamiento drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración , mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado o procesado”.

---

### 1.1.2. Etapas de elaboración

La variabilidad de los quesos se debe a las diferencias existentes en los parámetros tecnológicos durante el proceso, pero en general, para la obtención de este producto se requieren de cuatro etapas:

1. La *coagulación*: proceso en el cual las micelas de caseína sufren modificaciones bioquímicas y fisicoquímicas, inducidas por acción de enzimas proteolíticos y/o de ácido láctico que determinan la formación de un coágulo o gel.
2. El *desuerado*: Separación del suero después de la rotura mecánica del coágulo, por moldeado y en algunos casos con la ayuda de presión: esta operación conduce a la obtención de la cuajada.
3. El *salado*: incorporación de la sal en la superficie o en la masa o bien por inmersión en salmuera.
4. El *afinado*: Conjunto de transformaciones bioquímicas de los constituyentes de la cuajada bajo la acción de enzimas, la mayor parte de ellas de origen microbiano.

Las características sensoriales del producto están muy estrechamente ligadas a la composición (contenido en agua, en proteínas, en materia grasa y en minerales) al pH de la cuajada, y a las condiciones de afinado. Las cualidades de la cuajada dependen a su vez del coágulo junto con la intensidad del trabajo mecánico y del pH al cual se efectúa el desuerado; las propiedades reológicas del gel varían según las condiciones de coagulación (la cantidad de enzima coagulante, el pH, la temperatura, la velocidad de acidificación) y las características originales de la leche (Eck, 1990).

---

### 1.1.3. Clasificación

La gran diversidad de quesos hace difícil su clasificación, se pueden catalogar atendiendo a diversas circunstancias (contenido en grasa, dureza, origen, tipo de leche empleada, etc.).

Considerando el criterio de algunos autores se pueden citar algunas modalidades que entran en la clasificación como:

- *Tipo de Coagulación:* queso al cuajo, quesos ácidos o la combinación de ambos.
- *Origen de la leche:* vaca, oveja, cabra principalmente, a veces se hacen con mezclas de dos o más tipos de leche.
- *Tipo de pasta:* consistencia untable, tajable, rallable, hilada.
- *Tipo de maduración:* microorganismos utilizados en la maduración bacterias, mohos.
- *Grado de maduración:* frescos, medianamente maduros, fuertemente maduros.
- *Contenido en grasa:* expresado en porcentaje sobre el extracto seco, los quesos son clasificados por el código alimentario de la forma siguiente: doble graso, extragrasso, semigrasso, magro
- *Contenido de humedad:* quesos frescos, blandos, semiblandos, duros (Cenzano, 1992; Villegas, 2003; Hernández, 2007).

La NOM-121-SSA1-1994 clasifica a los quesos de acuerdo a su proceso como:

*Quesos frescos;* alto contenido de humedad, sabor suave sin corteza, con o sin ingredientes opcionales, tiene un periodo de vida de anaquel corto, requiriendo condiciones de refrigeración.

*Quesos madurados;* de pasta dura, semidura o blanda, con o sin corteza; sometidos a un proceso de maduración mediante la adición de microorganismos, bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad, para provocar en ellos cambios bioquímicos y físicos característicos del producto de que se trate,

lo que le permite prolongar su vida de anaquel, los cuales pueden o no requerir condiciones de refrigeración.

*Quesos procesados*, se elaboran con mezclas de quesos, fusión y emulsión con sales fundentes, con aditivos e ingredientes opcionales, sometidos a proceso térmico lo que le permita prolongar su vida de anaquel.

Según la norma internacional A-6 (1978-FAO/OMS) se clasifica a los quesos en función de su contenido en agua en el queso desengrasado (HDF), su contenido en materia grasa (G/EST) y las principales características del afinado (Tabla 3).

| Fórmula I |   | Fórmula II |  | Fórmula III  |
|-----------|---|------------|--|--|
| HDF (%)   | El primer elemento de la denominación será: | G/EST (%)  | El segundo elemento de la denominación será: | Según las principales características de afinado:  |
| <51       | Pasta extradura                             | >60        | A. Extra                                     | <b>1. Afinado</b><br>a. principalmente en la superficie<br>b. principalmente en la masa<br><br><b>2. Afinado con mohos</b><br>a. principalmente en la superficie<br>b. principalmente en la masa<br><br><b>3. Fresco</b> |
| 49-56     | Pasta dura                                  | 45-60      | B. Muy graso                                 |  |
| 54-63     | Pasta semidura                              | 25-45      | C. Semigraso                                 |  |
| 61-69     | Pasta semiblanda                            | 10-25      | D. Un cuarto graso                           |  |
| >67       | Pasta blanda                                | <10        | E. Magro                                     |  |

Tabla 3. Clasificación de los quesos en función de la consistencia, contenido en materia grasa y principales características de afinado según la norma A-6-FAO/OMS (1978) (Mahaut et al., 2003).

---

#### **1.1.4. Importancia**

Villegas (2003) señala que el queso reviste una importancia múltiple:

- a) Aumenta el valor de los sólidos de la leche en comparación con la leche fluida para consumo directo; en su elaboración se alienta la actividad económica al crearse valor agregado.
- b) Conserva mejor los sólidos de la leche; esto es sobre todo importante en zonas de condiciones ambientales hostiles a la preservación tales como los trópicos o las áreas calurosas y secas.
- c) Constituye una forma de comercializar la leche (aunque transformada) en regiones donde no existe el hábito de consumo de leche fluida.
- d) Constituye una alternativa para canalizar o desplazar la leche (ya transformada) de las zonas productoras, a menudo mal comunicadas, hasta los centros de consumo, frecuentemente alejados.
- e) Es un alimento muy valioso, pues proporciona los elementos esenciales para una adecuada nutrición.
- f) Es un producto de gran diversidad composicional y organoléptica que satisface las necesidades gustativas de todo tipo de consumidores.

#### **1.1.5. Composición y valor nutritivo**

El hombre necesita de nutrientes en los alimentos para el buen funcionamiento de su cuerpo, concretamente grasas, proteínas, carbohidratos, vitaminas y sales minerales. El grado en que el queso satisface dicha demanda depende de la calidad de la leche con la que es elaborado y a su vez la composición de ésta, se relaciona con diversos factores: genéticos, fisiológicos, patológicos, ambientales y de manejo.

##### *Grasa*

La ingesta de grasa debe ser suficiente como para que el organismo pueda utilizarla satisfactoriamente, evitando la aterosclerosis; la ingesta recomendada de grasa oscila desde el 25% al 35% (dependiendo la actividad física) del contenido calórico de la dieta. Se sugiere que la grasa debe contener cierta proporción de ácidos grasos esenciales, es decir ácidos linoleico, linolénico y araquidónico. El queso hecho de leche entera contiene la mayoría de los ácidos

grasos esenciales, (60-70% saturados y entre los insaturados primordialmente el ácido oleico 30%) están presentes en forma de triglicéridos, pero hasta 5g /kg de queso, pueden estar en forma de ácidos grasos libres. Estos proceden de la hidrólisis de la grasa de la leche, siendo su presencia esencial para el sabor de distintas variedades de queso; además, se absorben rápidamente durante la digestión.

Un aspecto controvertido sobre las grasas animales consumidas se centra en la ingesta conjunta de colesterol, aunque puede ser relevante que a) el contenido máximo de colesterol del queso se ha indicado que es de 100 mg/100g, sugiriéndose que el queso no contribuye más del 3-4% de la ingesta total de colesterol y b) que el colesterol de la dieta tiene solo efecto limitado sobre su nivel sérico, porque existe un mecanismo natural que reduce la síntesis corporal del colesterol, cuando aumenta la cantidad de colesterol ingerido.

#### *Proteínas*

El contenido proteico del alimento para el hombre, debe contener aquellos aminoácidos que son nutritivamente esenciales, siendo más probable que las proteínas animales contengan estos aminoácidos esenciales, que las proteínas vegetales. La necesidad proteica diaria de los adultos es de aproximadamente 1g/kg de peso corporal. El queso es una fuente adecuada de proteína, porque normalmente tiene todos los aminoácidos esenciales (Tabla 4).

|              | Leche | Caseína |
|--------------|-------|---------|
| Arginina     | 3,7   | 3,9     |
| Histidina    | 2,2   | 3,0     |
| Treonina     | 4,6   | 4,5     |
| Valina       | 7,1   | 7,4     |
| Leucina      | 12,1  | 10,0    |
| Isoleucina   | 6,7   | 6,4     |
| Lisina       | 7,4   | 8,1     |
| Metionina    | 2,8   | 3,3     |
| Fenilalanina | 5,5   | 5,4     |
| Triptófano   | 1,4   | 9,6     |

Tabla 4. Aminoácidos esenciales de la proteína de leche y de la caseína (g aminoácidos/100g de leche o caseína) (Scott et al., 2002)

---

Puesto que las proteínas del suero son nutricionalmente mejores que la caseína, cuyo contenido de aminoácidos sulfurados es menor, el valor biológico de las proteínas del queso es algo inferior al de las proteínas de la leche entera; si el índice de aminoácidos esenciales de la proteína de la leche se cifra en 100, el valor correspondiente del queso oscila del 91 al 97, dependiendo de la variedad.

Muchos quesos experimentan un periodo de maduración, en el que una proporción de la caseína es convertida en péptidos hidrosolubles y aminoácidos libres, acción que tiende a aumentar la digestibilidad de las proteínas. Además, la digestibilidad de las proteínas del queso es mayor que las de la leche entera, siendo el grado medio de utilización de los aminoácidos esenciales el 89.1%, respecto al valor de la proteína de huevo frecuentemente considerada ideal del 89.6%.

#### *Lactosa*

Aunque el queso contiene el azúcar de la leche (lactosa, un carbohidrato que proporciona energía a la dieta), los quesos madurados (y algunas variedades blandas) no contienen cantidades apreciables de lactosa, puesto que bien la han perdido en el suero durante la manufactura, o ha sido convertida en ácido láctico o lactatos durante el procesado. Las personas intolerantes a la lactosa, es decir, aquellos adultos que tienen deficiencia de lactasa en sus secreciones digestivas, normalmente pueden comer queso, excepto aquellos quesos frescos, muy blandos, que pueden contener aún apreciables cantidades de lactosa sin fermentar.

#### *Minerales y vitaminas*

El queso contiene niveles apreciables de minerales, de los que el calcio, el hierro y el fósforo son los más importantes; 100g de queso duro pueden satisfacer la necesidad de calcio diaria de un adulto medio, cerca del 50% de la necesidad de fósforo, puesto que la biodisponibilidad es muy buena en comparación con algunos otros alimentos.

Por otra parte, los niveles de sal (NaCl) han sido un debate, si bien debe señalarse que el queso no contribuye más del 5% de la ingesta diaria de sodio/persona/día, incluso en países con altos niveles de consumo de queso. Por

---

lo cual la población general puede consumir queso sin consecuencias adversas en lo que a sodio respecta.

Diversos elementos traza, tales como zinc, hierro, yodo, selenio y cobre, se encuentran todos en la leche en cuantía y, aunque la ingesta dietética total del queso puede no ser alta, el consumo regular de queso es beneficioso respecto a estos minerales.

Los niveles de vitaminas liposolubles (A, D y E), dependen del contenido graso; en el queso con toda la grasa, un 80% de la vitamina A de la leche pasa al producto (Scott et al., 2002).

#### **1.1.6. Calidad del queso**

Para precisar la calidad de un queso es básico realizar un análisis fisicoquímico y composicional, que aunado a las pruebas microbiológicas y sensoriales reflejan la calidad de la materia prima y del proceso empleado.

La determinación básica comprende fundamentalmente a los siguientes constituyentes: humedad, sólidos totales, materia grasa, proteínas, cenizas y sal (NaCl). Asimismo los valores de pH, acidez, y actividad de agua ( $a_w$ ) finales en el queso (Villegas, 1993).

A continuación se describe de manera general cada uno de estos parámetros:  
*Actividad de agua ( $a_w$ ) y NaCl*

La actividad de agua se define como la relación entre la presión de vapor del agua del alimento (P) y la presión del agua pura ( $P_o$ ) a la misma temperatura.

$$a_w = P/P_o.$$

Ecuación 1. Actividad de agua

La presión de vapor de un determinado alimento es siempre menor que la del agua pura debido a la presencia de sustancias disueltas, así que el  $a_w$  es siempre una fracción de unidad (Esteban y Marcos, 1990).

La actividad de agua ( $a_w$ ) es un factor que define la disponibilidad del agua necesaria para las transformaciones microbianas, enzimáticas o químicas, y está determinada no sólo por el contenido de humedad sino también por el contenido de sal y otros constituyentes (Eck, 1990; Centeno y García, 1994).

Eck (1990) considera que la actividad de agua del queso entero es el resultado de un conjunto de fenómenos complejos de naturaleza física (desuerado, evaporación de agua, difusión de sal), químico (interacción sustrato-cloruro sódico) y bioquímico (proteólisis, lipólisis, glicolisis).

En la figura 1 se muestra la influencia de la  $a_w$  sobre las reacciones que se dan en un alimento (Belitz, y Grosch, 1997).

Al reducir el  $a_w$ , disminuye la actividad enzimática, aumenta la duración de la fase de latencia de los microorganismos y disminuye selectivamente su velocidad de crecimiento (Eck, 1990).

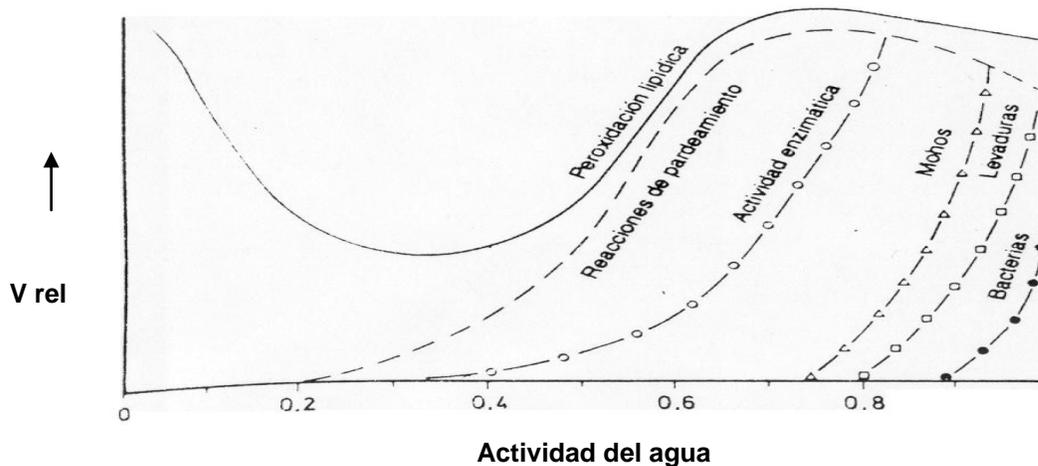


Figura 1. Influencia de la  $a_w$  sobre las reacciones de transformación en el queso (Belitz y Grosch, 1997)

Las bacterias son más sensibles al descenso del  $a_w$ , excepto algunas bacterias halófilas; por debajo de una actividad de agua igual a 0.85 no se produce ningún desarrollo bacteriano. Las levaduras dejan de crecer a valores inferiores a 0.80 (excepto algunas especies de *Saccharomyces*). Pocos mohos se desarrollan por debajo de una actividad del agua= 0.70 (Eck, 1990).

Cada microorganismo tiene una  $a_w$  mínima de crecimiento, y a su vez, sobre estos valores de  $a_w$ , influyen otros factores como:

- 
- Tipo de solutos presentes. Ciertos microorganismos, cuando se utilizan determinados solutos, tienen valores de  $a_w$  limitante del crecimiento más bajos que cuando se utilizan otros. En el caso de los mohos, la  $a_w$  mínima de crecimiento es prácticamente independiente del tipo de soluto utilizado.
  - El valor nutritivo del medio. Cuanto más nutritivo es el medio, menor es la  $a_w$  limitante del crecimiento.
  - Temperatura. Los microorganismos toleran mejor los valores bajos de  $a_w$  cuando la temperatura es próxima a la óptima de crecimiento.
  - Aporte de oxígeno. Cuando existe aire en el medio, la multiplicación de los microorganismos aerobios tiene lugar a valores de  $a_w$  más bajos, que cuando hay ausencia de aire. En el caso de los microorganismos anaerobios ocurre lo contrario.
  - pH. A valores de pH óptimos, la mayoría de los microorganismos son más tolerantes a la escasa  $a_w$  que cuando se encuentran en medios ácidos o básicos.
  - Inhibidores. La presencia de inhibidores reduce la tolerancia a valores de  $a_w$  bajos (Frazier y Westhoff, 1993).

La sal y el  $a_w$  están interrelacionadas ya que el  $a_w$  disminuye cuando la sal es disuelta en el agua del alimento, produciendo un efecto de inhibición del desarrollo microbiano. La concentración requerida para tener dicho efecto depende de la naturaleza del alimento, su pH y contenido de humedad.

La relación entre la concentración de sal y el  $a_w$  para un queso es descrita como:

$a_w = -0.0007x + 1.0042$  donde  $x =$  g de sal/kg de queso (Beresford, et al., 2001).

---

### *pH (potencial de hidrógeno)*

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno disociados en una solución y se define como el logaritmo negativo de la concentración de hidrogeniones (ver ecuación 2) (Badui, 1995; Scott et al., 2002).

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

Ecuación 2. Potencial de hidrógeno

Este factor determina los cambios en la conformación de las proteínas, condiciona el desarrollo microbiano, controla el tipo de fermentación y la actividad de las enzimas durante la producción y maduración del queso (Romero y Mestres, 2004; Hernández 2007).

### *Acidez*

La acidez está dada por los componentes naturales de la leche como caseínas (por sus grupos de ésteres fosfóricos), proteínas de suero, fosfatos, citratos, ácido cítrico y otros ácidos orgánicos, sin embargo, también procede de la acidez desarrollada mediante la fermentación de las bacterias lácticas; estas transforman la lactosa principalmente en ácido láctico, por ello, la acidez se expresa en términos de este ácido, el cual proporciona ciertas características que influyen en el sabor, textura del queso y presenta un efecto inhibitor en el desarrollo de numerosas bacterias patógenas indeseables (Eck, 1990; Romero y Mestres, 2004).

### *Humedad*

El contenido total de agua influye principalmente en la textura, sobre las propiedades físicas y mecánicas de los alimentos.

El contenido de agua es la proporción masica de agua en relación con el contenido de extracto seco que presenta una sustancia y se expresa en % de H<sub>2</sub>O. El agua libre está estrechamente relacionada con el  $a_w$ , determina la velocidad de las reacciones y favorece el crecimiento microbiano (Spreer, 1991; Hernández 2007).

---

### *Sólidos Totales*

Los sólidos totales (extracto seco total, o materia seca) son importantes porque tienen relación directa con el rendimiento de los productos. Se comprende en este rubro a los componentes más importantes del queso como son: lactosa, proteínas totales, materia grasa y minerales (Villegas 2003).

### *Grasa y Proteínas*

Estos componentes están relacionados directamente con la calidad de la materia prima. Proporcionan características específicas en el queso: nutritivas, sabor, aroma, textura, color (Scott et al., 2002; Hernández, 2007).

### *Cenizas*

Las cenizas incluyen todos los elementos minerales de la leche, aunque no todos sus componentes salinos, ya que durante la incineración, parte de las sales orgánicas, particularmente los citratos, se desintegran (Warner, 1989).

---

## 1.2. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE IMPERANTES EN MÉXICO

La producción de leche en México se desarrolla en condiciones muy heterogéneas desde el punto de vista tecnológico y socioeconómico, distinguiéndose de forma general, cuatro sistemas por los volúmenes de producción (SAGARPA 2004); el primero es el más importante: especializado 50.3%, semiespecializado 21.3%, el de doble propósito 18.3% y el familiar 9.8% (Magaña et al., 2006).

### *Especializado*

Se desarrolla principalmente en el altiplano y al norte del país siendo los principales estados productores en orden de importancia, Durango, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Chihuahua, México, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro y Baja California. En estos estados se ubican las cuencas lecheras de mayor importancia: la Comarca Lagunera (Coahuila y Durango), Los Altos (Jalisco), Rincón de Romos (Aguascalientes), Delicias y Cuauhtémoc (Chihuahua), Zumpango y Jilotepec (México) Tizayuca (Hidalgo), Colón y Villa del Márquez (Querétaro) y Mexicali (Baja California), entre otras utilizando razas bovinas especializadas, fundamentalmente la Holstein, en menor grado Pardo Suizo Americano y Jersey, entre otras. Se caracteriza por el mantenimiento estabulado de los animales en hatos de tamaño mediano a grande, con alimentación en pesebre a base de concentrados y forrajes o ensilados. Este sistema logra altas producciones con un rendimiento medio anual por vaca de 4246 litros de leche, y aporta el 90% de la leche pasteurizada que se consume en las grandes urbes. El sistema posee buenos niveles de incorporación tecnológica y sanitaria.

### *Semiespecializado*

Las principales entidades federativas con este sistema de producción son Baja California, Baja California Sur, Colima, Chihuahua, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas.

El genotipo más utilizado es Holstein y Pardo Suizo, sin llegar a los niveles de producción y duración de las lactancias del sistema especializado. Los

---

animales se mantienen en condiciones de semiestabulación, en hatos pequeños mantenidos en unidades de producción basadas en la fuerza de trabajo familiar, con producciones de 1500 a 2800 litros de leche por vaca por lactancia. El ordeño se realiza tanto en forma manual como mecanizada, con ordeñadoras individuales o de pocas unidades, careciendo en la gran mayoría de equipo propio para enfriamiento y conservación de la leche, por lo que se considera un nivel medio de incorporación tecnológica en infraestructura y equipo.

La alimentación del ganado se basa en el pastoreo, complementado con forrajes de corte y concentrado; existe cierto tipo de control productivo y programas en reproducción como la inseminación artificial. La leche producida en este sistema se comercializa principalmente como leche bronca.

#### *Doble propósito*

El sistema lechero de doble propósito se encuentra principalmente en zonas tropicales. Los estados que cuentan con el mayor número de vientres en este sistema son: Chiapas, Veracruz, Jalisco, Guerrero, Guanajuato, Tabasco, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí y Tamaulipas. Otros estados con menor cantidad de animales son: Sinaloa, Coahuila, Oaxaca, Campeche, Puebla, Durango, Colima, Yucatán, Hidalgo, Quintana Roo, Morelos, Nuevo León, Querétaro y Baja California Sur.

El ganado de las explotaciones tiene como función zootécnica producir carne o leche dependiendo de la demanda del mercado. Las vacas son ordeñadas a mano una vez al día con el apoyo del becerro, obteniendo producciones que varían de 300 a 700 litros por vaca al año, con técnicas de manejo rudimentarias y el limitado equipo para enfriamiento y acopio de la leche. Las razas de ganado más utilizadas para la producción de leche son la Cebú, Holstein y Pardo Suizo.

Estas vacas son alimentadas con los pastos tropicales y ocasionalmente se emplea subproductos agroindustriales. La leche vendida constituye la principal fuente de ingresos y se utiliza principalmente para mantener la operación de la explotación. La producción de leche tiene tres destinos fundamentales: para consumo como leche bronca, para la elaboración de quesos mediante el uso de

---

tecnología de tipo artesanal, principalmente, y para el procesamiento en empresas agroindustriales.

### *Familiar*

Las regiones donde es más común este tipo de explotación son los estados de Jalisco, Michoacán, Chihuahua, Comarca Lagunera, Puebla, México, Hidalgo y en menor grado en Aguascalientes, Sonora, Oaxaca, Baja California, Tlaxcala, San Luis Potosí y Zacatecas.

Este sistema se basa en la explotación de ganado en condiciones de estabulación o semiestabulación, según las condiciones del campo de cultivo; empleando mano de obra familiar, en instalaciones muy cercanas a la vivienda de la familia. Las razas del ganado son Holstein, en menor proporción Suizo Americano y sus cruza. Aunque el ganado no es de la calidad genética comparado con el utilizado en el sistema especializado, éste se puede considerar como de buena calidad.

Las instalaciones son adaptadas para la producción de leche, aunque poco funcionales. La ordeña se realiza comúnmente a mano, la alimentación del ganado es basada en pastoreo o mediante el suministro de forrajes y esquilmos provenientes de los cultivos que produce el mismo productor. En algunas regiones los esquilmos agrícolas constituyen la base de la alimentación. La leche se destina al autoconsumo y en ocasiones se vende a intermediarios o directamente al público (IIE, 1997; FIRA, 2001; FUNPROVER, 2003; BOVINOS I 2002).

### 1.3.INDUSTRIA DE LÁCTEOS EN MÉXICO

La industria de productos lácteos está dentro de las actividades más importantes en la rama de la industria de alimentos, junto con la industria del maíz y de la carne (FIRA, 2001).

La importancia del sector lechero reside en que genera alrededor de 1.5 millones de empleos y contribuye con el 13% del producto interno bruto del país. Considerando el valor de la producción nacional ganadera, la actividad lechera aporta el 22.8% ubicándose en el segundo lugar de importancia.

En el 2004 la producción obtenida fue de 9,873.8 millones de litros con una distribución geográfica concentrada en 9 entidades federativas. Destacan, en orden de importancia, los estados de Jalisco (17.3%), Coahuila (10.7%), Durango (9.7%) y Chihuahua (7.9%) que ocupan los cuatro primeros lugares en la producción de leche (Ver Gráfica 1) (Lara et. al 2003; SAGARPA, 2004).



Grafica 1. Estados productores de leche en México SAGARPA 2004

El país cuenta con un total de 10 mil 873 empresas que elaboran productos lácteos, y de las cuales sólo 108 se dedican a la pasteurización de la leche. De la leche que se comercializa en el territorio, el 28% se hace como leche fluida sin procesar. Para el abasto es destinado el 18% y para la leche comercial el 54% restante (BOVINOS I 2002).

México es uno de los países con más bajo consumo de leche, con sólo 270 mililitros diarios *per capita*, muy por debajo de otros países como Holanda, Estados Unidos y Nueva Zelanda, cuyo consumo es superior a los 2 litros diarios.

---

Aún así, la producción nacional de leche no satisface la demanda interna, por lo que México se ha convertido en uno de los mayores importadores de leche en polvo.

El crecimiento de empresas lecheras gigantes como Lala y Alpura (que ofrecen una enorme variedad de productos dirigidos a diferentes grupos de consumidores), está dando fortaleza para quedarse con el mercado de lácteos, y se ha convertido en una amenaza para las pequeñas y medianas empresas cuya producción es principalmente de leche pura.

Frente a esta situación, a los pequeños productores de leche les cuesta más trabajo ingresar en nuevos mercados e incluso, permanecer en los que estaban establecidos. Ante la dificultad de competir con la gran diversificación en el sector lácteo, ahora se enfocan a nichos específicos como la producción de quesos (FIRA 2001).

#### **1.4. PRODUCCIÓN DE QUESOS EN MÉXICO**

En el país existen poco más de 1,300 establecimientos que elaboran queso, crema y mantequilla; sin embargo, la gran mayoría de éstos son pequeñas empresas de carácter artesanal. Dentro de la producción de queso es importante contar con un abastecimiento de leche de bajo costo, esto se puede encontrar principalmente en los sistemas de producción tropical de doble propósito y sistemas de tipo familiar.

Un abastecimiento de leche barata es esencial para competir con la gran variedad de quesos que actualmente se están importando de países como Nueva Zelanda y Uruguay. Por sus sistemas de producción basados en pastoreo extensivo, esos países tienen los costos de producción unitarios de leche más bajos del mundo. Aún con los costos de transporte e internación al país, los quesos que provienen de esos lugares representan una competencia importante para la gran industria que produce quesos en nuestro país.

Las industrias queseras líderes, cuentan a diferencia de las pequeñas empresas, con leche de bajo costo y con el abastecimiento de otras materias primas sustitutas, que abaratan sus costos como lo es la leche en polvo

descremada, sueros lácteos, caseinatos, así como otros insumos no lácteos (grasa vegetal).

La tecnología industrial en México es diversa, se encuentra desde el tipo artesanal hasta la más avanzada.

Villegas (2003) clasifica la industria quesera en tres estratos según el volumen de leche procesada:

- Pequeña. Transforma volúmenes menores de 2000 l/día.
- Media. Procesa entre 2000 y 20 000 l/día.
- Gran industria. Trata volúmenes mayores a 20 000 l/día.

En la tabla 5 se plantean algunos rasgos contrastantes entre la gran industria quesera y la pequeña.

| <b>GRAN INDUSTRIA</b>   | <b>PEQUEÑA INDUSTRIA</b>   |
|---|--|
| Plantas transformadoras de grandes volúmenes de leche, mayores a 20 000 l/día. Son escasas en el país.  | Plantas transformadoras de bajos volúmenes de leche (menores de 20 000 l/día). Innumerables queserías en el país, en las zonas templadas y tropicales. Algunas solamente trabajan en forma estacional.   |
| Presentan mayor nivel tecnológico: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor número de equipos</li> <li>- Más moderno</li> <li>- Mayor conocimiento técnico</li> <li>- Mayor organización empresarial</li> </ul>   | Disponen de menor nivel tecnológico: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor equipo</li> <li>- Mayor obsolescencia</li> <li>- Predomina el conocimiento empírico</li> <li>- Deficiente organización empresarial</li> </ul>  |
| Produce derivados con leche pasteurizada, emplea aditivos y ejerce mayor control de calidad en materia prima, procesos y productos.   | Elabora productos con leche cruda o bronca; no emplea aditivos, el control de calidad en materia prima, proceso y productos es muy limitado, o inexistente.  |
| Presenta menores problemas de abastecimiento de leche debido a: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor articulación con productores</li> <li>- Presencia de ganado especializado</li> <li>- Mayor disponibilidad de forraje</li> <li>- Mejores vías de colecta</li> </ul> | Se enfrenta a mayores problemas de abastecimiento debido a : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Escasa articulación con productores</li> <li>- Presencia de ganado criollo y de doble propósito</li> <li>- Disponibilidad de forraje, dependiendo de la estación</li> <li>- Malas vías de colecta</li> </ul> |
| Es más sensible al cambio tecnológico, administrativo, etc.   | Es más conservadora; poco sensible a innovaciones.   |
| Elabora quesos genuinos, pero también quesos extendidos.  | Fabrica solamente quesos genuinos.   |
| Sus productos tienen marca.   | A menudo, sus productos no poseen marca.   |

|   |  |
|---|--|
| Elabora quesos más homogéneos y de mayor vida de anaquel. | Productos más heterogéneos y de menor vida de anaquel.                                   |
| Cumple o tiende a cumplir con la normatividad.            | Desconoce, evade o incumple la normatividad.   |
| Gran importancia económica, por los volúmenes procesados. | Importancia no solo económica, sino social, por el gran número de queseros involucrados. |

Tabla 5. Contrastes entre la gran y pequeña industria quesera en México (Villegas, 2003)

A pesar de la gran desventaja tecnológica que presenta la producción artesanal, ante las empresas líderes en quesos, han logrado sobrevivir en ciertos nichos de mercados regionales y muy particulares, gracias a la gran multiplicidad de costumbres y gustos regionales en el consumo de quesos, ofreciendo un producto que responde a hábitos culturales y a precios más accesibles (FIRA, 2001).

México cuenta con una serie de quesos nacionales, extranjeros y de origen extranjero elaborados en el país. Existen alrededor de 25 a 30 prototipos de quesos genuinos, de los cuales, se ampliaría una gama enorme si se consideraran las variaciones derivadas; de éstos, la mayor parte se elaboran con leche bronca o cruda, podría reducirse a solo cinco los producidos con leche pasteurizada.

La industria quesera de productos genuinos atraviesa por una difícil situación al no poder abatir sus costos de producción, además de tener que competir con análogos, en los que implementan grasas vegetales u otros aditivos para disminuir costos, pero que proporcionan cualidades sensoriales y nutritivas de menor valor, sin embargo, aportan el mayor tonelaje del mercado nacional (Villegas, 2003).

---

## 1.5. TABASCO

### 1.5.1. Producción de leche

La ganadería bovina es una de las actividades que identifican a Tabasco desde la época colonial; ésta se ha orientado a la ganadería de doble propósito. Todo el estado tiene potencial para la producción lechera, pero la región de los Ríos concentra poco más del 40 por ciento de la producción estatal.

En el año 2004 la producción de leche en Tabasco era ligeramente superior a los 100 millones de litros anuales, de los cuales el 55 por ciento se destinó a la industrialización (en la localidad son representadas por las empresas Nestlé y la UNIÓN de Ultra Lácteos de Tabasco), el 30 por ciento para los productores locales de quesos y el 15 por ciento restante para el consumo directo como leche bronca. En la Tabla 6 se muestra la producción de leche de Bovino en los últimos años en el estado.

Este estado contribuye tan solo con el 1% de lácteos a nivel nacional; por otro lado, ha sido identificado como una región apta para el desarrollo de una cuenca lechera, entre otras razones, por el bajo costo de producción de pasto debido a las condiciones climáticas favorables, lo que se traduce en un menor costo de producción de leche y la existencia de cultura pecuaria (vocación ganadera en más del 50% de la población); sin embargo, la producción de leche está poco incentivada, ya que los estímulos a la productividad son insuficientes (Borbolla, 2003; CONACYT 2008).

---

| Leche de Bovino                         | 2007      | 2008       | 2009*     |
|---|-----------|------------|-----------|
| Producción (miles de lts.)              | 110,603.4 | 117,4770.0 | 112,739.4 |
| Precio al productor (\$/lt)             | 3.4       | 3.6        | 3.0       |
| Valor de la producción (millones de \$) | 370,853.2 | 424,759.5  | 339,416.2 |

---

\*Estimado DGEAP-SFA con datos SIAP de 1990 a 2008

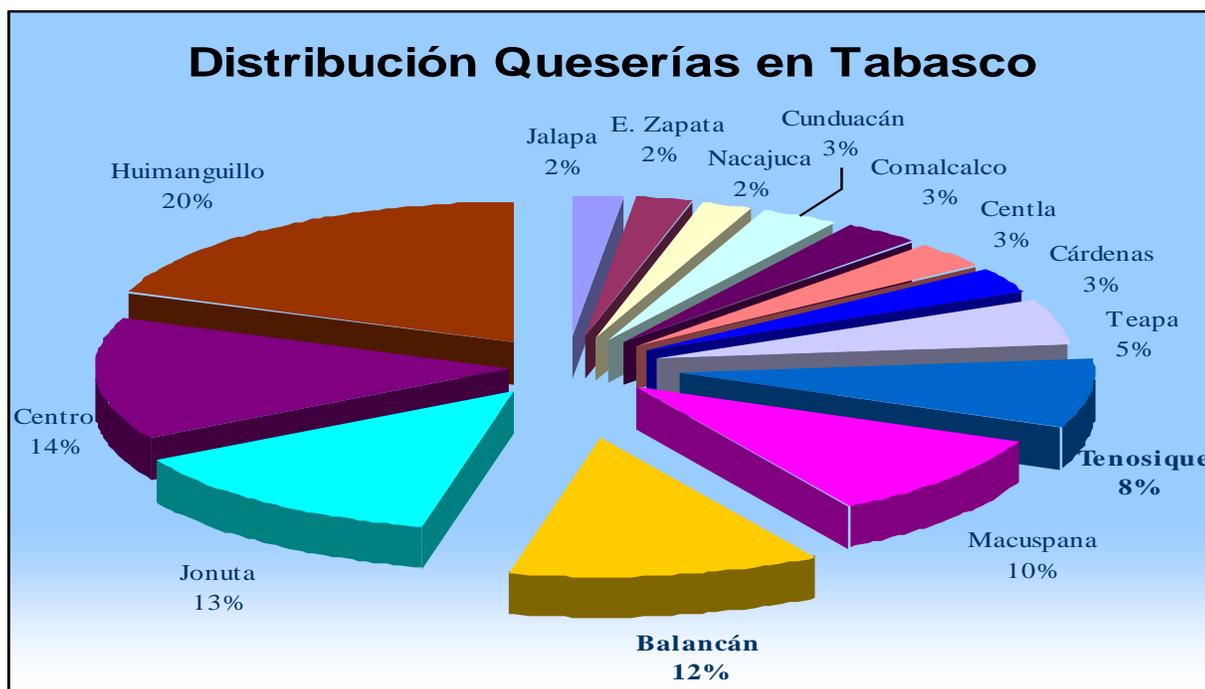
Tabla 6. Producción de leche de bovino en Tabasco 2007-2009 (SIAP, 2009)

### 1.5.2. Producción de quesos

Según la FAO, en México, se comercializan 200 mil toneladas al año de quesos frescos, de los cuales 60 mil toneladas (que representan el 30%), son elaborados con materia prima sin pasteurizar y con deficiencia higiénica.

En Tabasco, la producción de leche destinada a la elaboración de quesos es de 46'512,000 litros anuales; siendo el queso fresco, queso crema y doble crema, el queso tipo Oaxaca, tipo cotija, tipo chihuahua, botanero, de poro, tipo manchego entre otros, los que mayormente se elaboran.

En 14 municipios (Gráfica 2) del Estado se cuenta con 112 fábricas de quesos, de las cuales el 1.8% pasteuriza la leche, los que representa solo dos establecimientos del municipio de Centro (Castro et al., 2007).



Gráfica 2. Distribución de las quiserías en Tabasco Fuente: [www.fundaciontabasco](http://www.fundaciontabasco)

### 1.5.3. Características de las regiones productoras de queso de poro



Figura 2. Tipo de clima en las regiones de Tabasco

#### *Ubicación*

Los municipios Balancán y Tenosique comprenden una superficie de 5 474 km<sup>2</sup>, que representa el 22 por ciento del territorio del estado de Tabasco. Se encuentran dentro de la región del Usumacinta, localizada al sureste de la entidad, limitando con el vecino país de Guatemala, al norte colinda con el estado de Campeche, al este con el municipio de Emiliano Zapata y el estado de Chiapas. El clima que predomina es cálido húmedo con lluvias en verano (figura 2), su temperatura media anual es de 30.5° C., las máximas temperaturas se registran en los meses de abril, mayo y junio con una mínima absoluta entre los 28.4° C. y 26.9° C. la precipitación promedio es de 2 750 mm al año (Sánchez, 1999; INEGI 2001; Márquez et. al, 2008).

#### *Tipo de suelos*

La zona es de suelos inundados con importante cantidad de arcillas y de fluvisoles en la cercanía de los ríos o en la porción donde corre el río Usumacinta. Los suelos son expansivos; en seco se contraen y en húmedo aumentan su volumen; son fácilmente inundables. Cuando secos, pueden provocar hundimientos irregulares en las construcciones y alta erodabilidad. Las prácticas agrícolas, la ganadería y las obras hechas por el hombre están en constante peligro, debido a las sucesivas inundaciones o crecidas de finales del verano y otoño.

---

## Pastos

Los pastos en el estado de Tabasco, constituyen la principal fuente de alimentación para la ganadería bovina. Los parámetros de coeficientes de agostadero (hectárea/ Unidad Animal), en los municipios de Balancán y Tenosique, son de 3 a 4 hectáreas (Unidad Animal/año, con forraje disponible para el pastoreo [materia seca] entre 1.231-1.642 toneladas /hectárea/año), con capacidad de carga animal de 0.2500-0.3330 unidades animal/hectárea/ año.

Los pastos están clasificados como: pastos naturales, agostadero o enmontado y superficie con pasto cultivado, donde pastorea el ganado bovino. Se dividen en dos grandes grupos: pastos nativos por su origen, como los de la sabana, en que abundan las gramíneas de los géneros *Andropogon spp.*, *Paspalum spp.*, *Axonopus spp.*, *Heteropogon spp.*, sitios en los cuales se lleva a efecto la ganadería extensiva prevaeciente en Tabasco, y pastos cultivados.

Los pastos cultivados comprenden a aquéllos que en forma rotativa, controlando malezas al menos dos veces al año, sirven para la producción comercial, o se destinan al becerro para la misma unidad de producción. Estos pastos se adaptan fácilmente a las condiciones de inundación y acidez de los suelos, es más fácil encontrarlos en partes altas, como Balancán y Tenosique donde destaca Estrella Africana (*Cynodon plectostachyus*, y el Pangola *Digitaria decumbens*) (Sánchez, 1999).

### Tipo de ganado

En las vastas regiones tropicales de América Latina, el *Bos indicus* o Cebú es el ganado predominante, ya que el trópico es su ambiente natural y su adaptación ha sido fácil.

La raza Pardo Suiza en la actualidad se encuentra altamente diseminada en el trópico húmedo mexicano y Centroamérica. En México hay hatos de ganado Pardo Suizo establecidos en regiones tropicales a lo largo del Golfo de México y sureste del país, donde se explota como ganado de doble propósito; la mayor concentración de hatos se sitúa en los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas.

Su rendimiento en el trópico es bajo si se compara con el rendimiento de rebaños que se encuentran en clima templado y son criados intensivamente.

---

Las características zootécnicas de mayor importancia para esta raza son su rusticidad, que la puede hacer más adaptable para climas tropicales; es una buena productora de leche con alto contenido de grasa y proteína, lo cual permite la elaboración de subproductos lácteos de alta calidad. Debido a que esta raza es originaria de zonas altas, tiene un mayor índice de hemoglobina, lo que también contribuye a que se adapte a zonas calurosas.

La leche que producen las vacas Pardo Suizo es idónea para la fabricación de quesos debido al polimorfismo genético de la caseína, K- caseína, ya que se ha encontrado que influye en las propiedades coagulantes de la leche (BOVINOS I, 2002; Hidalgo y Seralde, 2005; Montaña, 2008).

#### *Sistema de producción*

El sistema de producción predominante es extensivo, la alimentación del ganado es a base del pastoreo, en forma irregular se proporciona una deficiente suplementación mineral de únicamente sal común (Román, 1981).

Debido a que el ganado se alimenta de pasto, la nutrición de los animales se ve condicionada por la calidad (ver tabla 7) y cantidad del forraje disponible, que a su vez, está sujeto a condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, radiación, precipitación) y tipos de zacates. Vieira (1965) plantea que los pastos tropicales son de menor valor nutritivo, en comparación con los pastos de las zonas templadas, debido a su escaso contenido de proteína y como contrapartida su riqueza en fibra.

Los pastos y otras plantas contienen una importante cantidad de fibra, la cual está conformada por sustancias que en su mayoría son carbohidratos complejos, como hemicelulosa y principalmente celulosa. Este polisacárido presenta un tipo de enlace $\beta$ , ya que el tracto intestinal carece de enzimas que rompan estos enlaces, no puede ser aprovechado directamente. Por otra parte, los microorganismos que habitan en el rumen si pueden fermentar este componente, convirtiéndolo así en una importante fuente de energía.

En la fibra también se encuentran componentes que no son carbohidratos verdaderos, como son la lignina, sílice y cutina (presente principalmente en cáscaras de semillas, en tallos y hojas, se presenta como una pequeña capa

impermeable) cuya proporción influye en la digestibilidad. A medida que la planta es más madura la digestibilidad disminuye, esto es porque las paredes celulares se hacen más gruesas y resistentes a la digestión, también hay un aumento en la cantidad de lignina y/o sílice.

Cuanto mayor es el contenido en lignina, más leñosa o “lignificada” resulta la planta, como consecuencia, disminuye la digestibilidad y además evita que otros nutrientes sean atacados por los microorganismos del rumen (Miller, 1989).

| COMPOSICIÓN                    | PASTOS VERDES | PASTOS SECOS |
|--------------------------------|---------------|--------------|
| ↓                              | ↓             | ↓            |
| AGUA                           | 84.5          | 15.0         |
| PROTEINAS                      | 3.5           | 4.5          |
| GRASAS                         | 1.0           | 2.0          |
| HIDRATOS DE CARBONO “SOLUBLES” | 11.5          | 37.3         |
| CELULOSA                       | 7.5           | 35.0         |
| CENIZAS                        | 2.0           | 5.7          |

Tabla 7. Composición media porcentual de los pastos (Helman, 1983)

---

## 1.6. QUESO DE PORO

### 1.6.1. Definición

El queso de poro es un producto regional que se elabora en la zona de los Ríos en el estado de Tabasco específicamente, en los municipios de Balancán, Tenosique y Emiliano Zapata.

Es un queso fresco o ligeramente madurado, de pasta blanda y prensada, elaborado con leche entera cruda de vaca, de ganado cruzado cebú-pardo suizo. Es un queso muy popular en la región, al cual se le conoce como queso de Balancán o “Queso de poro”. Es llamado así, ya que durante su maduración se forman pequeños poros, a los cuales se les atribuye la formación de capas que se pueden presenciar en la pasta al realizar un corte. Este producto a menudo experimenta una maduración involuntaria, dependiendo del tiempo que tarde su comercialización, debido a que algunos establecimientos lo mantienen fuera de refrigeración y lo exponen a temperatura ambiente, que suelen ser altas (entre 30 y 40°C).

Se presenta al mercado en piezas pequeñas, prismático-rectangulares planas, con un peso que oscila entre 250 gr y 1 kg., su precio es alrededor de \$100 y \$120 el kg. Las piezas vienen parafinadas (con parafina transparente) y envueltas en papel celofán amarillo, bajo el cual luce su etiqueta.

La pasta de este queso se encuentra fuertemente desmineralizada debido al reposo prolongado (varias horas) de la cuajada húmeda en el molde. Durante el proceso de desmineralización la acidez de la pasta aumenta (es decir, el pH disminuye) constituyendo ésta en un factor para su conservación y una característica sensorial.

En cuanto a rendimiento, en este producto se obtienen cifras que oscilan entre 9 y 11 kg de queso por 100 L de leche procesada; varía según la calidad de la leche, dependiendo de la época del año, siendo la mejor temporada en los meses de mayo a diciembre (Villegas, 2003).



Figura 3. Queso de poro (Usumacinta y El tigre)

---

### 1.6.2. Consolidación

Los productores de queso tienen el interés de modernizar su producción y en colaboración con diversas instancias públicas estatales y federales, para lo que han conformado asociaciones y organizaciones para la solución de problemas comunes e incluso para la gestión de una *Marca Colectiva* del Queso de Poro de Balancán. El éxito de dichas iniciativas depende de la solución de limitantes organizativas, financieras, de infraestructura (caminos, electrificación, etc.) y por supuesto de carácter científico-tecnológico.

Dentro de estas últimas pueden mencionarse un nivel tecnológico aún insuficiente para garantizar una inserción exitosa en mercados nacionales o internacionales, una falta de técnicos especializados en lechería, de programas de capacitación acorde a las necesidades del sector, una baja productividad de las unidades de producción y la resistencia al cambio en el manejo higiénico de la leche (bajo argumentos de cambios en las características organolépticas del producto final).

La red de productores ha identificado que los siguientes puntos, además de los ya mencionados, son necesarios e importantes para mejorar el desarrollo de sus procesos de producción e innovación tecnológica:

- ❖ Desarrollo de un cultivo láctico, el cual proporcione en el queso de poro las propiedades organolépticas que lo caracterizan, de esta forma podrían implementar el uso de leche pasteurizada.
- ❖ Estandarización tanto de la materia prima como del producto terminado; para ello es necesario el estudio de la leche como materia prima y del queso, aunado con su maduración para poder establecer estándares que permitan tener un producto homogéneo.
- ❖ El uso de un recubrimiento apropiado que permita aumentar la vida de anaquel, para poder sustituir la parafina.
- ❖ Salado, poder emplear salmueras para tener un salado más homogéneo para estandarizar esta etapa por lo cual se deben identificar los porcentajes de sal y el tiempo necesario (CONACYT, 2008; Fundación Tabasco, 2007).

---

### **1.6.3. Proceso de elaboración**

A continuación se indican los pasos mencionados por los productores para la elaboración de este queso, aunado con lo que cita la literatura respecto a la importancia de cada etapa.

#### **❖ Ordeña**

Esta maniobra se realiza en la mañana aproximadamente a las 6:00 o 7:00 am. La Secretaría de Salud establece que las vacas deben estar completamente sanas; antes de la ordeña, las ubres deben lavarse perfectamente y secar posteriormente los pezones, el ordeñador debe lavarse las manos antes de extraer la leche, para evitar contaminación en ésta.

#### **❖ Leche como materia prima**

La calidad bacteriológica de la leche es un factor importante que el quesero debe tener presente, ya que ésta, no se expone a ningún tratamiento como el de pasteurización (proceso térmico que tiene la finalidad de eliminar los microorganismos o sistemas enzimáticos que son perjudiciales en el proceso quesero y principalmente la destrucción de bacterias patógenas, que son peligrosas para el consumidor) (Luquet 1993; Scott et al., 2002). Por otro lado, la omisión de este tratamiento permite la presencia de una flora bacteriana y enzimas que le confieren propiedades características, al queso de poro.

Los microorganismos proceden de diferentes fuentes como son:

- *Provenientes del animal.* En la vaca sana, aunque teóricamente la leche al salir del pezón debería ser estéril, contiene de 100 a 10,000 bacterias por ml. Las especies más frecuentes en la ubre sana son micrococos y corinebacterias termolábiles. La acción proteolítica de los micrococos, donde se liberan péptidos y aminoácidos, favorece el desarrollo de las bacterias lácticas, muy deseables en la fabricación de algunos quesos.

Los pezones constituyen una fuente de esporos bacterianos si no se lava y seca bien la ubre. Una vaca que padezca mamitis clínica (infección de la glándula mamaria) puede producir una leche que contenga hasta  $10^7$  bacterias por ml.

---

Los pelos y otras impurezas procedentes de la piel del animal también contribuyen a la contaminación de la leche.

- *Ambiente*. En el aire hay muchas partículas de polvo, éstas transportan esporas de mohos, bacterias esporuladas, micrococos y estreptococos. El Estiércol es la principal fuente de enterobacterias que contaminan la leche. Este grupo incluye bacterias coliformes (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter*), y cepas patógenas de *E. coli* y de *Klebsiella pneumoniae*. Estos microorganismos pueden originar hinchamientos y defectos del gusto en los quesos, que principalmente aparecen cuando la acidez es escasa.

La paja utilizada como cama por los animales está contaminada por microorganismos que proceden del suelo: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Streptococcus*, *Lactobacillus* y *Clostridium*. Por lo tanto, es una fuente de microorganismos psicrótrofos, mesófilos y termorresistentes.

El ordeñador, sucio, con ropas cargadas de polvo y suciedades, es una causa más de contaminación. Es preciso también tener en cuenta la salud del ordeñador, las bacterias y virus de origen humano también pueden llegar a la leche (Amiot, 1991).

- *Utensilios*. Son millares los gérmenes que pueden existir sobre las paredes de los utensilios mal lavados y mal secados: bacterias de la microflora psicrófila; bacterias lácticas, gérmenes del grupo *Escheria-Aerobacter*, etc. (Alais, 1994).

Por ello la presencia de microorganismos en la leche no será siempre constante, dependerá del tratamiento que se le aplique durante el ordeño y posterior a éste.

Otro factor importante que implica utilizar leche cruda, es la variabilidad en su composición; la relación grasa- proteína (caseína) se ve afectada principalmente por las variaciones estacionales, si dicha relación varía, el cuerpo del queso será demasiado blando o excesivamente duro afectando así el mantenimiento de la calidad del queso (Scott et al., 2002).

---

#### ❖ Adición del suero ácido a la leche.

A la leche cruda se le agrega alrededor de 5% en volumen de lactosuero ácido de un día anterior (sin refrigerar; figura 5). Se deja fermentar durante toda la noche a temperatura ambiente.



Figura 4. Almacenamiento del lactosuero ácido. (Fotografía tomada en la quesería 3 Hermanos)

El suero ácido está compuesto por lactosa (se ve reducida debido a la fermentación láctica que sufre, elevando así la acidez del suero hasta 120°D), proteínas, minerales, riboflavina, ácido pantoténico, ácido cítrico, también contiene restos de cuajo activo y un gran número de bacterias que proceden principalmente del crecimiento del fermento durante la fabricación del queso; este suero funciona como un cultivo láctico, promueve rápidamente la acidez en la leche (Amiot, 1991; Alais, 1994).

El desarrollo de la acidez durante esta etapa tiene los siguientes efectos:

- La desestabilización de las micelas debido a que disminuye la ionización de los radicales ácidos de las caseínas (aspárticos, glutámicos, fosfoserínicos); esto reduce el potencial de carga superficial y el nivel de hidratación, lo cual tiene como consecuencia la disminución del poder secuestrante de las caseínas  $\alpha$ s y  $\beta$  y el aumento de la solubilización de las sales hacia la fase acuosa. Dependiendo del pH se dará una desmineralización de la micela, que es total a un pH inferior a 5.0.
- Al llegar al pH isoelectrico (pH=4.6) se forma una red proteica insoluble constituida por uniones intermoleculares de tipo electrostático e hidrofóbico. La coagulación depende, además del pH, de la temperatura ( a baja

---

temperatura, 0-5°C, la floculación de la caseína no se produce aunque esté en el punto isoeléctrico, solo se logra un incremento en la viscosidad relacionada con la dispersión de las micelas, sin embargo, puede inducirse la floculación calentando hasta alcanzar una temperatura de 20°C, y a 40°C puede darse el suceso a un pH=5.2) y del contenido en sales (principalmente calcio) (Eck, 1990; García-Garibay et al., 2004).

- El descenso de pH durante el proceso de elaboración impide el desarrollo de bacterias alterantes y patógenas. El grado de acidificación influye sobre la textura del queso y también proporciona las condiciones ambientales adecuadas para la formación de compuestos aromáticos (Veisseyre, 1988; Early, 2000).
- El desarrollo de la acidez facilita la contracción de la cuajada enzimática y favorece el drenaje del suero por sinéresis.

#### ❖ **Cuajado.**

Se incorpora el cuajo líquido (cuajo microbiano CUAMEX XXX) y se deja cuajar a una temperatura de 34-36°C de 2-4 horas (figura 6).

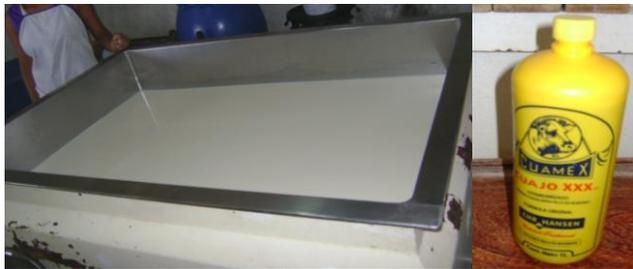


Figura 6. Cuajado de la leche con cuajo líquido (CUAMEX XXX). (Fotografía tomada en la quesería 3 Hermanos)

Para la coagulación de la leche en la elaboración de quesos se pueden emplear diferentes enzimas proteolíticas de origen bacteriano, fúngico, vegetal o animal, la más utilizada tradicionalmente es el cuajo (mezcla de quimosina y pepsina excretada en el estómago de los rumiantes lactantes; el porcentaje de estas enzimas depende de la edad del animal), pero debido al déficit que existe en éste, por la creciente demanda de quesos en el mundo y la tendencia a la baja de la carne de ternera en los mercados ha obligado a los fabricantes de quesos a buscar otras fuentes enzimáticas como los cuajos microbianos comerciales que se



---

La velocidad de coagulación de la leche depende de los siguientes factores:

- Dosis del cuajo (proporcional a la dosis del cuajo).
- Temperatura (por debajo de 10°C, la coagulación de la leche no se produce, de 10-20°C la coagulación es lenta, por encima de 20°C, aumenta progresivamente hasta 40-42°C; por encima de 65°C ya no se presenta coagulación debido a que el enzima se inactiva).
- pH, acidez (el cuajo se inactiva en medio alcalino; cuando el pH es inferior a 7 se acelera la gelificación debido a que se acerca al pH óptimo en el que actúa el enzima que es de 5.5 y hay una reducción de cargas eléctricas en las micelas de caseína con lo que disminuye su estabilidad, aunado con la liberación de iones  $\text{Ca}^{++}$ . El aumento de la velocidad de coagulación por descenso del pH incrementa a la par el endurecimiento del gel, excepto si el pH desciende por debajo de 6.0, pH a partir del cual se presenta la desmineralización; aquí el gel presentaría características de un coagulo mixto (mitad ácido y mitad enzimático).
- Contenido de sales de calcio (cuando las micelas han sido sometidas a la acción del cuajo se vuelven sensibles al  $\text{Ca}^{++}$ ; por lo tanto las mínimas modificaciones del contenido en la leche de iones  $\text{Ca}^{++}$  influirá en la velocidad de coagulación).

Si la especificidad de la proteasa disminuye (ocurre cuando se manejan enzimas diferentes a la quimosina), se hidrolizan diversos enlaces de las caseínas lo cual puede repercutir negativamente en la textura del producto, en su capacidad para retener agua y grasa (por lo tanto en el rendimiento), y en la generación de péptidos que confieren sabores amargos (Villegas 2003; García-Garibay et al., 2004; Eck, 1990; Bedolla *et.al*, 2008).

#### ❖ **Corte de la cuajada.**

Una vez formado el gel se realizan cortes longitudinales con un sable de acero inoxidable o de madera, para formar bloques de 10 x10 cm apox. (Figura 9).

La finalidad de realizar cortes en la cuajada es aumentar la superficie de exudación del lactosuero, que será mayor entre más pequeño sea el tamaño de los granos de la cuajada. Para evitar la pérdida de proteínas y grasa en el

---

lactosuero, es conveniente efectuar el cortado cuando está todavía fuertemente mineralizada y no ha alcanzado aún un grado muy elevado de endurecimiento, pero que presente cierta rigidez.

La capacidad de la cuajada para sufrir sinéresis (expulsión de agua y constituyentes solubles por la contracción del coágulo) y soportar este tratamiento mecánico, depende de sus propiedades reológicas. En el caso de la coagulación mixta dependerá de la cantidad y especificidad del enzima además de la acidez, que le confiere a cada coágulo características propias que se sitúan en un gradiente que va desde las de un coágulo obtenido por vía enzimática (presenta fuertes enlaces de unión que producen la contracción acentuada del gel, que al estar mineralizado es poco permeable y elástico, siendo necesario el corte para favorecer el desuerado) y las de un coágulo obtenido por vía ácida (produce desuerado escaso debido a que la estructura está desmineralizada y la red poco estructurada solo experimenta una débil contracción; resultando así una pasta plástica que retiene una elevada cantidad de lactosuero y que no soporta acciones mecánicas) (Mahaut et al., 2003; Eck, 1990).



Figura 9. Corte de la cuajada. (Fotografías tomadas en la quesería 3 Hermanos)

#### ❖ **Reposo de la cuajada.**

El reposo tarda entre 2 y 4 horas. El propósito de esta operación es proporcionar la multiplicación de microorganismos acidificantes provenientes del lactosuero agregado como cultivo iniciador junto con los nativos de la leche y, consecuentemente, el desarrollo de la acidez en la masa, confiriéndole a ésta, la textura y plasticidad conveniente. Los bloques quedan sumergidos en el suero (figura 10).

---

La acidez favorece el drenado del suero debido a que el descenso de pH disminuye el agua de hidratación de las micelas y provoca una solubilización parcial de las sales de  $\text{Ca}^{++}$  de la caseína, que al desenmascarar ciertos radicales reactivos, favorece la implantación de enlaces secundarios necesarios para la contracción del coágulo. Además la eliminación de un número adecuado de enlaces cálcicos asegura una mayor permeabilidad del coágulo.

La velocidad de acidificación depende de varios factores como el fermento (cantidad añadida, tipo, cepas que lo componen, la composición, pre tratamientos de la leche, y la temperatura durante el tratamiento de la cuajada).

La temperatura es importante en el desuerado del gel, ya que al aumentarla, disminuye el grado de hidratación de los granos de cuajada, baja la viscosidad del lactosuero, se refuerzan las uniones hidrofóbicas en el interior del grano de la cuajada que se extrae y expulsa la fase acuosa fuera del grano.

Las temperaturas empleadas en quesería varían entre los 20°C (pasta fresca), 35°C (pasta blanda prensada) y 53-57°C (pasta prensada cocida). Sin embargo, esta temperatura no es constante, ya que al retirar el suero se nota un descenso que frena la sinéresis.

Cuando los granos llevan un tiempo en el lactosuero, el ácido láctico difunde desde ellos hacia el suero, y la lactosa en dirección opuesta. De esta manera, el ácido se reparte por todo el contenido de la cuba (Veisseyre, 1988; Eck, 1990; Walstra et.al, 2001; Villegas, 2003).



Figura 10. Reposo de la cuajada después del corte (Fotografías tomadas en las queserías: a) 3 Hermanos y b) 4 Hermanos)

---

### ❖ **Desuerado en molde.**

Se efectúa disponiendo la cuajada (cortada en bloque) en moldes de escurrimiento prismático-rectangulares de madera; éstos son más altos que los de prensado. Por auto compresión la pasta exuda suero gradualmente, el cual escapa por los orificios laterales del molde y por la abertura inferior del mismo (figura 11).

En el moldeado la cuajada adopta la forma del molde, gracias a que ocurre una deformación de los granos, logrando así el contacto entre ellos en toda su área.

La deformación depende de la composición de la cuajada, del pH (al descender el pH, la deformación aumenta hasta que se alcanzan valores de pH 5,2-5,3; a pH menor a este disminuye la deformabilidad), aumenta con el contenido de agua y temperatura (a valores altos, la cuajada puede moldearse a cualquier forma) (Walstra et. al, 2001; Villegas, 2003; Mahaut et al., 2003).



Figura 11. Desuerado de la cuajada del queso de poro. (Fotografía tomada en la quesería Usumacinta)

### ❖ **Reposo de la cuajada en moldes**

En seguida del moldeado, se efectúan cuatro “vires” o inversiones de los moldes en un lapso de 2-4 horas; el propósito es que el autoprensado de la masa sea uniforme por las dos caras de la pieza, además de favorecer el desuerado estancado en la pasta.

Después del último “vire”, la cuajada permanece dentro de los moldes durante un tiempo prolongado, entre 15 y 24 horas (Figura 12). El propósito es

---

continuar acidificando (y desmineralizando) la pasta para lograr la fusión de los granos, ya que se ve favorecida cuando el pH es bajo. Este efecto se puede atribuir a que se establecen con facilidad nuevos enlaces entre las micelas de paracaseína.

Una vez que se consigue la fusión de los granos, se obtiene una buena consistencia en las piezas, antes del prensado (Walstra et. al, 2001; Villegas, 2003).



Figura 12. Reposo de la cuajada del queso de poro en el molde (Fotografía tomada en la quesería Usumacinta)

#### ❖ **Prensado.**

Los quesos se pasan a un molde de madera más corto. El prensado se realiza con prensas rústicas de madera resistente, a las cuales se sujeta una pesa de concreto de 10 kg aprox. (figura 13); a las 5 horas de prensado se da un salado por frotado a los quesos y se vuelve a prensar. La pesa se desplaza a lo largo de la palanca durante el lapso de prensado (20-24 horas), intensificándose gradualmente la presión.

Este tratamiento tiene la finalidad de dar la forma definitiva al queso, evacuar el suero y el aire atrapados entre los granos, favorecer la unión de los granos e inducir la formación de una corteza.



Figura 13 Prensado del queso de poro (Fotografías tomadas en las queserías: a) 4 Hermanos y b) Usumacinta)

---

### ❖ **Salado.**

El salado final del queso se realiza frotando cada pieza con sal, en sucesivas aplicaciones, durante tres días. Después de cada frotado, las unidades se introducen en el armario de “maduración”.

El cloruro de sodio adicionado a los quesos posee un triple papel:

- Completa el desuerado del queso favoreciendo el drenado de la fase acuosa de la pasta. Modifica, igualmente, la hidratación de las proteínas e interviene en la formación de la corteza.
- Actúa, directamente o a través de la modificación de la actividad de agua, sobre el desarrollo de los microorganismos y la actividad enzimática; por todo ello, actúa en la fase de afinado.
- Aumentar el potencial organoléptico del queso o enmascarar determinadas sustancias que se forman durante su afinado (Eck, 1990; Mosqueira y Grass, 2004).



Figura. 14 recipiente donde se da el salado de los quesos (Fotografía tomada en la quesería 3 Hermanos)

### ❖ **Maduración.**

Se colocan las piezas de queso, en un armario que en su mayoría están hechos de madera, y algunos tienen mayas por las cuales circula cierta ventilación del ambiente (Figura 15). Dentro de éste se mantienen las piezas en pilas durante cinco días. Por la elevada temperatura que prevalece dentro del armario (entre 30 y 40°C) se produce una “maduración” acelerada de la pasta; esto repercute en el fuerte olor- sabor característico del queso de poro.



Figura 15. Armarios de maduración del queso de poro (Fotografías tomadas en las queserías: a) 4 Hermanos, b) 3 Hermanos y c) Usumacinta)

### *Proceso madurativo*

Es un proceso que involucra una serie de reacciones microbiológicas, bioquímicas y químicas, las cuales, producen cambios profundos que afectan la apariencia, textura, gusto y aroma en el queso; esta transformación es el resultado de la presencia de factores internos (propiedades fisicoquímicas del coágulo y los agentes de maduración ( microorganismos y enzimas) y externos (condiciones del ambiente que dirigen la actividad de los agentes de maduración para obtener las características deseables en cada queso).

La degradación primaria de los constituyentes de la leche por glucolisis, lipolisis y proteólisis lleva a la formación de un amplio intervalo de precursores de los compuestos del sabor; estos cambios continúan con una serie de reacciones catabólicas secundarias, las cuales son responsables del único perfil de aroma, particular para cada variedad de queso. Dichas reacciones son catalizadas por

enzimas que provienen de la leche (nativas), del cuajo, de los cultivos iniciadores, bacterias ácido lácticas adjunto a los microorganismos secundarios ( Chamorro y Losada, 2002; Garcia- Garibay et al., 2004; Castillo et. al 2007; Coker et.al. 2005; Wilkinson y Kilcawleyb, 2005).

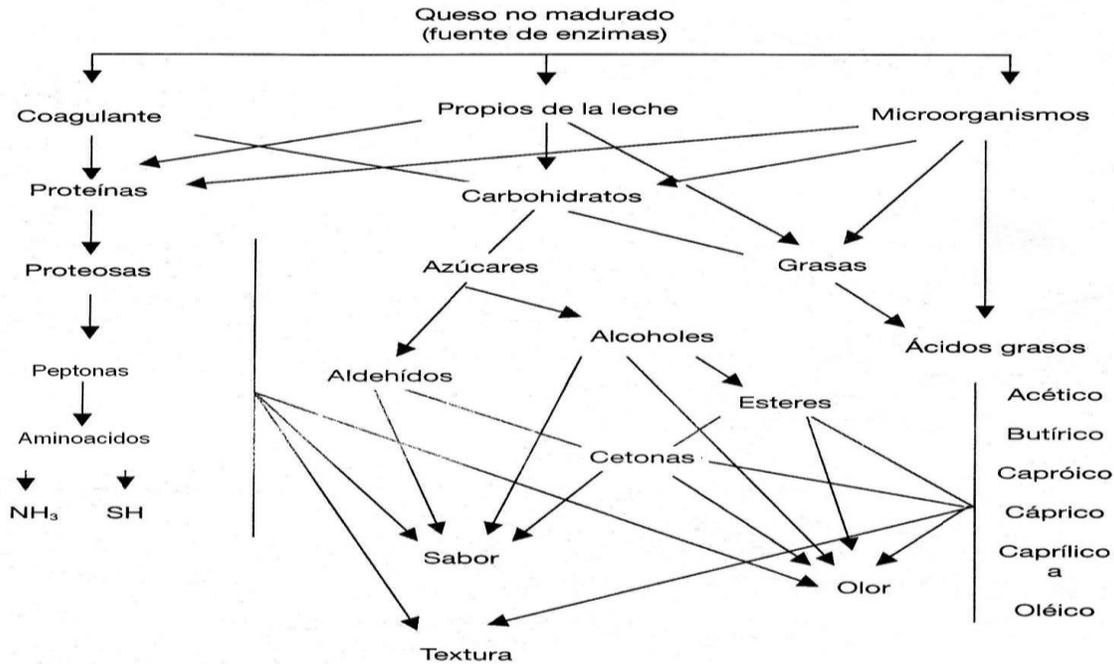


Figura 16. Procesos enzimáticos en la maduración del queso (Chamorro y Losada 2002)

### Glucólisis

Durante el proceso de elaboración se lleva a cabo la fermentación de la lactosa a través de las bacterias ácido lácticas y se obtiene ácido láctico en una proporción variable según el tipo de queso. La mayor parte de la lactosa que no se transforma se elimina con el lactosuero y la que permanece en la fase acuosa de la cuajada sufre la fermentación láctica durante los primeros días de maduración y prácticamente a los 10 días ha desaparecido.

Casi todo el proceso fermentativo de la lactosa lo llevan a cabo las bacterias lácticas homofermentativas donde se obtiene un 85-95% de ácido láctico. Cuando intervienen microorganismos heterofermentativos, se obtiene el 50% de ácido láctico, además se forman compuestos secundarios que participan en el desarrollo

del aroma como ácido acético, succínico, fórmico, anhídrido carbónico, alcohol etílico, acetona, diacetilo, y otros productos volátiles.

El ácido láctico resultante de la fermentación de la lactosa se combina con el calcio del lactosuero para formar lactato. El ácido láctico o su lactato puede ser metabolizado por determinados microorganismos, y así generar sustancias que contribuyen a formar su conjunto olfato-gustativo (Amiot, 1991; Chamorro y Losada, 2002)

### **Proteólisis**

Los efectos que resultan de la proteólisis son: cambios en la textura del queso, contribuye directa o indirectamente al aroma, potencia el sabor, gracias a la liberación de sustancias sápidas durante la masticación; en ocasiones se obtienen características indeseables (coloraciones marrón, formación de cristales y sabores amargos) (figura17).

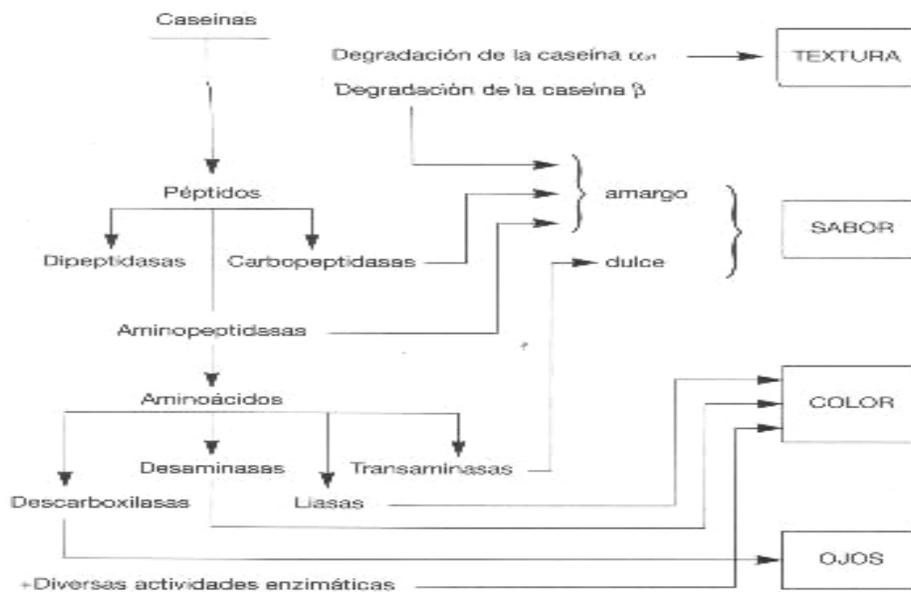


Figura17. Incidencias de la degradación de las proteínas en los caracteres sensoriales del queso (Chamorro y Losada 2002)

---

Los sucesos que ocurren durante esta etapa son:

**a) Solubilización de la caseína**

Es el fenómeno más importante de la maduración, ya que afecta la textura y el sabor. En el queso desuerado existe de un 4 a un 8% de sustancias nitrogenadas solubles en el agua; al final de la maduración, esta proporción se eleva entre 20 y 50% según el tipo de queso.

Consiste en una ruptura progresiva de la red proteica de la cuajada la cual promueve la solubilización de las proteínas provocando de esta manera que la masa del queso se vuelva más blanda y untuosa; además de encontrar en los productos de degradación de la caseína sustancias que poseen aroma y sabor, especialmente los aminoácidos que desarrollan en el paladar una primera sensación gustativa como:

- Amargo: metionina, histidina, lisina, triptófano, leucina, isoleucina, arginina, Fenilalanina, tiramina.
- Dulce: serina, glicocola, alanina, hidroxiprolina, prolina, ácido aminobutírico, valina, treonina.
- Sabor umami: ácido aspártico, ácido glutámico.
- Insípidos: asparagina, glutamina, tirosina.
- Sensación que recuerda a goma: cistina.

Una fracción de estos aminoácidos libres pueden sufrir reacciones de descomposición produciendo compuestos más sencillos como: ácidos, aminas, amoníaco (Alais, 1986).

**b) Las proteasas de los quesos**

Las proteasas reciben diferentes denominaciones según su forma de actuar. Las proteinasas no rompen más que algunos enlaces peptídicos. Las peptidasas rompen todos los enlaces y dan aminoácidos libres. Estos pueden a su vez descomponerse por la acción de las descarboxilasas (produciendo aminas) y las desaminasas (que producen ácidos) (Figura18).

Durante la maduración, la proteólisis está catalizada por varios tipos de enzimas, en proporción variable según el método de fabricación.

Dentro de estas enzimas se tiene: a) Las proteinasas naturales de la leche, (plasmina que es una proteinasa alcalina, termorresistente, se encuentra asociada a las micelas de caseína y catepsina D que es una proteinasa ácida, más termosensible que la plasmina) (Wilkinson y Kilcawley, 2005). b) El cuajo (quimosina y pepsina o proteinasas ácidas de origen microbiano o vegetal según el tipo de cuajo utilizado), c) Enzimas de bacterias lácticas del cultivo iniciador, d) Proteasas de microorganismos que no forman parte de los cultivos iniciadores (Sousa et al., 2001).

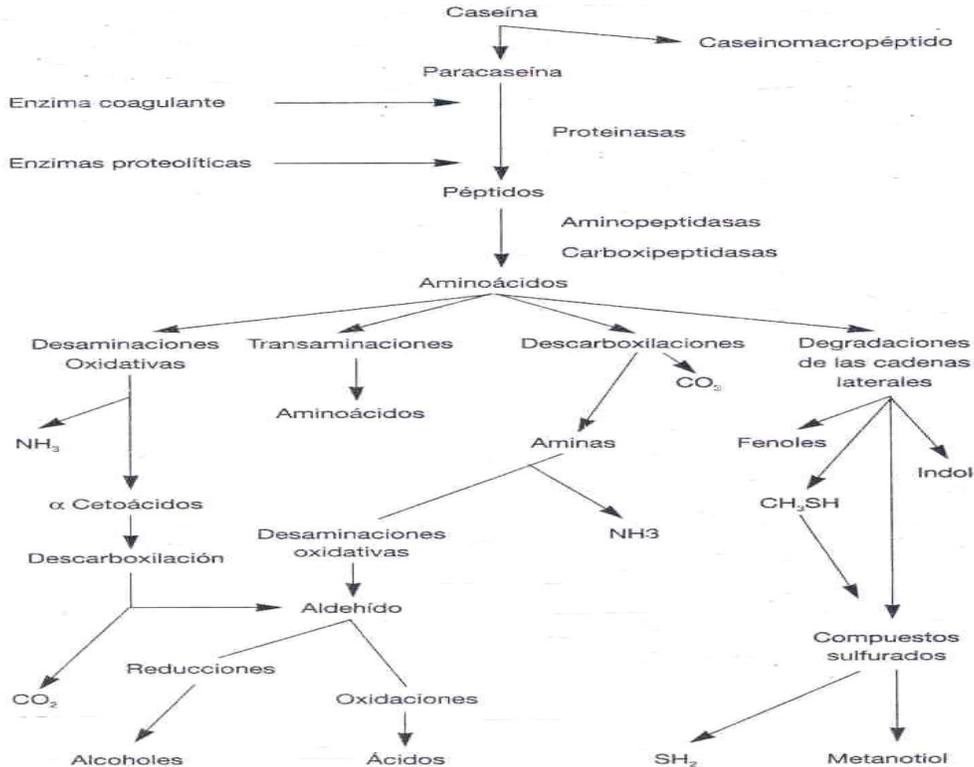


Figura18. Degradación de las caseínas y catabolismo de los aminoácidos (Chamorro y Losada 2002).

## Lipólisis

Este proceso es importante porque mediante la hidrólisis de los triglicéridos, inducido por enzimas (lipasas), se producen compuestos (ácidos grasos y productos derivados) que contribuyen a la formación del conjunto olfato-gustativo (Figura19). Los ácidos grasos al asociarse a proteínas y péptidos influye también

en la textura del queso, además diglicéridos y monoglicéridos al ser sustancias tensoactivas juega un papel importante en la interacción entre el agua y otras moléculas.

Los ácidos grasos de cadena corta y mediana (hasta 12 átomos de carbono) influyen más en el conjunto olfato gustativo que los de cadena larga, poseen un olor y un sabor muy marcados, pero la percepción de estos caracteres dependerá de su estado físico-químico y, los umbrales de percepción son diferentes según estén en solución o en fase grasa, en forma no disociada o en fase acuosa. La distribución de los ácidos grasos en la fase grasa o en la fase agua depende de la temperatura.

En la relación entre ácidos grasos ionizados y no ionizados interviene el pH. Un pH elevado favorece la disociación; los ácidos grasos de cadena corta en forma de sales influyen muy poco en el olor, pero si en el sabor. Por el contrario a un pH bajo, las formas no disociadas son más abundantes y por ello la influencia sobre el olor y el sabor aumenta (Eck, 1990).

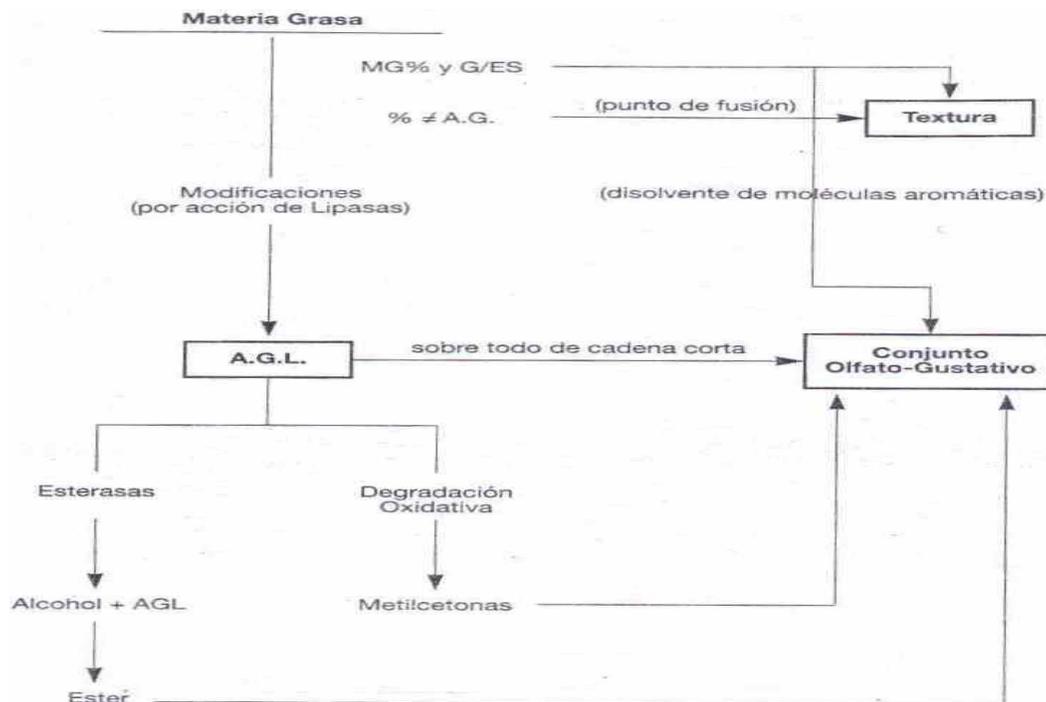


Figura 19. Incidencia de la materia grasa del queso sobre su textura y perfil sensorial (Chamorro y Losada 2002).

---

Las enzimas que originan la lipólisis provienen de diferentes fuentes: las lipasas propias de la leche (aunque no es activa a valores de pH inferiores a 6.5), del cuajo (esterasas pregástricas), de bacterias, levaduras y mohos. La especificidad de cada una es diferente, por lo que se pueden formar diglicéridos, monoglicéridos o ácidos grasos libres.

No todos los ácidos grasos libres presentes en el queso provienen de la lipólisis; solamente los que tienen un número de carbonos igual o superior a 6; los ácidos grasos en C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub> provienen de la fermentación de los lactatos y/o de la transformación de los aminoácidos.

Los ácidos grasos libres pueden sufrir modificaciones, las más importantes para el plano organoléptico son:

- La *reesterificación*: Intervienen ácidos grasos de cadena corta o media, alcoholes (monoalcoholes alifáticos como etanol, aromáticos, como fenil etanol, o tioles, como metanotiol).

Se lleva a cabo por las esterases de diversos microorganismos, sobre todo levaduras, micrococos y pseudomonas.

- *Degradación oxidativa*: El resultado de la degradación oxidativa de los ácidos grasos es la formación de metilcetonas y alcoholes secundarios (figura20).

Las metilcetonas, los alcoholes secundarios y los ésteres alifáticos son compuestos generalmente muy volátiles, en los que los umbrales de percepción son mucho más bajos que los de los ácidos grasos. Las metilcetonas y los alcoholes secundarios contribuyen al gusto de los quesos madurados por mohos. Los ésteres dan olor y aroma a fruta (Alais, 1986; Chamorro y Losada, 2002)

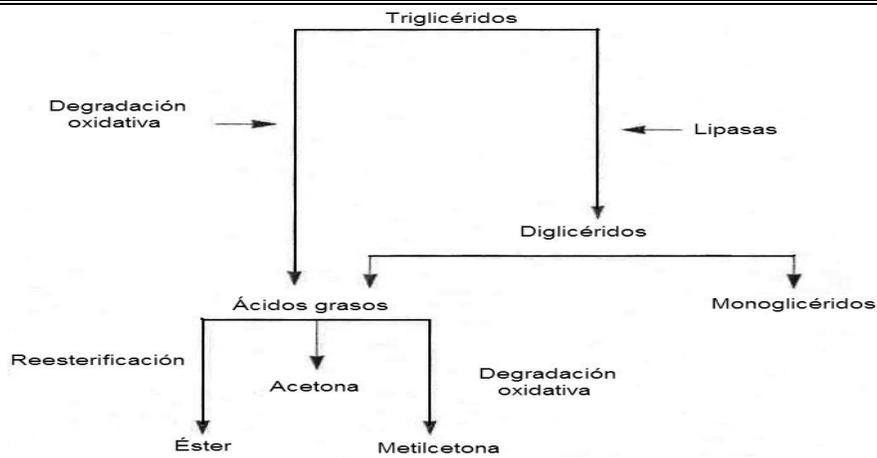


Figura 20. Degradación de la materia grasa (Chamorro y Losada, 2002)

### ***Factores que dirigen la maduración***

La intensidad, y la velocidad con la que se da la maduración del queso dependen de que las condiciones del medio sean favorables para que los microorganismos y las enzimas actúen.

Amiot (1991) refiere los principales factores que intervienen en la maduración del queso:

- 1) *El contenido en humedad*, especialmente el agua libre ( $a_w$ ) determina la velocidad de las reacciones. Las pastas blandas fermentan y se transforman más rápidamente que las pastas duras porque las enzimas difunden en ellas mucho más fácilmente.
- 2) *El pH* controla el tipo de fermentaciones y la actividad enzimática. Las condiciones de acidez del medio tienen mucha importancia ya que las proteasas actúan a un pH entre 5.5 y 6.5 y las lipasas entre 6.5 y 7.5.
- 3) *La temperatura* es otro factor que regula el desarrollo de la maduración, influye sobre la actividad microbiana y enzimática. La maduración es más rápida cuando aumenta la temperatura. Sin embargo, es mejor madurar a temperaturas muy por debajo de las óptimas de fermentación para que los procesos se desarrollen lentamente y poder controlarlos mejor. Como término medio, las temperaturas de maduración utilizadas son de 8-10°C para los quesos blandos; de 10°-12°C para los semiduros; y de hasta 20°C para las pastas duras.

- 
- 4) *El contenido en sal* es uno de los factores más importantes porque determina la actividad de agua. Varía con los tipos de quesos, y aunque en la mayor parte de los casos oscila entre el 2.0 y 2.5%. Muchos microorganismos no pueden desarrollarse en altas concentraciones salinas, aunque algunos como los micrococos, ciertas levaduras y los *Penicillum* son tolerantes. Por lo tanto, el salado del queso tiene un efecto selectivo e inhibidor sobre su flora y es un medio para controlar las fermentaciones y la maduración.
- 5) *El contenido de oxígeno del aire* es un factor importante para los quesos cuya maduración es esencialmente superficial. Los microorganismos aerobios en pleno crecimiento utilizan el oxígeno del aire de la cámara de maduración. Al mismo tiempo que disminuye el oxígeno, se producen amoníaco y otros gases. Para mantener el oxígeno necesario para cubrir las necesidades de la flora superficial de los quesos (Amiot, 1991).

#### ❖ **Parafinado.**

Se lleva a cabo sumergiendo las piezas de queso, previamente lavadas y oreadas, en un baño de parafina blanca fundida. El objetivo es formar una barrera contra la deshidratación del producto y la invasión de mohos (figura 21).



Figura 21. Parafinado del queso de poro (Fotografías tomadas en la quesería 4 Hermanos)

---

### ❖ Envuelto.

Las piezas de queso, ya parafinadas se envuelven en papel celofán amarillo, se coloca debajo de éste la etiqueta, aunque en algunos quesos se pega en la parafina (Figura 22) (Villegas, 2003).



Figura 22. Etiquetado y envuelto del queso de poro (Fotografías tomadas en la quesería 4 Hermanos)

## CAPITULO 2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo de este proyecto, se trabajó con siete marcas comerciales de Queso de Poro del municipio de Balancán, en el estado de Tabasco, elaborados en las fechas correspondientes:

- ❖ **28 /Marzo/2008** (*Usumacinta y 3 Hermanos*)
- ❖ **29 /Marzo/2008** (*La Natividad, San Marquito y 4 Hermanos*)
- ❖ **30/Marzo/2008** (*El Tigre y Bejucal*)



Figura 23. Quesos estudiados

Los quesos presentaban en su etiqueta la siguiente información:

| MUESTRA      | PESO DEL QUESO (g) | COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN NUTRIMENTAL  | RFC / NOMBRE DEL DUEÑO   | DIRECCIÓN Y TEL  |
|--------------|--------------------|--|--|--|
| El Tigre     | -----              | .....  | .....  | .....  |
| Usumacinta   | -----              | -----  | R.F.C AAUA<br>741102RA2  | Calle 5 de mayo esq.<br>Periférico<br>Col. Gregorio Méndez<br>Balancán Tabasco<br>Tel: 344-09-32                 |
| Bejucal      | 400g               | Grasa: 36%<br>Proteínas: 30%<br>Humedad: 31%   | R.F.C ROCA-<br>571124-Q48<br>Elaborado por Alma<br>Delia Rodríguez<br>Calderón | Calle Agustín de<br>Iturbide No.105 Col.<br>San Joaquín C.P.<br>86930<br>Balancán Tabasco,<br>México             |
| La Natividad | 400g               | Contenido energético:<br>377kcal<br>Proteínas 26.33%<br>Sodio: 7.921ppm<br>Humedad: 36.50% | R.F.C AINN660 127<br>QT6<br>Elaborado por<br>Natividad Arias<br>Notario        | Ejido López Mateos,<br>Balancán Tabasco  |
| 3 Hermanos   | -----              | -----  | R.F.C AINR-<br>6004028NA<br>Elaborado por Rosa<br>Arias Notario                | Ranchería: López<br>Mateos, Opio de<br>Balancán Tabasco<br>Tel: 934 341053451                                    |
| San Marquito | 250g               | Contenido energético:<br>406kcal<br>Proteínas 27.84%<br>Sodio: 6.0ppm<br>Humedad: 32.25%   | R.F.C<br>CAAL580325JYO<br>Elaborado por<br>Lazaro Chan<br>Avendaño             | Calle 20 de<br>Noviembre No.102<br>Col. Gregorio Mendez<br>C.P 86930 Balancán<br>Tabasco<br>Tel: (934) 344.07 64 |
| 4 Hermanos   | 250g               | Contenido energético:<br>377kcal<br>Proteínas 26.33%<br>Sodio: 7.921ppm<br>Humedad: 36.50% | R.F.C<br>CAPH490816KM3<br>Elaborado por<br>Emilio Castro P                     | Km 25. Col.Plan de<br>Guadalupe Balancán<br>Tabasco  |

Tabla 8. Información que presenta la etiqueta de los quesos

Se realizó un análisis fisicoquímico (determinación de  $a_w$ , pH, acidez, cloruros), análisis proximal (determinación de humedad, sólidos totales, cenizas, grasa, y proteínas) y como pruebas adicionales se evidenció la lipólisis y proteólisis en el queso. Se utilizaron las siguientes técnicas analíticas (figura 24), realizando cada determinación por triplicado (ver anexos).

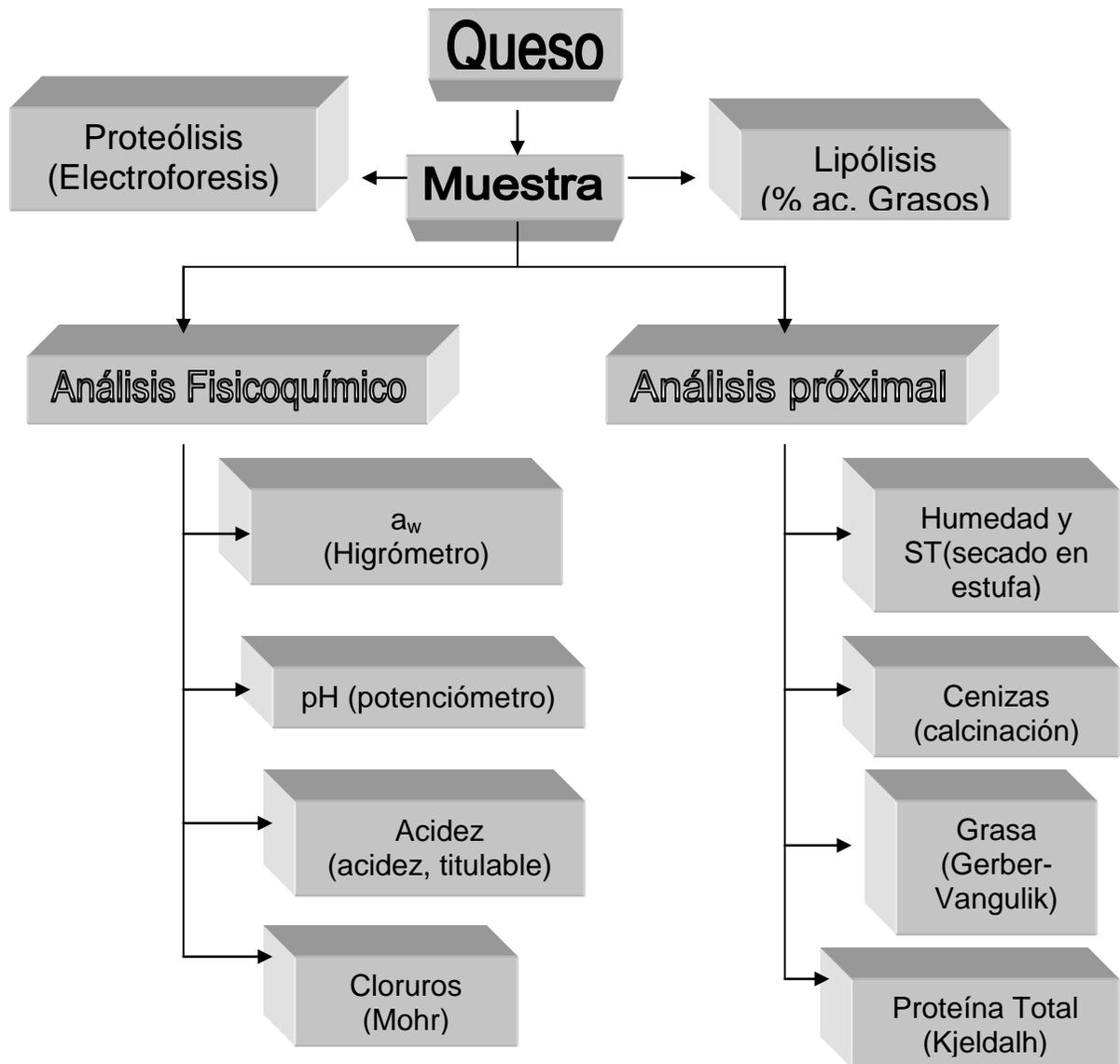


Figura 24. Diagrama general de la caracterización del queso de poro

---

## **Tratamiento de la muestra**

Las muestras se recolectaron con cada uno de los diferentes productores en Tabasco. Los quesos se encontraban a temperatura ambiente y se transportaron en una hielera al D.F y se guardaron en refrigeración a una temperatura de 4°C.

Se tomaron muestras representativas de los quesos (aproximadamente la mitad). Se retiró la corteza de cera, se ralló y se mezcló para obtener una muestra más homogénea, se envolvió en papel aluminio y se guardó en bolsas tipo Ziploc, dentro del refrigerador.

El resto de la muestra sin rallar se envolvió en plástico adherente para alimentos en refrigeración.

Nota: No se ralló el queso completo, porque se pensaba utilizar en otros análisis.

### **Determinación de actividad de agua ( $a_w$ ).**

Se utilizó un higrómetro; con sensores que detectan la humedad relativa en el equilibrio sobre la muestra contenida en una cámara, a una temperatura determinada.

#### *Procedimiento*

1. Se tomó una muestra representativa de queso, se le quitó la corteza y se trituró en pedazos muy pequeños.
2. Se calibró el instrumento (Aqualab CX-2)
3. Se colocó la muestra en la charola del instrumento de medición de  $A_w$
4. Se reportó la lectura de  $a_w$  y T (°C) marcada por el instrumento (Anexo 1).

### **Determinación de pH (*Método electrométrico*).**

Este procedimiento estriba en una modificación de la NMX-F-099-1970. Se determina a través de un potenciómetro el cual está constituido por un voltímetro y dos electrodos (el de referencia y el indicador, ambos combinados físicamente). Los iones hidrógeno difunden a través de la membrana de vidrio del electrodo indicador (permeable al  $H^+$ , pero no a otros iones). Al juntarse dentro del electrodo hacen que se acumule una carga positiva con una carga negativa del otro lado, de esta forma se crea un potencial eléctrico a través de la membrana de vidrio. Este

---

potencial es medido por el voltímetro, ya que los dos electrodos y la solución forman un circuito (Miller, 2003).

*Procedimiento*

1. Se tomaron 10 g de la muestra.
2. Se trituró en un mortero pasándola a un matraz aforado de 100 ml.
3. Se llevó al aforo con agua destilada y se vertió en un vaso de precipitado de 250 ml.
4. Se puso en agitación con una barra magnética.
5. Se calibró el potenciómetro (Conductronic pH 120) con las soluciones amortiguadoras de pH4 y pH7.
6. Posteriormente se tomó la lectura marcada en el potenciómetro para cada muestra.

**Determinación de acidez (*Acidez titulable*)**

Se empleó una técnica basada en la modificación de la NMX-F-206-1986. Consiste en una valoración con solución alcalina en presencia de un indicador (fenoftaleína; que vira de incoloro a rosa hacia un pH de 8.4).

*Procedimiento*

1. La muestra preparada anteriormente para determinar pH se filtró.
2. Se tomaron alícuotas de 25 mL y se les agregaron dos o tres gotas de fenoftaleína 1%, posteriormente, se procedió a titular con hidróxido de sodio (HYCEL DE MEXICO) 0.1N.

*Cálculos.*

Expresar la acidez de la muestra en términos de ácido láctico.

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{\text{ml}_{\text{Na OH gastados}} \times N_{\text{Na OH}} \times 0.09_{\text{meq del ac. Láctico}}}{\text{g. de muestra}} \times 100$$

---

## **Determinación de Humedad y Sólidos Totales (Secado en estufa)**

El procedimiento que se empleó fue una modificación de la NMX-F-83-1986 y para la determinación de sólidos totales la NMX-F-111-1984.

Es un método gravimétrico basado en la pérdida de masa que sufre la muestra al exponerla a una temperatura cercana a la ebullición (100°C).

### *Procedimiento*

1. Se colocaron charolas de aluminio en una estufa (Sybron Type 19200) por 24 hrs a 100°C.
2. Se dejaron enfriar en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y obtener un peso constante.
3. Se pesaron 3 g de muestra en una balanza analítica (Mettler AT 200) en las charolas de aluminio.
4. Se secó la muestra en la estufa 2 h a 100-110°C.
5. Se retiró de la estufa, dejando enfriar en el desecador hasta permanecer a temperatura ambiente, repitiendo la pesada hasta tener un peso constante.

### *Cálculos*

El porcentaje de humedad se determina de la siguiente forma:

$$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Peso charola con muestra fresca} - \text{Peso charola con muestra seca}}{\text{g de muestra fresca}} \times 100$$

Para obtener el % de Sólidos Totales:

$$\% \text{ST} = \frac{P1 - P2}{M} \times 100$$

Donde:

ST = Contenido de sólidos totales en por ciento.

P1 = Peso de la charola y la muestra seca en gramos.

P2 = Peso de la charola vacía en gramos.

M = Peso de la muestra en gramos.

---

## **Determinación de Cenizas ( *Cenizas totales* )**

El método que se empleó fue el señalado en la NMX-F-094-1984. Mediante la incineración, se elimina la materia orgánica y se logra un residuo que contiene los minerales presentes en el alimento.

### *Procedimiento*

1. Se colocaron crisoles de porcelana dentro de la mufla (thermolyne SYBRON type 1500 Furnace) a 600°C durante 2 hrs.
2. Se dejaron enfriar en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y obtener un peso constante.
3. En un crisol tarado, se colocó 3 g de la muestra.
4. Se calentó el crisol en un mechero hasta que la materia se calcino.
5. Posteriormente se pasó a la mufla por 2 horas a 823 K (550°C).
6. Una vez concluido el tiempo, se pasó al desecador para enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente y se pesó en una balanza analítica (Mettler AT 200).

### *Cálculos*

La cantidad de cenizas se calcula de la siguiente forma:

$$\% \text{Cenizas} = \frac{(P1 - P2) \times 100}{P}$$

P1 = Peso del crisol más muestra en gramos.

P2 = Peso del crisol más cenizas en gramos.

P = Peso de la muestra en gramos

$$\% \text{ Cenizas BS: } \frac{\% \text{ cenizas Totales ( BH) X } 100}{(100 - \% \text{ *Humedad de la muestra})}$$

---

### Determinación de cloruros (Método de Mohr)

Este método se basa en la valoración de halogenuros con nitrato de plata usando al cromato de potasio ( $K_2CrO_4$ ) como indicador.

#### Procedimiento

1. Se molió una muestra representativa; se pesaron 5 g de muestra en una balanza analítica (Mettler AT 200).
2. Se agregaron 50 mL de agua destilada a 50°C y se agitó vigorosamente.
3. Posteriormente, se agregaron 2 mL de  $K_2CrO_4$  al 5% y se tituló con nitrato de plata 0.1N.

#### Cálculos

$$\%NaCl = \left( \frac{\text{mL AgNO}_3 \text{ gastados}}{\text{g mtra}} \times \frac{\text{meq AgNO}_3}{\text{mL AgNO}_3} \times \frac{1 \text{ meq NaCl}}{1 \text{ meq AgNO}_3} \times \frac{58.5 \text{ mg NaCl}}{1 \text{ meq NaCl}} \times \frac{1 \text{ g NaCl}}{1000 \text{ mg NaCl}} \right) \times 100$$

---

## **Determinación de grasa (Método de Gerber-Van Gulik ).**

Se empleó una modificación de la NMX-F-100-1984. El método se fundamenta en la digestión parcial de los componentes del queso, excepto la grasa, en ácido sulfúrico; además se utiliza alcohol isoamílico para disminuir la tensión interfacial de la grasa, favorece la ruptura de la emulsión (lo que facilita el ascenso de los glóbulos de grasa por centrifugación), además evita la sulfonación y carbonización. El alcohol isoamílico reacciona con el ácido sulfúrico formando un éster que es completamente soluble en dicho ácido.

### *Procedimiento*

1. En un butirómetro (Gerber- Van Gulik para quesos) se agregaron 10 mL de ácido sulfúrico ( J. T Baker, México) al 80 %.
2. Posteriormente se adicionó 1 mL de alcohol isoamílico (J. T Baker, E.U).
3. Se agregaron 6 mL de agua destilada tibia (30° a 40° C).
4. Se coloca el tapón previamente pesado con 1.5 g de muestra.

**NOTA:** Se utilizaron 1.5 g de muestra en lugar de 3 g porque en algunos quesos se salía de la escala, así que para tener un método uniforme, en todos los quesos se realizó con la mitad de la muestra que señala el método, razón por la cual el % de grasa que marque el butirómetro, se debe multiplicar por 2 para tener el % de grasa total.

5. El butirómetro se colocó en baño maría a 65° C, se retiró y agitó vigorosamente hasta la completa disolución.
6. Se continuó con la centrifugación 5 min en una centrífuga (Gerber instruments Vigusa).
7. Se dejó reposar en baño maría a 65° C por 15 min.
8. Se realizó la lectura llevando la base de la columna de grasa exactamente al cero, por medio de presión en el tapón del butirómetro.

### *Cálculos*

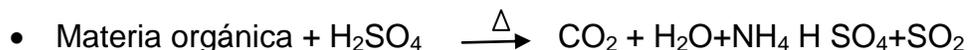
$$\% \text{ Grasa BS} = \frac{\% \text{Grasa ( BH) X } 100}{100 - \% \text{ humedad en la muestra}}$$

---

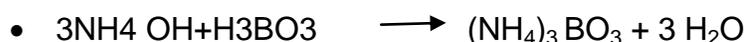
## Determinación de proteína (*Nitrógeno Total Kjeldahl*)

Este método se apoya en una modificación de la NMX-F-098-1976. Consiste en tres etapas:

Digestión: Oxidación de la materia orgánica por la acción de ácido sulfúrico hasta agua y CO<sub>2</sub>, a su vez hay una liberación de nitrógeno, como sulfato de amonio.



Destilación: Por medio de una base fuerte se logra el desprendimiento del amoniaco cuya recepción se da en una solución de ácido bórico.



Titulación: El nitrógeno amoniacal se titula con una solución valorada de ácido.



### *Procedimiento*

1. Se pesaron 300 mg de muestra en una balanza analítica (Mettler AT 200) y se transfirió a un tubo de digestión (Kjeldhal).
2. Se añadieron 0.5 g de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O J.T. Baker EUA), 5g de sulfato de sodio anhidro (Na<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> anhidro J.T. Baker EUA) y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> J. T Baker, México).
3. Se colocó cuidadosamente el tubo en el portatubos del digestor (BÜCHI Digest System k-437 ) precalentado a una temperatura menor de 340°C, se integró la unidad de evacuación de gases con las juntas colocadas sobre los tubos de digestión, y se accionó la trampa de succión de gases antes de que comenzara la producción de estos, se dejó hasta que todo el material carbonizo (aproximadamente 15 minutos).
4. Se sacaron los tubos con las muestras y se dejaron enfriar, una vez fríos se les agregó 3ml de agua oxigenada H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.
5. Posteriormente se aumentó gradualmente la temperatura hasta 370°C y permaneció, hasta la completa digestión (líquido traslúcido verdeazul) (tarda de dos a 4 horas).
6. Se dejaron enfriar antes de añadir 10 ml de agua destilada para diluir.

- 
7. Se colocó el tubo en el destilador (BÜCHI Destillation unit k-314), una vez cerrada la puerta del equipo, se puso a la salida del dispositivo un matraz Erlenmeyer de 500 ml que contenía 50 ml de solución de ácido bórico (J.T. Baker EUA) al 0.5% con indicadores.
    - ❖ *Modo de preparar el ácido bórico con indicadores:* Disolver 5 g de ác. bórico en 800 ml de agua destilada, se le adicionan 35 ml de indicador A (100 mg de fenoftaleína, se disuelve y afora a 100 ml con alcohol etílico) y 10 ml de indicador B (33mg de verde de bromocresol y 66 mg de rojo de metilo, disolver y aforar a 100 ml con alcohol etílico), mezclar y agregar agua, antes de aforar a 1L ajustar la solución con ácido o base a un tono café rojizo.
  8. Se dejó descargar la solución de hidróxido de sodio ( NaOH 1:1 p/v J.T. Baker EUA), hasta que la solución viró a un color pardo (de 3 a 4 descargas)
  9. Inmediatamente después del vire, se encendió la corriente de vapor, para destilar el NH<sub>3</sub> (amoníaco) generado, atrapando este en el matraz que contenía al ácido bórico.
  10. Se continuó la destilación hasta obtener un volumen de aproximadamente 150 ml en el matraz receptor.
  11. Se retiró el matraz del dispositivo y el amoníaco atrapado se tituló con HCl 0.1 N (HYCEL DE MEXICO) con la presencia de indicador en la muestra hasta el vire de la solución verde a un color rojo.

### *Cálculos*

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{V \times N \times 0.014 \times 100}{P}$$

En donde:

V = Mililitros de ácido clorhídrico valorado utilizados en la titulación.

N = Normalidad de la solución valorada de HCl

P = Peso de la muestra

$$\% \text{ Proteína} = \%N \times 6.38$$

$$\% \text{ Proteína BS} = \frac{\% \text{ Proteína ( BH) } \times 100}{100 - \% \text{ humedad en la muestra}}$$

---

## **Evidencia de lipólisis**

### **Extracción de la grasa (Soxhlet)**

Este método proporciona una extracción intermitente de la grasa, con exceso de disolvente condensado, que cae sobre la muestra contenida en un recipiente poroso.

#### *Procedimiento*

1. Se pesaron de 5 a 10 g de queso en un cartucho de papel filtro y se tapó la parte superior con algodón y se introdujo en el extractor.
2. Se conectó el extractor Soxhlet a un matraz de bola de fondo plano, con perlas de ebullición y posteriormente se conecta el refrigerante (no poner grasa en las juntas).
3. Se agregaron dos cargas de éter de petróleo por el refrigerante, y se calentó el matraz con parrilla a ebullición suave hasta que se extrajo toda la grasa (se verifica con un papel filtro dejando caer sobre éste una gota de disolvente de la descarga, al evaporarse no debe dejar residuo de grasa).
4. Una vez extraída la grasa se retiró el cartucho y se continuó la ebullición para retirar el disolvente. (se recupera antes de que se descargue).
5. Una vez eliminado el disolvente se metió el matraz con la grasa a secar en la estufa (Sybron Type 19200) a 100°C por 30 minutos, y se dejó enfriar.

### **Determinación de Acidez de la grasa (Índice de acidez establecido como ácido oleíco)**

Consiste en una valoración acidimétrica; el índice de acidez, representa los mililitros de álcali normal utilizado para neutralizar 1 g de grasa.

#### *Procedimiento*

1. Se pesó un gramo de grasa en un vaso de precipitado de 10 ml.
2. Se disolvió con etanol (J. T Baker, E.U) y se pasó a un matraz aforado de 10ml y se llevó al aforo.
3. Se transfirió la muestra a un matraz erlenmeyer de 250 ml, y se enjuagó el matraz aforado con 15 ml de agua destilada (tibia).

- 
4. Se juntó el agua de lavado con la muestra y se agregó 2 gotas de fenoftaleína
  5. Se valoró con NaOH 0.1N

Cálculos

$$\% \text{ ácidos grasos libres} = \frac{0.282 \times N \times V \times 100}{P}$$

En donde:

0.282 = equivalente químico del ácido oleico

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V = ml de solución valorada de hidróxido de sodio gastados en la titulación de la muestra.

P = peso de la muestra en gramos.

### **Evidencia de proteólisis (Perfil de proteínas por electroforesis)**

#### **Extracción de proteínas con urea**

La urea provoca la disociación molecular de compuestos fuertemente ligados entre sí.

#### *Procedimiento*

1. Se disolvieron 0.6 g de queso en 12.5 mL. de urea (J. T Baker E.U) 8 M pH 8.
2. El extracto se incubó en baño de agua a 37° C por 2 horas en agitación.
3. Se centrifugó (centrífuga Beckman J2-MI) a 10 000 rpm durante 30 minutos a 4° C y se filtró.
4. Se guardó en refrigeración ( 4°C) hasta la preparación de electroforesis.

Nota: No se sometió a diálisis, para evitar la pérdida de péptidos. Dado que la urea no posee carga, no afecta directamente a la carga de la proteína.

#### **Electroforesis**

Se fundamenta en la separación de moléculas biológicas a través de un gel de poliacrilamida (formado por la polimerización vinílica del monómero acrilamida y del monómero entrecruzador N,N'-metilen-bis-acrilamida), el cual, funciona como un tamiz que separa las moléculas de acuerdo a su tamaño. A la vez, bajo la influencia de un campo eléctrico, migran según su carga hacia el electrodo de polaridad opuesta.

---

## **Preparación de soluciones**

*Nota: el agua que se utiliza en todo momento para electroforesis es agua desionizada*

*Solución Stock acrilamida / N'N'-Bis-metilen-acrilamida (30%T, 2.67%C)*

- ❖ 29.2 g/100 ml acrilamida.
- ❖ 0.8 g/100 ml N'N'-Bis-metilen-acrilamida.

Aforar juntas a 100 ml con agua desionizada filtrar y guardar a 4°C, (protegida de la luz máximo 30 días).

*Solución Tampón de gel separador (Tris-HCl 0.375 M, pH 8,8).*

- ❖ 4.54 g/100 ml Tris base.

Ajustar a pH 8.8 con HCl concentrado y aforar a 100 ml con agua desionizada y guardar a 4°C, (protegida de la luz hasta 3 meses).

*SDS (10%)*

- ❖ 1 g de SDS/10 ml de agua desionizada (se guarda en el congelador).

*Persulfato de amonio 10%.*

- ❖ 4 mg/40 µl de solución tampón del gel separador.
- ❖ 2 mg/20 µl de solución tampón del gel concentrador.

*Solución Tampón de gel concentrador (Tris- HCl 0.5M pH 6.8).*

- ❖ 6.057 g/100 ml Tris base.

Ajustar a pH 8.8 con HCl concentrado y aforar a 100 ml con agua desionizada y guardar a 4°C, (protegida de la luz hasta 3 meses).

*Solución Tampón de la muestra (para preparar 8 ml).*

- ❖ 3.8 ml, agua desionizada.
- ❖ 3.0 ml, Tris-HCl 0.5 M, pH 6.8.
- ❖ 0.8 ml glicerol.

- 
- ❖ 0.4 ml azul de bromofenol 1% (p/v).

*Solución tampón de corrida (5X) pH 8.3.*

- ❖ 15 g/L Tris base 0.025M.
- ❖ 72 g/L glicina 0.0192M.
- ❖ 5 g/L 0.1% (se agrega hasta que se usa).

*Solución Teñidora.*

- ❖ 0.1% de solución azul brillante de Comassie en solución desteñidora.

*Solución Desteñidora.*

- ❖ 10% ácido acético (J. T Baker México).
- ❖ 40% metanol (J. T Baker México).
- ❖ 50% agua desionizada.

Una vez preparadas las soluciones se procedió a la preparación de los geles:

1. Se ensamblaron los cristales en su base y se marcó el límite superior del gel separador (altura de 4.7 cm).

***Preparación del gel Separador T=12.5% (para preparar dos geles)***

2. Se mezclaron 3.33 mL de solución Stock (acrilamida / N'N'-Bis-metilen-acrilamida), 4.67 mL de solución tampón de gel separador (Tris-HCl 0.375 M, pH 8,8) y 80 µl SDS 10% (p/v) en un matraz quitasato de 50 ml.
3. Se puso a desgasificar durante 15 minutos en agitación.
4. Se agregó 40 µl de Persulfato de amonio 10% (p/vol. tampón separador) y 4 µl TEMED en el centro del matraz, se dio una ligera agitación para mezclar.  
*(Nota: una vez agregados estos reactivos polimeriza rápidamente).*
5. En seguida se vertió dentro de los cristales hasta la marca superior realizada.

- 
6. Después de 5 minutos se adicionó unas gotas de agua entre los cristales para evitar deshidratación en el gel.
  7. Se dejó polimerizar durante 20 minutos a temperatura ambiente.

#### ***Preparación del gel Concentrador T=4%***

1. Se mezclaron 0.53mL de solución Stock (acrilamida / N'N'-Bis-metilen-acrilamida ), 3.47 mL de solución tampón de gel concentrador (Tris- HCl 0.5M pH 6.8) y 40 µl SDS 10% (p/v) en un matraz quitasato de 50ml.
2. Se desgasificó durante 15 minutos en agitación.
3. Antes de agregar el persulfato y TEMED al matraz se retiró la fase separada en el gel (el agua que se adicionó para evitar que se deshidratara), ladeando la base con los cristales.
4. Se agregó 20 µl de persulfato de amonio 10% (p/vol. tampón concentrador) y 2 µl TEMED en el centro del matraz, se dió una ligera agitación para mezclar.
5. Enseguida se vertió dentro de los cristales hasta el tope.
6. Rápidamente, se introdujo el peine entre las placas para formar los pocillos.
7. Después de 5 minutos se adicionaron unas gotas de agua sobre los peines para evitar que se deshidrate el gel y se formen bien todos los pocillos.
8. Se dejó polimerizar durante 45-60 minutos.

#### ***Preparación de la muestra y estándar***

1. Se manejó un estándar de leche (10 mg de leche en polvo en 100 µl de agua desionizada) y se le dió el mismo tratamiento que la muestra.
2. Cada muestra (1 carril) se preparó de la siguiente manera: a 10 µl de muestra se le agregó 5 µl de solución tampón de la muestra.

- 
3. Se ponen las muestras en agua hirviendo durante 10 minutos. Después se dejó enfriar, y permanecieron en refrigeración hasta el momento de inyectar.

### ***Cargar el gel***

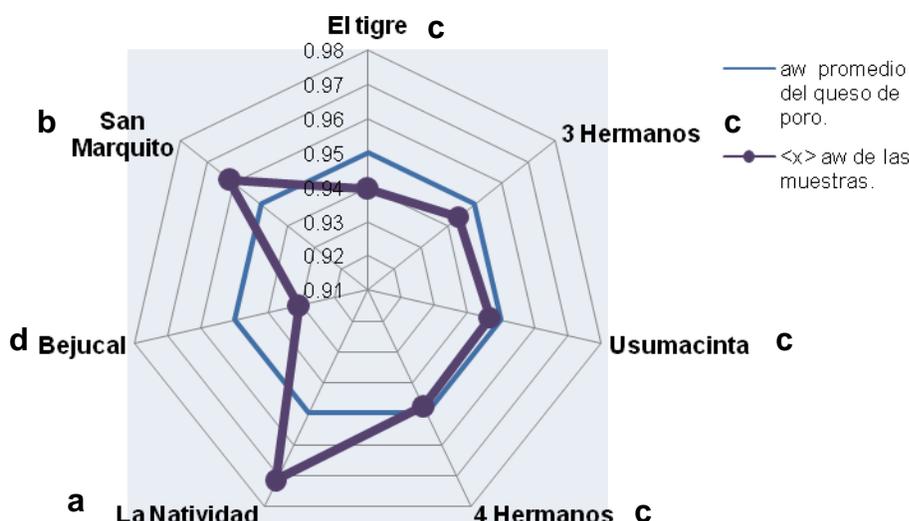
1. Se retiraron lentamente los peines evitando mover las divisiones entre los pocillos.
2. Los cristales se quitaron de la base y se adaptaron dentro del electroporador con los tornillos hacia fuera.
3. Se adicionó la solución tampón de corrida primero entre los cristales y después el sobrenadante afuera.
4. Se agitaron e inyectaron las muestras y el estándar en cada carril (15 $\mu$ l x carril).

### ***Migración y tinción***

5. Se colocó la tapa portaelectrodos y se conecto a la fuente (200V) en baño frío, se dejó correr hasta que la línea azul llegó a la parte inferior del gel separador.
6. Una que terminó de correr, se desmontó el equipo y se separaron los cristales con cuidado de no romper el gel formado entre las dos placas.
7. Los geles se sometieron a tinción durante 45min en solución teñidora.
8. Después se pasaron a solución desteñidora.

## CAPITULO 3. RESULTADOS

### 3.1. DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA ( $a_w$ )



Gráfica 3. Actividad de agua del queso de poro

a,b,c y d Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

El  $a_w$  al delimitar la calidad microbiológica, influye en la vida útil e inocuidad del producto por no contener microorganismos patógenos.

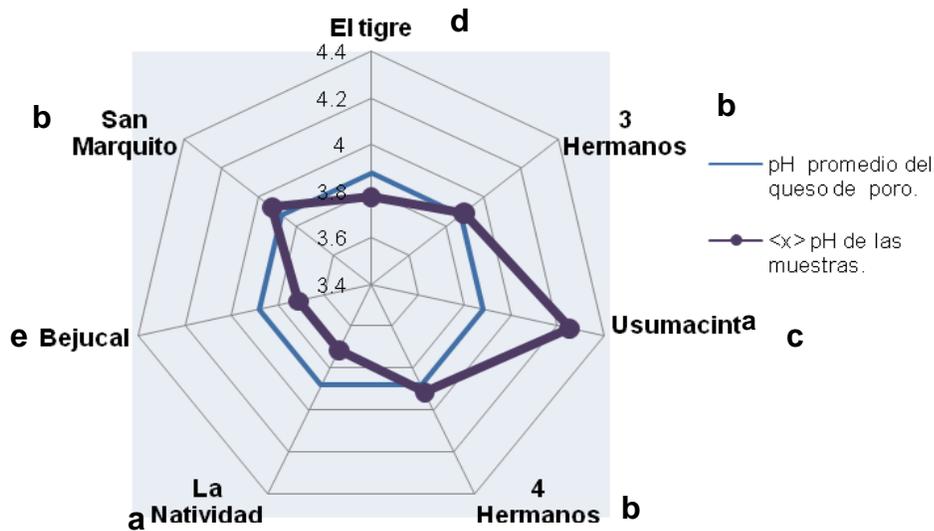
Eck (1990) hace alusión a que todo valor de  $a_w \geq 0.95$  permite el desarrollo de todas las bacterias patógenas y este valor puede ser considerado como el valor mínimo requerido para que pueda haber crecimiento.

En México la familia de las *Enterobacteriaceae* (la cual incluye a las patógenas) que no crecen a  $a_w$  menores de 0.94 y *Staphylococcus aureus* que es la bacteria nociva mas resistente a bajas  $a_w$ , puede crecer aún a 0.86, pero incapaz de producir su toxina a  $a_w$  menores de 0.93, representan el mayor problema asociado principalmente al consumo de quesos, sobre todo si son elaborados con leche bronca (Centeno y García, 1994). Por el valor de  $a_w$  en el queso de poro es factible el crecimiento de estas bacterias, incluso la producción de la toxina de *Staphylococcus aureus*, ya que la  $a_w$  mínima fue de 0.93 en el Bejucal. Los más susceptibles a la presencia de patógenos serían La Natividad y San Marquito por tener un  $a_w$  alto (0.95).

---

Estadísticamente no se encontró diferencia significativa entre El Tigre, 3 Hermanos, Usumacinta y 4 Hermanos, esto podría atribuirse a un proceso de elaboración o maduración análogo. En general, el  $a_w$  encontrado se puede relacionar con la velocidad de crecimiento que manejan Belitz y Grosch (1997) en la fig.1. Ésta indica que es factible el crecimiento de bacterias y levaduras. Corroborando con el proyecto realizado simultáneamente (Gutiérrez, 2011); en el que se aisló y caracterizó la flora presente se encontró la presencia de bacterias y levaduras siendo las primeras las que predominan. Dentro de las bacterias encontradas se identificaron algunas bacterias de la familia de las *Enterobacteriaceae* como: *Klebsiella sp.* ( en 4 hermanos), así como *Klebsiella oxytoca* (en La Natividad).

### 3.2. DETERMINACIÓN DE pH



Gráfica 4. pH del queso de poro

a,b,c y d Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

El pH es un factor que influye aisladamente y sinérgicamente con el  $a_w$  en el desarrollo de los microorganismos, la actividad enzimática y en la velocidad de las reacciones químicas (Esteban et al., 1979).

A las células microbianas les afecta el pH de los alimentos en la medida en que carecen de un mecanismo que regule su pH interno, por lo que cada microorganismo tiene un pH mínimo, óptimo y máximo de crecimiento. Entre los microorganismos, únicamente las bacterias lácticas, las levaduras y los mohos pueden desarrollarse a pH bajos, es decir, presentan mayor afinidad por los medios ácidos; en su mayoría, las bacterias se desarrollan preferentemente en sustratos de carácter cercano a la neutralidad. En general las enzimas proteolíticas tienen actividades máximas entre pH de 5.5 y 6.5 mientras que las lipasas se encuentran entre 6.5 y 7.5 (Eck, 1990; Frazier y Westhoff 1993; García-Garibay et al., 2004).

En la figura 26, Jay (1994) propone intervalos de pH aproximado para el crecimiento de algunos microorganismos; ésta puede dar una idea de los que podrían estar presentes en el queso de poro, considerando que los valores de pH para el crecimiento pueden variar dependiendo de otros factores.

Por el bajo pH que en general presenta el queso de poro, predominarían las levaduras, bacterias acidolácticas y mohos; como se mencionó anteriormente la microflora que predomina en este queso son las bacterias acidolácticas. En el caso del queso Usumacinta puede ser factible el crecimiento de algunas bacterias como *S. aureus*, *Acetobacter spp.*, *Salmonella*, *E. coli*; sin embargo en el estudio realizado no se identificó la presencia de estos géneros.

Anteriormente Rodríguez (2007) encontró que la flora predominante en el queso de poro eran las levaduras. Estas discrepancias entre estudios son lógicas debido a que la microflora es diversa en la leche cruda y el predominio dependerá de las medidas higiénicas y otros factores externos (Rodríguez, 2007).

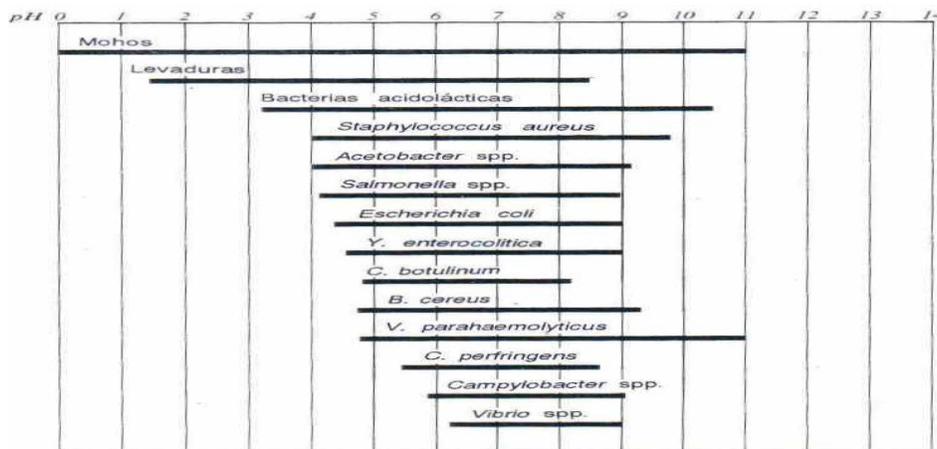
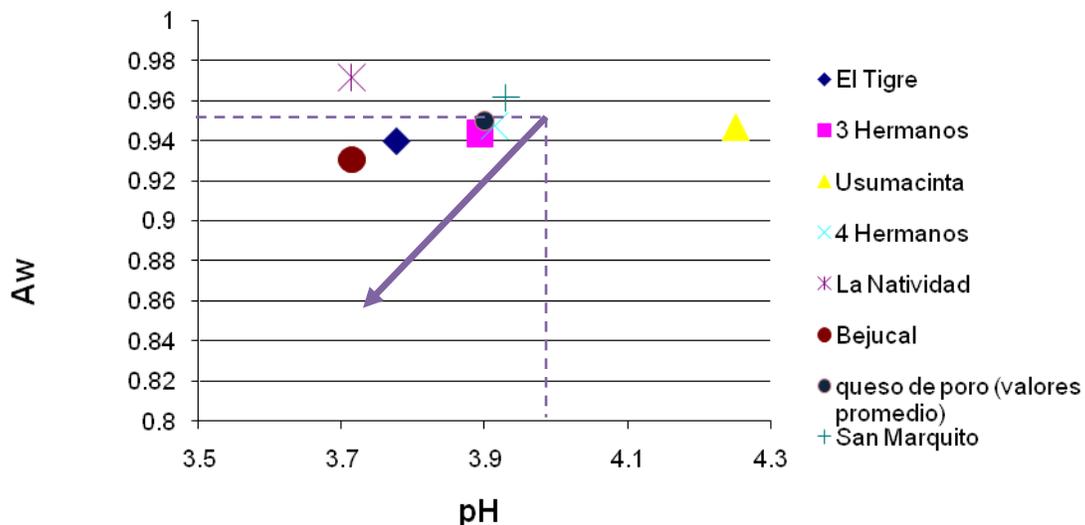


Figura 26 Escalas de pH de crecimiento aproximadas de algunos microorganismos presentes en los alimentos (Jay, 1994)

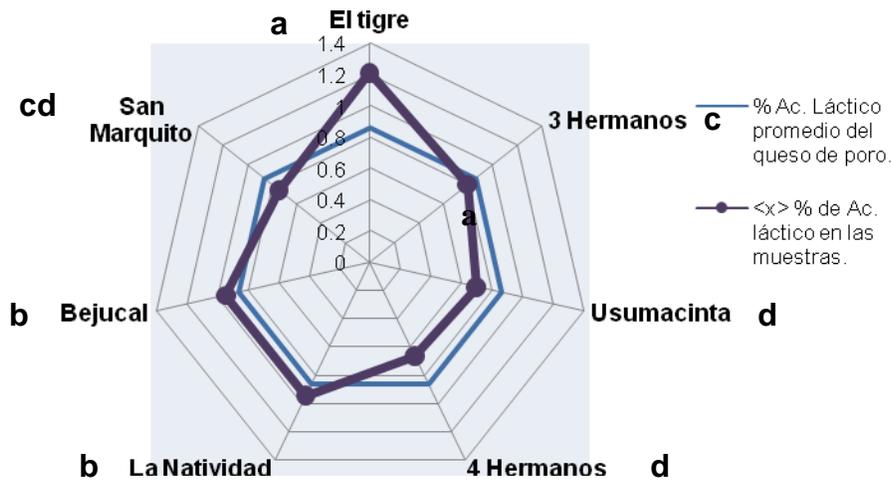
Retomando la importancia que tiene la familia *Enterobacteriaceae* y *S. aureus* en la aparición de brotes infecciosos, a sabiendas de que para asegurar la inhibición de estos microorganismos se requiere un pH menor a 4, los resultados de la gráfica 4, muestran que el queso Usumacinta con un pH de 4.25 diferente de manera significativa con respecto a los demás, puede presentar mayor riesgo de brotes; en los límites con un pH cercano a 4 están: San Marquito, 4 Hermanos y 3 Hermanos (sin diferencia significativa), y podrían considerarse más seguros a la Natividad, Bejucal y el Tigre (los tres con diferencia significativa) con pH alrededor de 3.7; no obstante, al considerar la relación que hay entre pH y

actividad de agua (gráfica 5), asumiendo que para asegurar la inhibición de bacterias patógenas (tendencia representada con la flecha) se requiere de un pH menor a 4 y un  $a_w$  menor a 0.95, los valores promedio del queso de poro, muestran que estaría cerca de los límites tolerables, en los casos específicos para cada queso, el Bejucal es uno de los quesos más estables por tener los valores más bajos de  $a_w$  y pH; le seguiría el tigre, muy cerca de los límites estarían San Marquito y 3 Hermanos. La Natividad a pesar de tener la más alta  $a_w$ , es uno de los quesos de más bajo pH, lo que lo podría convertir en un queso estable; sin embargo ya se mencionó la presencia de como *Klebsiella oxytoca* al igual el caso de 4 Hermanos; éstos al estar fuera de la zona punteada (zona de menor riesgo ante la presencia de patógenos) junto con Usumacinta son más susceptibles a producir brotes infecciosos, sin embargo habría que ahondar en el estudio de estos quesos puesto que puede haber presencia de metabolitos inhibidores de patógenos producidos durante la maduración.



**Gráfica 5** Relación pH y  $a_w$  en el queso de poro. (El sentido de la flecha indica el incremento de la capacidad de inhibición de microorganismos, las líneas punteadas indica zona de menor riesgo ante la presencia de patógenos)

### 3.3. ACIDEZ (% AC. LÁCTICO)



Gráfica 6. Contenido de ac. Láctico (g/100g de queso) en el queso de poro.

<sup>a,b,c,y d</sup> Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

La acidez en el queso, se debe a la presencia de ácidos orgánicos producidos durante la fermentación láctica que llevan a cabo diferentes especies bacterianas, como las bacterias lácticas homofermentativas (producen de un 90 a 95% de ácido láctico y pequeñas cantidades de etanol, ácido acético, acetaldehído, etc.), heterofermentativas (aportan un 50% de ácido láctico y un 50% de ácido acético, etanol y  $\text{CO}_2$ ) o bacterias coliformes (producen ácido láctico, ácido acético, ácido fórmico,  $\text{CO}_2$  e hidrógeno). Esta acidez se expresa como ácido láctico, ya que entre los numerosos productos del metabolismo, este ácido es el metabolito mayoritario.

La producción de ácido láctico conlleva un descenso de pH a niveles próximos a 5.0, lo que regula la velocidad de las reacciones de degradación de proteína y grasa que tienen lugar a lo largo de la maduración, además, ejerce una fuerte acción antimicrobiana frente a la mayoría de los microorganismos patógenos, tales como *Salmonella*, *S.aureus*, etc. (Mahaut et al., 2003; Gutiérrez, 2008).

El contenido de lactosa de la leche sin grasa ni caseína, determinan la producción potencial de ácido láctico y, en consecuencia, influye de forma muy importante sobre el pH, el contenido en agua, y otras características del queso.

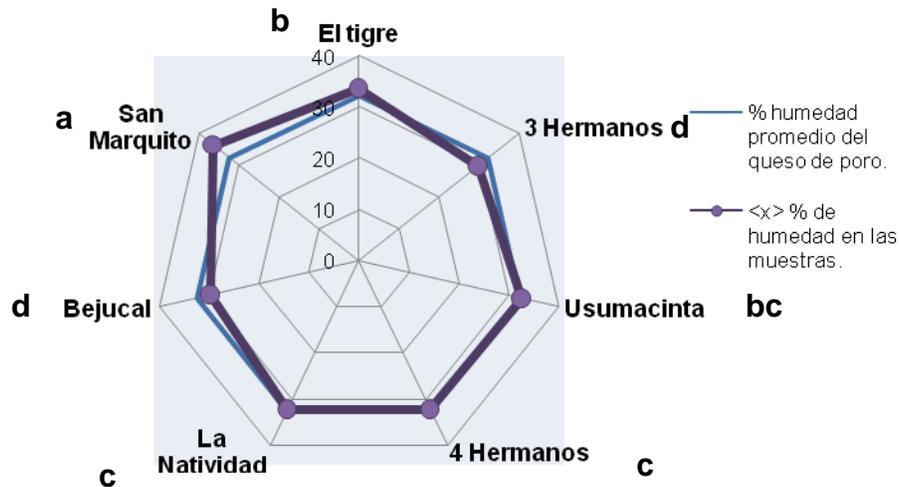
---

El contenido de humedad de la cuajada, tiene una importancia fundamental: cuanto mayor es la humedad, más lactosa o su equivalente en ácido láctico, queda retenido en la cuajada y más ácido debiera ser el queso resultante; sin embargo, si se compara la gráfica de acidez y la de humedad (gráfica 6 y 7) en el queso de poro, no se observa esta tendencia para todos los quesos, esto se puede atribuir a una escasa presencia inicial de lactosa en la leche, o por la diversidad de poblaciones microbianas que metabolizan el ácido láctico y los lactatos, como por ejemplo las levaduras y mohos que lo oxidan a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O; los *Propionibacterium*, lo transforman en acetato, propionato y CO<sub>2</sub>, con lo cual contribuyen a neutralizar la pasta disminuyendo la acidez (Eck 1990, Walstra et.al 2001;).

Por otra parte, la presencia de ácido láctico aumenta la concentración de iones hidrónio (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>), y con ello la disminución del pH, por lo que se pensaría que a mayor acidez menor pH, pero en las gráficas 4 y 6 se puede observar que no es así ya que durante la maduración acelerada que tiene el queso se producen conjuntamente otros ácidos y sustancias que tienen función tampón, además de la paracaseína y fosfato cálcico que determinan el pH. La diferencia de acidez y pH entre los quesos indicaría una distinta maduración, atribuido a la contrastante microbiota presente en éstos. En el caso de San Marquito y 3 Hermanos que coinciden en que no existe diferencia significativa tanto en acidez como pH podría ser la excepción; no obstante presentan diferencia en a<sub>w</sub> y otros parámetros.

Se ha encontrado que una concentración 1 a 2% de ácido láctico reduce las *Enterobacteriaceae* y mesófilos aerobios en carnes (Doyle et al., 2001). Si se considera que este dato es válido para quesos, se puede inferir que la marca El Tigre, con 1.21% de ac. láctico y las marcas La Natividad y Bejucal, con 0.94%, pueden tener este efecto antimicrobiano.

### 3.4. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD



**Gráfica 7. Humedad (g /100g de queso) del queso de poro**

a,b,c y d Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

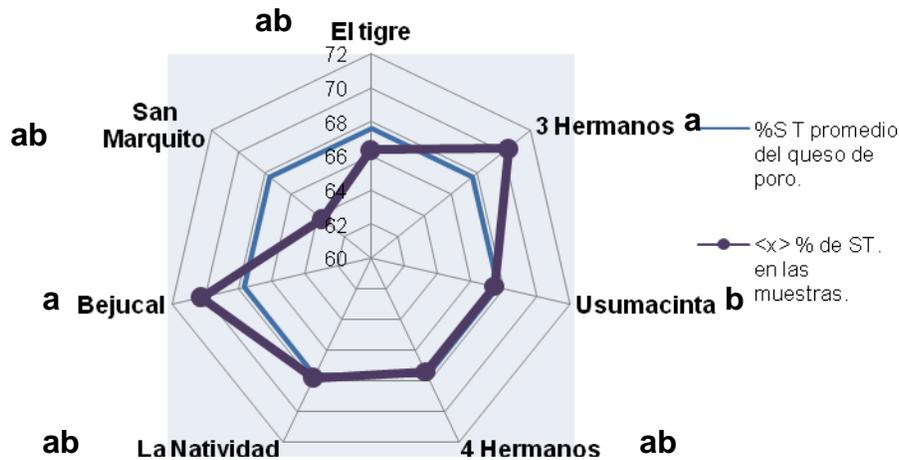
La humedad favorece el desarrollo microbiano. Las pastas húmedas se maduran rápidamente, mientras que las pastas muy desueradas se afinan lentamente (Veisseyre, 1988).

Existe diferencia significativa entre las muestras, excepto entre Usumacinta y La Natividad. La diferencia de humedades se puede atribuir a variaciones entre los procesos de cada productor, por ejemplo: el cortado del gel (el tamaño de los cortes, entre más pequeño sea el corte se perderá mas suero), se recomienda que los productores se pongan de acuerdo en el tamaño de los cortes; la proporción de sal añadida es importante pues facilita y acelera el desuerado de la cuajada, a la vez contribuye en la formación de la costra que impide la pérdida de cierta humedad. En la etapa de salado, al ser una operación que se realiza por frotado, es recomendable establecer una cantidad en gramos de sal, o utilizar salmuera.

---

La humedad también dependerá del prensado: puesto que se realiza tradicionalmente utilizando pesas de concreto, la presión no es siempre la misma; dependerá de la distancia a la que se coloque la pesa y el tiempo que se deja en la etapa de prensado; la maduración es otra etapa que determina la humedad en el queso, dado que no se encuentra en un entorno controlado, sino que se deja madurar en condiciones de temperatura y humedad del ambiente; éstas condiciones son muy diferentes en cada establecimiento. La ventilación depende del material del que está hecho el armario, si tiene malla o no; la forma en que se almacenan en el armario (apilados) no es la adecuada porque los quesos no tienen una ventilación uniforme. Se recomienda que los armarios de todos los productores sean similares y que se coloquen separadas las piezas; de preferencia fabricar un anaquel en donde la ventilación sea la misma para toda la superficie del queso.

### 3.5. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES



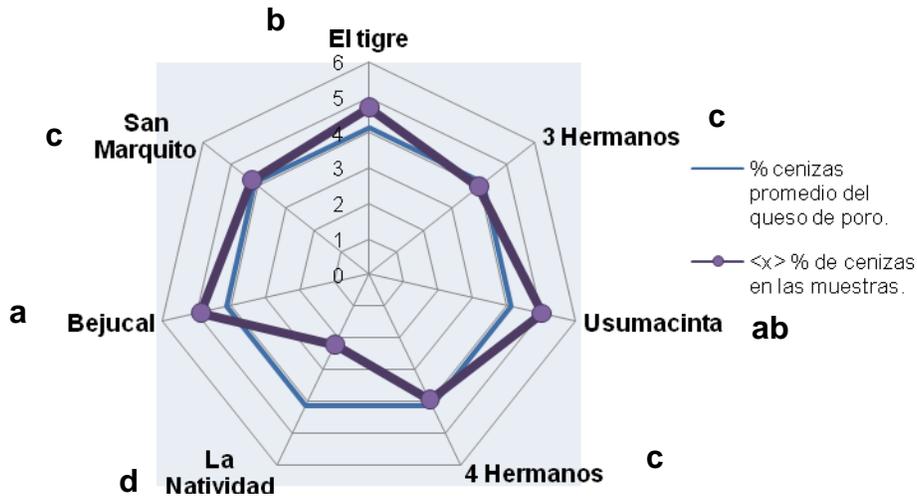
Gráfica 8. Contenido de de Sólidos Totales (g /100g de queso) en el queso de poro

<sup>a,b</sup> Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

Este parámetro comprende a los componentes más importantes del queso como son: proteínas totales, materia grasa, minerales y lactosa. En este caso la lactosa es escasa, puesto que se pierde en el suero y la que permanece es transformada en ácido láctico. Los sólidos totales son un reflejo de manera general de la calidad de la leche por su contenido de extracto seco, aunque por otro lado son la contraparte de la humedad.

Con los resultados que se muestran en la gráfica 8, se puede observar que las marcas 3 Hermanos y Bejucal tienen mayor contenido de sólidos totales, lo cual podría ser por que la leche utilizada es de mejor calidad. Esto tendría que demostrarse realizando análisis a la leche, pero dado que hay coincidencia en el caso de Bejucal con el contenido de grasa en el queso (ver gráfica 11), y con la proteína en el de 3 Hermanos, teniendo los contenidos más altos respectivamente, si podría ser un reflejo de la calidad de la leche. Estadísticamente, resulta que no hay diferencia significativa entre las muestras; excepto entre 3 Hermanos y Usumacinta así como entre Bejucal y Usumacinta.

### 3.6.DETERMINACIÓN DE CENIZAS



**Gráfica 9. Contenido de Cenizas BS (g/100g de queso) en el queso de poro**

ab,c y d Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

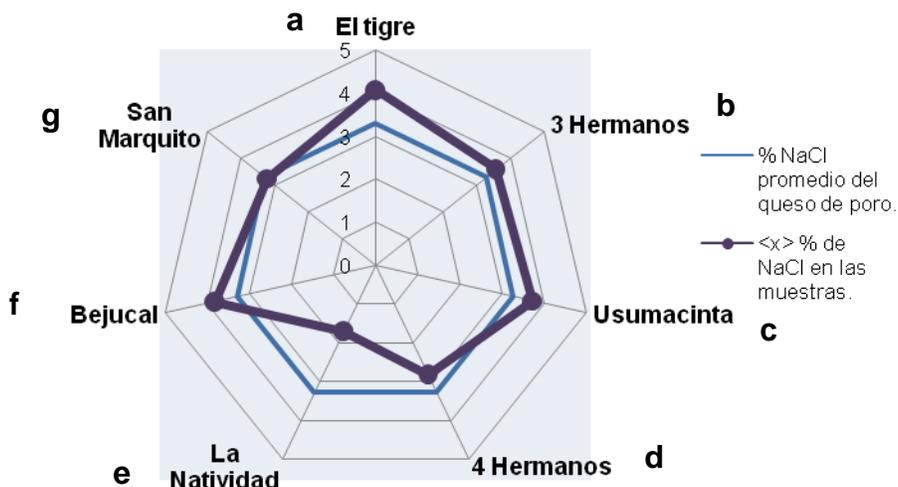
Las sales del queso se determinan globalmente bajo la forma de cenizas. Éstas incluyen principalmente en mayor proporción al cloruro de sodio agregado en la etapa de salado (por lo que coinciden las gráficas 9 y 10) y los elementos minerales propios de la leche que se encuentran en forma coloidal asociadas a las micelas de las caseínas, como los fosfatos, el calcio y el magnesio, entre otros oligoelementos que forman diferentes mezclas, aunque algunos componentes suelen perderse durante la incineración.

El contenido de cenizas (sin cloruros) varía desde 0.9% en quesos muy desmineralizados por la acidez, hasta 2.6% en los quesos al cuajo, es decir, con relación al extracto seco: de 2.0 a 4.5%, respectivamente.

En el queso, el contenido de sales naturales que proceden de la leche depende estrechamente de la fabricación y particularmente de la acidificación durante el desuerado. La proporción de los minerales que quedan retenidos en el queso, sobre todo el calcio, es tanto más baja cuanto más desarrollada se encuentra la acidez, puesto que se vuelven más solubles (Warner, 1989; Alais, 1994; Hernández, 2007).

Estadísticamente entre San Marquito 4 Hermanos y 3 Hermanos no hay diferencia significativa; al igual que entre Bejucal y Usumacinta.

### 3.7. DETERMINACIÓN DE CLORUROS



Gráfica 10. Contenido de Cloruros (NaCl) BS (g/100g de queso) en el queso de poro

a,b,c,d,f y g Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

Los cloruros están determinados específicamente como cloruro de sodio, ya que se adiciona en el queso con el fin de potenciar el sabor, y al mismo tiempo controlar el crecimiento microbiano.

La actividad antimicrobiana del cloruro de sodio está relacionada con su capacidad para reducir la actividad del agua y crear condiciones desfavorables para el crecimiento microbiano. A medida que se reduce la actividad del agua extracelular, las células comienzan a sufrir un choque osmótico y rápidamente pierden agua por plasmólisis, durante la cual, la célula deja de crecer y bien muere o sigue latente. Para reanudar su crecimiento, la célula tiene que reducir su actividad del agua intracelular (Doyle et al., 2001).

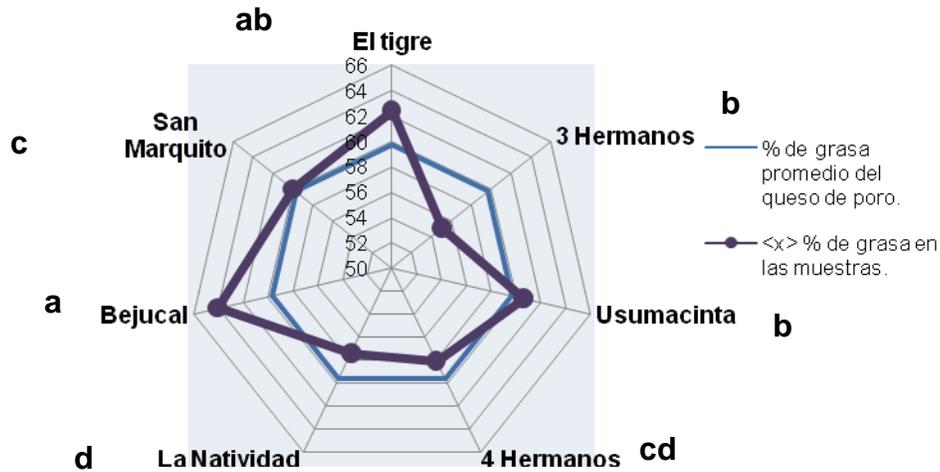
En la gráfica 9 se puede ver que en el queso de marca La Natividad por su bajo contenido de sal tiene un menor efecto antimicrobiano que se corrobora con la más alta  $a_w$  (ver gráfica 3); esto podría afectar las características sensoriales del queso, tal vez sea un poco más insípido; sin embargo de no ser percibido

---

sensorialmente diferente, podría tener ventajas para la salud por el bajo contenido de sal.

Lo que señala la diferencia en el contenido de sal, es que en el proceso de salado se está aplicando poca cantidad de sal o se aplica por frotado un número menor de veces que los demás productores; se recomendaría que todos los productores establecieran una cantidad en gramos de sal para cada frotado y el mismo número de aplicaciones ya que estadísticamente existe diferencia significativa entre los quesos.

### 3.8. DETERMINACIÓN DE GRASA



Gráfica 11. Contenido de Grasa BS (g/100g de queso) en el queso de poro

<sup>ab,c y d</sup> Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

Existe diferencia significativa entre muestras menos entre El tigre, 3 Hermanos y Usumacinta, entre El Tigre y Bejucal, y entre San Marquito y 4 Hermanos, podría indicar que la leche entre estos productores tiene calidad similar respecto a grasa butírica. La variación en el contenido graso del queso era de esperarse por la implementación de leche bronca sin estandarizar. Estas discrepancias son por la diferente composición de la leche y por posibles pérdidas de materia grasa durante el proceso, por ejemplo en el corte de la cuajada (si no se realiza cuando el gel está firme).

Si se comparan con la clasificación de la norma que se presenta en la tabla 9, las marcas: El Tigre, Usumacinta y Bejucal estarían dentro de los quesos extragrasos por contener más de 60% de grasa; 3 Hermanos, 4 Hermanos, La Natividad y San Marquito serían grasos por tener entre 50-60%, y en general el queso de poro sería un queso graso con un promedio de 59.65% de grasa.

| <b>GRASA%<br/>(EXTRACTO SECO)</b> |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| <b>Extragraso</b>                 | <b>Mas del 60</b>   |
| <b>Graso</b>                      | <b>45-60</b>        |
| <b>Semigrasa</b>                  | <b>25-45</b>        |
| <b>cuartograso</b>                | <b>10-25</b>        |
| <b>Magro</b>                      | <b>Menos del 10</b> |

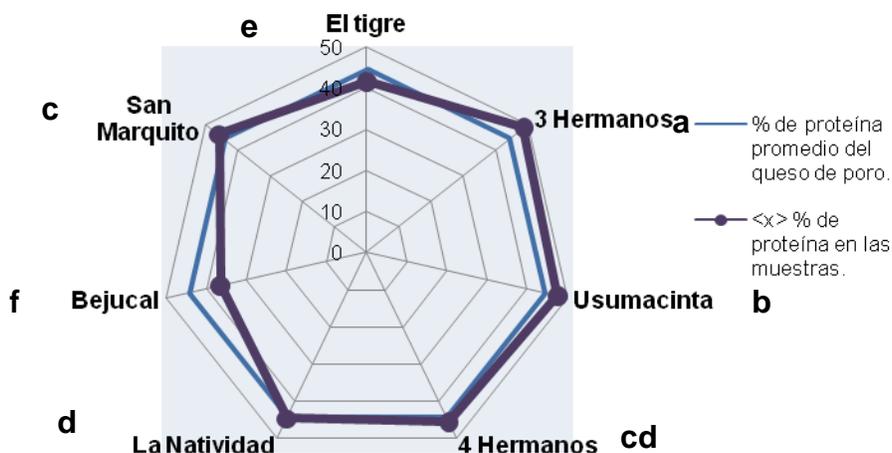
Tabla 9. Clasificación de los quesos según el contenido de grasa (CODEX STAN A-6-1978, Rev. 1-1999)

El alto contenido de grasa en el queso de poro en primera instancia se atribuye al tipo de ganado utilizado. Es una raza que se caracteriza por producir leche con alto contenido de grasa, aunado con el hecho de que la ordeña se realiza una vez por día (la leche contiene más grasa). Otro factor es el sistema de alimentación, puesto que es de libre pastoreo. La calidad del alimento dependerá de la estacionalidad, en este caso, dado que marzo es el mes donde principia la época de sequía, el alimento comienza a ser más fibroso. La planta, a pesar de que comienza a ser más rígida por el aumento de lignina y sílice (los cuales son casi totalmente indigeribles), contiene otros compuestos como celulosa y hemicelulosa que son digeridos por los microorganismos del rumen, cuya fermentación tiene como productos principales a los ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) que son las fuentes más importantes de energía para el ganado. Cuando el ganado recibe raciones que contienen cantidades importantes de fibra de buena calidad se forma en mayor cantidad ácido acético (precursor de ácidos grasos en la leche) lo que mejora el contenido graso de la leche; en cambio cuando la fibra es escasa o se suministra alta cantidad de hierba joven rica en compuestos de fácil fermentación (almidón, azúcares) y ácidos grasos insaturados, disminuyen dicho contenido graso al ser mayor el ácido propiónico, que es transformado en glucosa (punto de partida para la formación de lactosa en la leche) (Miller, 1989; Montaña, 2008).

El elevado contenido de grasa en el queso lo convierte en una fuente rica de vitaminas liposolubles (A, D, E, K), y de componentes parcialmente

responsables del sabor y aroma, así como también del cuerpo del queso maduro, efectos que no solo dependerán de la variedad del queso, sino también de la composición y carácter físico de la propia grasa (Scott et al., 2002).

### 3.9. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA



Gráfica 11. Contenido de Proteína total BS (g/100g de queso) en el queso de poro <sub>a, b, c, d, e y f</sub> Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa  $\alpha=0.05$

El alto valor proteico del queso de poro con un promedio de 44.31% lo convierte en un alimento de elevado valor nutritivo que supera al de la carne (20%).

Las proteínas del queso (caseínas) se vuelven más digestibles por la modificación que sufren durante la maduración por enzimas, diferentes según la microflora presente. Como consecuencia de esta proteólisis, la proteína se encuentra degradada y solubilizada en oligopéptidos y aminoácidos, lo que le confiere al producto final su textura y sabor (Eck, 1990).

Entre las muestras: 4 Hermanos y San Marquito no existe diferencia significativa, ni entre La Natividad y 4 Hermanos. Las variaciones entre quesos al igual que la grasa, son evidentes por el uso de leche bronca sin estandarizar, en la que el contenido proteico depende de la fase de lactación, estado patológico, raza, alimentación, etc., y del mismo modo por diferencias en el proceso, especialmente en un corte inadecuado de la cuajada donde se puede tener pérdida de proteína. Esencialmente, los valores altos de proteína pueden atribuirse a la raza (produce leche con alto contenido de proteína), y a la alimentación.

---

El aporte insuficiente de energía a la vaca reduce el contenido proteico de la leche debido a que la síntesis proteica en el metabolismo intermediario requiere disponer de muy elevadas cantidades de ATP procedentes del recambio energético; si se considera que en el ganado la energía se obtiene principalmente de la fermentación en el rumen de la fibra y que para este caso, el alimento que consumió comienza a tener mayor cantidad de celulosa (por la temporada), se puede decir que tiene un aporte de energía favorable, y se ve reflejado en un alto contenido de proteína en la leche. La administración deficiente de proteína también disminuye la cantidad de proteína en la leche aunque suele ser más raro (Burgastaller, 1981).

### **3.10. EVIDENCIA DE LIPÓLISIS**

Durante este fenómeno acontece la hidrólisis de los triglicéridos, por acción de la lipasa existente en la leche (lipoproteín-lipasa) y las producidas por determinados microorganismos. Los mohos son los pobladores de los quesos más lipolíticos; las bacterias lácticas aunque son poco lipolíticas, refuerzan la acción de la lipasa natural de la leche en los quesos elaborados con leche cruda.

Dado que en el queso de poro predomina una microflora secundaria (levaduras) y la presencia de bacterias lácticas, en donde muy pocas de las cepas aisladas tienen actividad lipolítica. Un ejemplo *Kluyveromyces cremoris* y *Kluyveromyces marxianus* las cuales fueron identificadas únicamente en La Natividad, tal vez a ello se deba la presencia de mayor % de AGL. Este dato indicaría que las condiciones que parecieran desfavorables en la vida de anaquel del producto, resultan favorables para la presencia de levaduras que generan mayor hidrólisis de la grasa, a lo cual se atribuye el fuerte olor característico del queso de poro al liberar ácidos grasos que, junto con sus productos de degradación, las metilcetonas, contribuyen en el sabor y aroma del queso. En algunos casos no es deseable una lipólisis muy pronunciada ya que pueden desarrollarse sabores a jabón, y en otros aunque no sea intensa la lipólisis, los compuestos combinados con los productos de la proteólisis proporcionan sabores más fuertes en el queso.

Lo ideal para estudiar la lipólisis del queso sería obtener perfiles de los ácidos grasos mediante una técnica de cromatografía de gases; no obstante, una manera fácil de medir la descomposición de la grasa, es determinar el grado de lipólisis, que equivale a la cantidad de ácidos grasos liberados, expresada como acidez de la fase grasa del queso. Sin embargo, esta medida no refleja la realidad, porque sólo los ácidos grasos de seis o más átomos de carbono tienen su único origen en la lipólisis; los ácidos grasos de C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, y C<sub>4</sub> provienen de la fermentación de los lactatos y/o de la transformación de los aminoácidos. A pesar de ello, los valores expuestos en la tabla 10 (índice de acidez determinada como ác. oleico, por ser el ác. graso presente en mayor proporción) muestran una idea general de la maduración que tienen los quesos; las variaciones existentes son evidencia de la desemejanza en la microflora e indudablemente en el olor y sabor del queso (Eck, 1990; Alais, 1994; Mahaut et al., 2003).

| <b>Muestra</b> | <b>% de AGL<br/>(oleico)</b> |
|----------------|------------------------------|
| El Tigre       | 0.85                         |
| 3Hermanos      | 0.56                         |
| Usumacinta     | 1.41                         |
| 4 Hermanos     | 0.73                         |
| La Natividad   | 1.41                         |
| Bejucal        | 0.65                         |
| San            | 0.56                         |
| Marquito       |                              |

Tabla 10. Contenido de ácidos grasos libres (determinado como % de ác. oleico)

---

### 3.11. EVIDENCIA DE PROTEÓLISIS

En la maduración, ocurren transformaciones importantes en la textura y sabor del queso, debido a que la proteína es hidrolizada por las enzimas proteolíticas en diversos productos como péptidos de gran tamaño hasta aminoácidos libres, e incluso amoníaco. La proporción de estos compuestos varía según el tipo de quesos, y pueden proporcionar sabores amargos, aunque algunos tienen sabores azucarados.

Dichos cambios son importantes y debieran ser estrictamente controlados, ya que el queso de poro difiere de otros quesos por sus características sensoriales, especialmente sabor y aroma.

En la figura 27 se observa que en general la proteólisis es más o menos homogénea, y pues se debe a que en la mayoría se ha encontrado una microflora de mayor actividad proteolítica. La degradación de las caseínas es similar, presentando variabilidad de una o dos bandas; El Tigre es el que muestra mayor proteolisis al distinguirse cinco bandas, cuatro en San Marquito, Bejuical, La Natividad Usumacinta y tres en 4 Hermanos y dos en 3Hermanos.

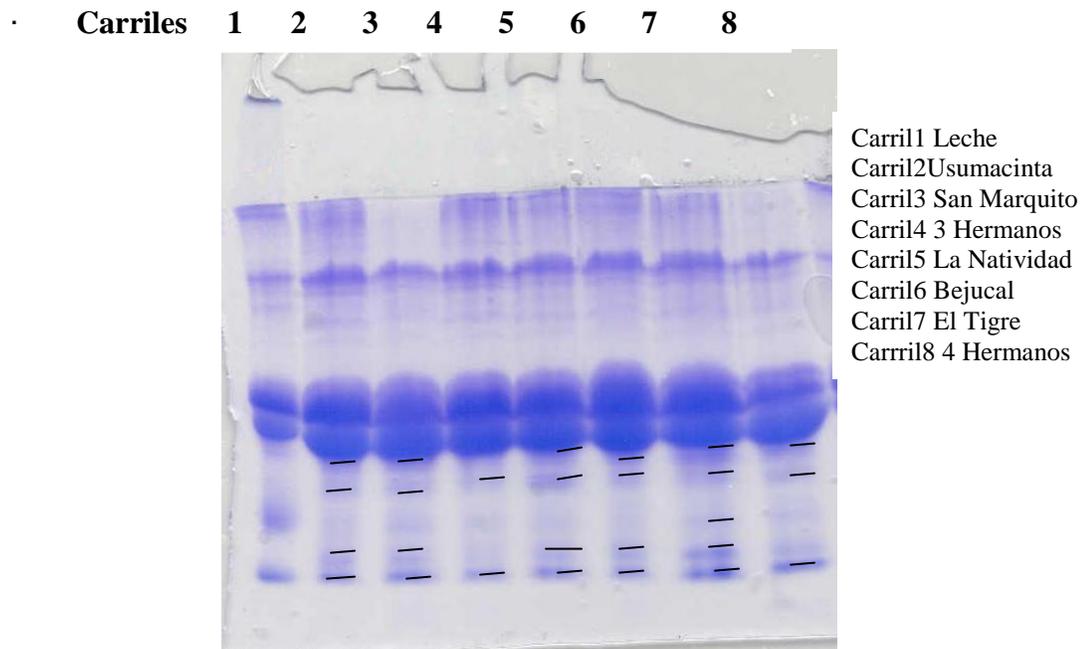


Figura27. Gel de electroforesis de queso fresco (Acilamida 30%) .

---

Estas discrepancias se deben a las diversas actividades enzimáticas como son:

- Enzimas nativas de la leche: en el queso de poro el pH es bajo, por lo tanto actúa principalmente la proteasa ácida.
- Enzimas coagulantes: es importante la cantidad de enzima retenida, la proporción de quimosina y pepsina que depende del origen del cuajo (los cuajos microbianos son más proteolíticos).
- Enzimas del cultivo iniciador que en la mayoría de los quesos son las bacterias mesófilas *Lactococcus spp.* Estas enzimas son responsables de la intensidad de la proteólisis: actúan sobre los péptidos formados por acción del cuajo residual o de la plasmina, produciendo péptidos pequeños y aminoácidos libres.
- Enzimas de los microorganismos secundarios: puesto que no se utiliza leche pasteurizada, la microflora que llega al producto como contaminante es muy diversa y dependerá de las medidas higiénicas que se toman durante la obtención de la leche y elaboración del queso.

La proteólisis ocurre por la interacción entre los sistemas enzimáticos y también de varios factores como tiempo de maduración, la temperatura que es diversa en cada establecimiento y por lo tanto en los armarios (la actividad aumenta con la temperatura), la humedad en el queso (entre mayor sea más rápida la proteólisis), pH (cuando el pH es bajo, se retiene mayor cantidad de cuajo, el cual resulta importante en la proteólisis), cantidad de grasa (la caseína se digiere más rápido en los quesos descremados que en los quesos grasos), los ácidos grasos insaturados tienen un efecto inhibitor sobre las bacterias proteolíticas, la sal retrasa la proteólisis. (Alais, 1986; Walstra, 2001).

En la figura 28, donde el queso ya había estado cuatro meses en condiciones de refrigeración, a pesar de que faltó correr más el gel, se logra distinguir en algunos casos más bandas, e inclusive son más intensas, por lo tanto, es evidente que el queso continúa su proceso proteolítico, y como la venta del queso en su mayoría es a temperatura ambiente, alrededor de 36-40°C, la intensidad del proceso madurativo será mayor y podrían desarrollarse sabores amargos que no son

---

agradables en gran proporción. Por ello, sería apropiado conservar los quesos en refrigeración durante su venta, para mantener las características lo más cercanas al queso fresco.

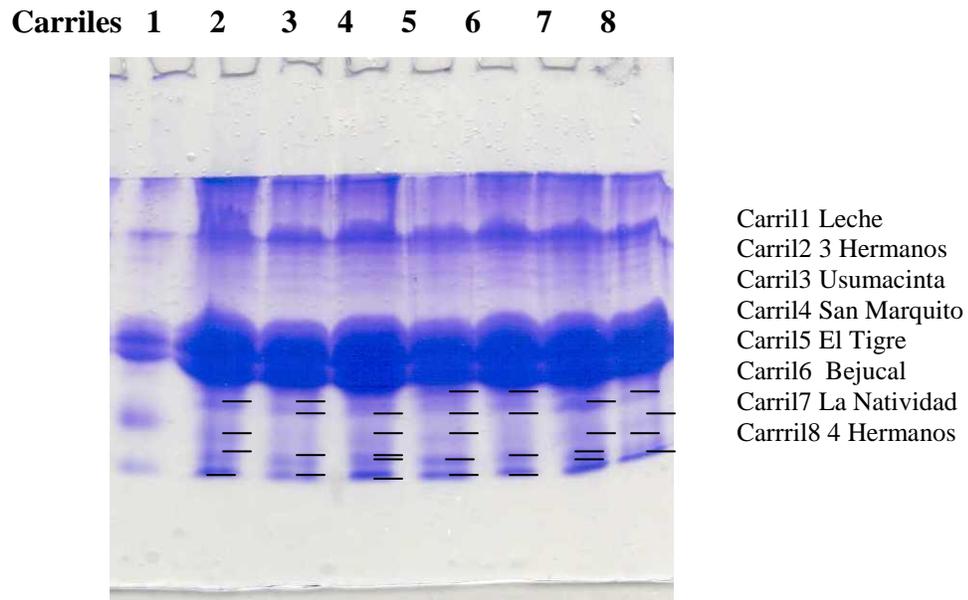


Figura28. Gel de electroforesis de queso (4 meses después de almacenado en refrigeración)

En este estudio se evidenciaron las diferencias existentes en la proteólisis del queso; sin embargo, para determinar el grado de proteólisis será más adecuado utilizar técnicas como cromatografía (filtración en gel o intercambio iónico, fundamentalmente por HPLC), los extractos fraccionados pueden servir para caracterizar la proteólisis con mayor precisión, y con una electroforesis cuantitativa (Eck, 1990).

### 3.12. PROPUESTA PARA LA COMPOSICIÓN PROMEDIO DEL QUESO DE PORO

| Parámetro              | Base Húmeda | Base Seca |
|------------------------|-------------|-----------|
| $a_w$                  | 0.93-0.97   |           |
| pH                     | 3.7-4.2     |           |
| Humedad (%)            | 29.6-36.6   |           |
| Sólidos Totales (%)    | 63.3-70.2   |           |
| Proteína Total (%)     | 25min.      | 36 min.   |
| Grasa Butírica (%)     | 37 min.     | 55 min.   |
| Minerales (%)          | 1.5-3.4     | 2.2-5.0   |
| NaCl%                  | 1.14-2.7    | 1.68-4.07 |
| Acidez (% ac. láctico) | 0.7-1.21    |           |
| *kcal/100g queso       | 433 aprox.  |           |

\*kcal calculada, considerando que el aporte de proteínas es de 4kcal/ g (4kcalx25g de proteína=100Kcal) Aunado con los lípidos 9kcal/g (9kcal x37g de lípidos=333 Kcal)

Tabla 11. Composición fisicoquímica del queso de poro

| Queso            | %H <sub>2</sub> O | %ST  | %Grasa | %Proteínas | %Cenizas | % Sal | pH  |
|------------------|-------------------|------|--------|------------|----------|-------|-----|
| <b>Poro</b>      | 32.3              | 67.6 | 40.6   | 29.9       | 2.8      | 2.2   | 3.9 |
| <b>Chihuahua</b> | 33.8              | 66.2 | 32.3   | 27.6       | 3.6      | ----- | 5.1 |
| <b>Sal</b>       | 42.6              | 57.4 | 20.7   | 26.9       | 6.1      | 4.5   | 5.9 |
| <b>Panela</b>    | 58.0              | 42.0 | 20.0   | 20         | 3.8      | 2.2   | 5.5 |
| <b>Aro</b>       | 47.5              | 52.5 | 21.3   | 22.9       | 3.4      | ----- | 5.1 |
| <b>Adobera</b>   | 53.0              | 22.5 | 23.4   | 3.4        |          | ----- | 5.1 |
| <b>Crema</b>     | 48.1              | 51.8 | 24.5   | 21.8       | 2.6      | 2.4   | 4.9 |

Tabla 12. Cotejo de la composición promedio encontrada en el queso de poro con algunos quesos tropicales de México referidos por Villegas (2003)

En la tabla 11 se muestra una propuesta para caracterizar al queso de poro en cuanto a composición y algunos parámetros fisicoquímicos que resultan importantes para su estabilidad. En conjunto, dichos parámetros identifican a este queso como un producto artesanal genuino, esto se puede corroborar al comparar con otros quesos mexicanos (ver tabla 12). Principalmente lo que diferencia al queso de poro de los demás es el alto contenido de grasa, proteína y su alta acidez, que trae asociado un sabor diferente y único.

---

En cuanto al aporte energético, se puede decir que es muy alto 433Kcal/100g valor parecido al de los quesos Cheddar (408kcal/100g), Edam (408Kcal/100g), Gruyere (416kcal/100g) y Manchego (408kcal/100g) (Hernández 2007).

---

## CONCLUSIONES

- Con este trabajo, se logró una propuesta de la composición química típica del queso de poro, la cual muestra que es un queso que se caracteriza por su bajo pH, alta acidez, un elevado contenido de proteína y de grasa.
- Existe diferencia significativa en la composición fisicoquímica entre las siete marcas de queso de poro analizadas, debido a la falta de estandarización en el proceso de elaboración y a la variabilidad de la composición química de la leche
- Por su elevado contenido de proteína y lípidos se puede considerar un alimento con un alto valor nutritivo
- El queso de poro es un producto que a pesar de ser elaborado con leche cruda; puede lograr ser un producto seguro para consumo por su bajo pH y alta acidez.

---

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda estandarizar la materia prima, ya que de ésta dependerán las características finales del queso.
- El desarrollo de sabor y textura está relacionado de manera trascendental con las reacciones de proteólisis y lipólisis, por lo tanto, es necesario tener las mismas condiciones en la maduración del queso.
- La etapa de cortado y salado definen en gran parte el contenido de humedad, que a su vez se relaciona con otros parámetros como acidez,  $a_w$ , sabor, consistencia y lo más importante, la maduración y la vida de anaquel del queso.
- Es necesario establecer estándares para eliminar los factores que impiden la obtención de un producto homogéneo.
- El análisis fisicoquímico proporciona información que permite conocer la calidad del producto, pero por si solo no es concluyente ya que es necesario realizar otras mediciones como lo son los análisis bacteriológicos y análisis sensorial para tener una visión global.
- Para tener un estudio más completo, sería apropiado realizar la caracterización fisicoquímica del queso de poro en diferentes épocas del año, ya que la alimentación del ganado al ser de libre pastoreo, se ve afectado por la estacionalidad; lo que implica una composición variable en la leche y por lo tanto también en las características del queso.
- Al mismo tiempo realizar análisis microbiológicos y sensoriales, para poder visualizar si varían mucho las características globales del queso de poro. Eso permitiría identificar los estándares fisicoquímicos más apropiados para conseguir la mejor calidad y obtener un producto nutritivo, seguro, de gran sabor y con mayor vida de anaquel.
- Una vez identificados los parámetros fisicoquímicos, en conjunto con los microbiológicos y sensoriales, se debe trabajar en la elaboración de una norma que respalde este queso.

- 
- Se requiere de mayor interés y apoyo por parte de las instancias públicas para la producción del queso de poro, para que ésta pueda desarrollarse y con esto aumentar la economía de las áreas ganaderas tropicales.

## ANEXOS

### ANEXO I DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA ( $a_w$ )

| Muestra      | Temperatura<br>°C | $a_w$ | $a_w$ Promedio  |
|--------------|-------------------|-------|---|
| El Tigre     | 22.0              | 0.943 | Media=0,94  |
|              | 22.0              | 0.937 | S=0.00  |
|              | 21.7              | 0.939 | S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33   |
| 3 Hermanos   | 19.6              | 0.948 | Media=0,94  |
|              | 20.0              | 0.935 | S=0.01  |
|              | 20.4              | 0.949 | S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.83   |
| Usumacinta   | 21.0              | 0.944 | Media=0,95  |
|              | 21.0              | 0.953 | S=0.01  |
|              | 21.3              | 0.943 | S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.58   |
| 4 Hermanos   | 21.5              | 0.947 | Media=0,95  |
|              | 21.8              | 0.950 | S=0.00  |
|              | 22.0              | 0.946 | S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.22   |
| La Natividad | 22.0              | 0.966 | Media=0,97  |
|              | 21.8              | 0.977 | S=0.01  |
|              | 22.0              | 0.972 | S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.57   |
| Bejucal      | 21.3              | 0.931 | Media=0,93  |
|              | 21.5              | 0.929 | S=0.00  |
|              | 21.8              | 0.932 | S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.16   |
| San Marquito | 20.6              | 0.958 | Media=0,96  |
|              | 20.7              | 0.962 | S=0.00  |
|              | 21.0              | 0.965 | S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.37   |
| <b>Total</b> |                   |       | <b>Media=0.95</b><br><b>S=0.01</b><br><b>S<sup>2</sup>=0.00</b><br><b>CV=1.45</b> |

**ANEXO II**

**DETERMINACIÓN DE pH Y ACIDEZ (% AC. LÁCTICO)**

| Muestra             | pH   | pH Promedio   | Peso de la muestra (g) | ml de NaOH (gastados) | % acidez | %acidez  |
|---------------------|------|---|------------------------|-----------------------|----------|--|
| <b>El Tigre</b>     | 3.78 | Media=3.78  | 2.206                  | 3.3                   | 1.192    | Media=1.21   |
|                     | 3.77 | S=0.01  | 2.210                  | 3.3                   | 1.194    | S=0.04   |
|                     | 3.78 | S <sup>2</sup> =0.00  | 2.520                  | 3.5                   | 1.261    | S <sup>2</sup> =0.00   |
|                     |      | CV=0.15   |                        |                       |          | CV=3.33  |
| <b>3 Hermanos</b>   | 3.92 | Media=3.89  | 2.501                  | 2.2                   | 0.792    | Media=0,80   |
|                     | 3.90 | S=0.03  | 2.514                  | 2.2                   | 0.787    | S=0.02   |
|                     | 3.86 | S <sup>2</sup> =0.00  | 2.516                  | 2.3                   | 0.823    | S <sup>2</sup> =0.00   |
|                     |      | CV=0.78   |                        |                       |          | CV=2.17  |
| <b>Usumacinta</b>   | 4.32 | Media=4.25  | 2.502                  | 1.9                   | 0.683    | Media=0.70   |
|                     | 4.21 | S=0.06  | 2.517                  | 2.0                   | 0.715    | S=0.02   |
|                     | 4.22 | S <sup>2</sup> =0.00  | 2.529                  | 2.0                   | 0.712    | S <sup>2</sup> =0.00   |
|                     |      | CV=1.43   |                        |                       |          | CV=2.47  |
| <b>4 Hermanos</b>   | 3.92 | Media=3.91  | 2.702                  | 1.9                   | 0.633    | Media=0.66   |
|                     | 3.90 | S=0.01  | 2.524                  | 1.9                   | 0.677    | S=0.03   |
|                     | 3.92 | S <sup>2</sup> =0.00  | 2.524                  | 1.9                   | 0.677    | S <sup>2</sup> =0.00   |
|                     |      | CV=0.30   |                        |                       |          | CV=4.35  |
| <b>La Natividad</b> | 3.72 | Media=3.71  | 2.504                  | 2.4                   | 0.863    | Media=0.94   |
|                     | 3.70 | S=0.01  | 2.503                  | 2.7                   | 1.006    | S=0.07   |
|                     | 3.72 | S <sup>2</sup> =0.00  | 2.502                  | 2.7                   | 0.972    | S <sup>2</sup> =0.01   |
|                     |      | CV=0.31   |                        |                       |          | CV=7.81  |
| <b>Bejucal</b>      | 3.72 | Media=3.71  | 2.504                  | 2.4                   | 0.863    | Media=0,94   |
|                     | 3.70 | S=0.01  | 2.503                  | 2.7                   | 1.006    | S=0.07   |
|                     | 3.72 | S <sup>2</sup> =0.00  | 2.501                  | 2.7                   | 0.970    | S <sup>2</sup> =0.01   |
|                     |      | CV=0.31   |                        |                       |          | CV=7.81  |
| <b>San Marquito</b> | 3.95 | Media=3.93  | 2.514                  | 2.0                   | 0.716    | Media=0,74   |
|                     | 3.91 | S=0.02  | 2.515                  | 2.1                   | 0.751    | S=0.02   |
|                     | 3.93 | S <sup>2</sup> =0.00  | 2.518                  | 2.1                   | 0.750    | S <sup>2</sup> =0.00   |
|                     |      | CV=0.51   |                        |                       |          | CV=2.34  |
| <b>Total</b>        |      | <b>Media=3.88</b><br><b>S=0.19</b><br><b>S<sup>2</sup>=0.03</b><br><b>CV=4.78</b> |                        |                       |          | <b>Media=0.86</b><br><b>S=0.19</b><br><b>S<sup>2</sup>=0.04</b><br><b>CV=22.38</b> |

**ANEXO III**

**Determinación de Humedad y Sólidos Totales**

| <b>Muestra</b>          | <b>%<br/>Humedad</b>    | <b>%<br/>Humedad<br/>Promedio</b>  | <b>%<br/>Sólidos<br/>Totales</b> | <b>%<br/>Sólidos<br/>Totales<br/>Promedio</b>                                      |
|-------------------------|-------------------------|--|----------------------------------|--|
| <b>El Tigre</b>         | 33.96<br>33.58<br>33.65 | Media=33,73<br>S=0.20<br>S <sup>2</sup> =0.04<br>CV=0.60                           | 66.03<br>66.41<br>66.35          | Media=66.38<br>S=0.04<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.06                           |
| <b>3<br/>Hermanos</b>   | 28.19<br>29.92<br>30.80 | Media=29,64<br>S=1.33<br>S <sup>2</sup> =1.76<br>CV=4.48                           | 71.81<br>70.08<br>69.22          | Media=70.37<br>S=1.32<br>S <sup>2</sup> =1.74<br>CV=1.87                           |
| <b>Usumacinta</b>       | 33.63<br>31.95<br>32.06 | Media=32,55<br>S=0.94<br>S <sup>2</sup> =0.88<br>CV=2.89                           | 66.36<br>68.05<br>37.94          | Media=67.45<br>S=0.95<br>S <sup>2</sup> =0.89<br>CV=1.40                           |
| <b>4<br/>Hermanos</b>   | 32.26<br>31.82<br>32.06 | Media=32,05<br>S=0.22<br>S <sup>2</sup> =0.05<br>CV=0.69                           | 67.73<br>68.18<br>66.33          | Media=67.41<br>S=0.96<br>S <sup>2</sup> =0.93<br>CV=1.43                           |
| <b>La<br/>Natividad</b> | 32.22<br>31.82<br>32.06 | Media=32,17<br>S=0.28<br>S <sup>2</sup> =0.08<br>CV=0.87                           | 67.77<br>68.13<br>67.57          | Media=67.82<br>S=0.28<br>S <sup>2</sup> =0.08<br>CV=0.42                           |
| <b>Bejucal</b>          | 30.00<br>29.06<br>30.15 | Media=29,74<br>S=0.59<br>S <sup>2</sup> =0.35<br>CV=1.99                           | 69.99<br>70.94<br>69.85          | Media=70.26<br>S=0.59<br>S <sup>2</sup> =0.35<br>CV=0.84                           |
| <b>San<br/>Marquito</b> | 36.17<br>35.92<br>36.85 | Media=36,31<br>S=0.48<br>S <sup>2</sup> =0.23<br>CV=1.33                           | 63.83<br>64.09<br>63.15          | Media=63.69<br>S=0.49<br>S <sup>2</sup> =0.24<br>CV=0.76                           |
| <b>Total</b>            |                         | <b>Media=32.31</b><br><b>S=2.31</b><br><b>S<sup>2</sup>=5.33</b><br><b>CV=7.14</b> |                                  | <b>Media=67.64</b><br><b>S=2.63</b><br><b>S<sup>2</sup>=6.95</b><br><b>CV=3.90</b> |

## ANEXO IV

### Determinación de Cloruros (NaCl)

| Muestra             | g de muestra | mL de Ag NO <sub>3</sub> gastados | % NaCl BH | % NaCl Promedio BH  | % NaCl BS | % NaCl BS Promedio  |
|---------------------|--------------|-----------------------------------|-----------|---|-----------|---|
| <b>El Tigre</b>     | 5.006        | 23.2                              | 2.711     | Media=2.70<br>S=0.01<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.62                             | 4.091     | Media=4.07<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.62                             |
|                     | 5.018        | 23.0                              | 2.681     |   | 4.046     |   |
|                     | 5.009        | 23.4                              | 2.709     |   | 4.088     |   |
| <b>3 Hermanos</b>   | 5.010        | 21.7                              | 2.534     | Media=2.52<br>S=0.01<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.60                             | 3.601     | Media=3.58<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.60                             |
|                     | 5.004        | 21.8                              | 2.527     |   | 3.591     |   |
|                     | 5.001        | 21.6                              | 2.505     |   | 3.560     |   |
| <b>Usumacinta</b>   | 5.006        | 22.0                              | 2.549     | Media=2.52<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.11                             | 3.779     | Media=3.74<br>S=0.04<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.11                             |
|                     | 5.048        | 21.7                              | 2.493     |   | 3.696     |   |
|                     | 5.014        | 21.8                              | 2.522     |   | 3.739     |   |
| <b>4 Hermanos</b>   | 5.041        | 16.5                              | 1.898     | Media=1.91<br>S=0.01<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.86                             | 2.793     | Media=2.82<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.8                              |
|                     | 5.016        | 16.7                              | 1.931     |   | 2.842     |   |
|                     | 5.006        | 16.5                              | 1.912     |   | 2.814     |   |
| <b>La Natividad</b> | 5.005        | 10                                | 1.159     | Media=1.14<br>S=0.01<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=5.92                             | 1.709     | Media=1.69<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.56                             |
|                     | 5.003        | 9.7                               | 1.124     |   | 1.657     |   |
|                     | 5.002        | 9.9                               | 1.148     |   | 1.692     |   |
| <b>Bejucal</b>      | 5.004        | 23.1                              | 2.677     | Media=2.69<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.02                             | 3.810     | Media=3.83<br>S=0.03<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.02                             |
|                     | 5.011        | 23.1                              | 2.674     |   | 3.806     |   |
|                     | 5.005        | 23.5                              | 2.723     |   | 3.875     |   |
| <b>San Marquito</b> | 5.004        | 17.5                              | 2.028     | Media=2.05<br>S=0.04<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=2.01                             | 3.184     | Media=3.22<br>S=0.06<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=2.01                             |
|                     | 5.014        | 17.7                              | 2.047     |   | 3.293     |   |
|                     | 5.016        | 17.5                              | 2.023     |   | 3.176     |   |
| <b>Total</b>        |              |                                   |           | <b>Media=2.220</b><br><b>S=0.54</b><br><b>S<sup>2</sup>=0.29</b><br><b>CV=24.16</b> |           | <b>Media=3.278</b><br><b>S=0.58</b><br><b>S<sup>2</sup>=0.34</b><br><b>CV=29.24</b> |

**ANEXO V**  
**Determinación de cenizas**

| <b>Muestra</b>          | <b>%<br/>Cenizas<br/>BH</b> | <b>%<br/>Cenizas BH<br/>Promedio</b>   | <b>%<br/>Cenizas<br/>BS</b> | <b>%<br/>Cenizas BS<br/>Promedio</b>   |
|-------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|--|
| <b>El Tigre</b>         | 3.13<br>3.09<br>3.17        | Media=3.13<br>S=0.04<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.28                            | 4.73<br>4.66<br>4.78        | Media=4.72<br>S=0.06<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.28                            |
| <b>3 Hermanos</b>       | 2.91<br>2.75<br>2.70        | Media=2.79<br>S=0.11<br>S <sup>2</sup> =0.01<br>CV=3.99                            | 4.14<br>3.91<br>3.84        | Media=3.96<br>S=0.16<br>S <sup>2</sup> =0.02<br>CV=3.98                            |
| <b>Usumacinta</b>       | 3.18<br>3.65<br>3.30        | Media=3.38<br>S=0.24<br>S <sup>2</sup> =0.06<br>CV=7.19                            | 4.72<br>5.41<br>4.90        | Media=5.01<br>S=0.36<br>S <sup>2</sup> =0.13<br>CV=7.19                            |
| <b>4 Hermanos</b>       | 2.46<br>2.65<br>2.94        | Media=2.68<br>S=0.24<br>S <sup>2</sup> =0.06<br>CV=8.99                            | 3.61<br>3.91<br>4.32        | Media=3.95<br>S=0.35<br>S <sup>2</sup> =0.13<br>CV=8.99                            |
| <b>La Natividad</b>     | 1.50<br>1.53<br>1.50        | Media=1.51<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33                            | 2.21<br>2.25<br>2.21        | Media=2.22<br>S=0.03<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.14                            |
| <b>Bejucal</b>          | 3.58<br>3.49<br>3.25        | Media=3.44<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=1.15                            | 5.09<br>4.96<br>4.63        | Media=4.89<br>S=0.24<br>S <sup>2</sup> =0.06<br>CV=4.85                            |
| <b>San<br/>Marquito</b> | 2.95<br>2.51<br>2.66        | Media=2.70<br>S=0.23<br>S <sup>2</sup> =0.05<br>CV=8.41                            | 4.64<br>3.93<br>4.17        | Media=4.25<br>S=0.36<br>S <sup>2</sup> =0.13<br>CV=8.42                            |
| <b>Total</b>            |                             | <b>Media=2.80</b><br><b>S=0.65</b><br><b>S<sup>2</sup>=0.42</b><br><b>CV=23.21</b> |                             | <b>Media=4.14</b><br><b>S=0.95</b><br><b>S<sup>2</sup>=0.90</b><br><b>CV=22.92</b> |

## ANEXO VI

### Determinación de Grasa

| Muestra      | %<br>*Humedad<br>Promedio | %<br>**Grasa<br>BH | %<br>Grasa<br>Promedio BH   | %<br>Grasa<br>BS        | %<br>Grasa BS<br>Promedio  |
|--------------|---------------------------|--------------------|---|-------------------------|--|
| El Tigre     | 33.727                    | 41<br>41<br>42     | Media=41.33<br>S=0.58<br>S <sup>2</sup> =0.33<br>CV=1.40                            | 61.87<br>61.87<br>63.37 | Media=62.37<br>S=0.87<br>S <sup>2</sup> =0.76<br>CV=1.40                           |
| 3 Hermanos   | 29.147                    | 37<br>40<br>40     | Media=39.00<br>S=1.73<br>S <sup>2</sup> =3.00<br>CV=4.44                            | 52.22<br>56.45<br>56.45 | Media=55.04<br>S=2.44<br>S <sup>2</sup> =5.98<br>CV=4.44                           |
| Usumacinta   | 37.897                    | 38<br>38<br>37     | Media=37.67<br>S=0.58<br>S <sup>2</sup> =0.33<br>CV=1.53                            | 61.19<br>61.19<br>59.58 | Media=60.65<br>S=0.93<br>S <sup>2</sup> =0.86<br>CV=1.53                           |
| 4 Hermanos   | 30.580                    | 40<br>41<br>40     | Media=40.33<br>S=0.58<br>S <sup>2</sup> =0.33<br>CV=1.43                            | 57.62<br>59.06<br>57.62 | Media=58.10<br>S=0.83<br>S <sup>2</sup> =0.69<br>CV=1.43                           |
| La Natividad | 31.450                    | 38<br>40<br>40     | Media=39.33<br>S=1.15<br>S <sup>2</sup> =1.33<br>CV=2.94                            | 55.43<br>58.35<br>58.35 | Media=57.38<br>S=1.68<br>S <sup>2</sup> =2.84<br>CV=2.94                           |
| Bejucal      | 25.610                    | 47<br>48<br>48     | Media=47.67<br>S=0.58<br>S <sup>2</sup> =0.33<br>CV=1.21                            | 63.18<br>64.52<br>64.52 | Media=64.08<br>S=0.78<br>S <sup>2</sup> =0.60<br>CV=1.21                           |
| San Marquito | 34.950                    | 39<br>39<br>39     | Media=39.000<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.00                           | 59.95<br>59.95<br>59.95 | Media=59.95<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.00                           |
| <b>Total</b> |                           |                    | <b>Media=40.62</b><br><b>S=3.31</b><br><b>S<sup>2</sup>=10.98</b><br><b>CV=8.16</b> |                         | <b>Media=59.65</b><br><b>S=3.08</b><br><b>S<sup>2</sup>=9.48</b><br><b>CV=5.16</b> |

\*La humedad se volvió a determinar para esta prueba, ya que se repitió tiempo después cuando la muestra ya había perdido humedad

\*\* % Grasa BH =El % marcado en el butirómetro multiplicado por 2, debido a que se utilizó la mitad de la muestra

## ANEXO VII

### Determinación de Proteína

| Muestra             | Proteína | % Proteína BH           | % Proteína Promedio   | % Proteína BS           | % Proteína BS Promedio  |
|---------------------|----------|-------------------------|---|-------------------------|---|
| <b>El Tigre</b>     | 33.727   | 27.58<br>27.25<br>27.56 | Media =27.463<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33                            | 41.62<br>41.12<br>41.59 | Media =41.44<br>S=0.28<br>S <sup>2</sup> =0.08<br>CV=0.67                           |
| <b>3 Hermanos</b>   | 29.147   | 34.21<br>34.19<br>34.19 | Media =34.197<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33                            | 48.62<br>48.59<br>48.59 | Media =48.60<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.04                           |
| <b>Usumacinta</b>   | 37.897   | 32.25<br>31.91<br>31.88 | Media =32.013<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33                            | 47.81<br>47.31<br>47.28 | Media =47.47<br>S=0.30<br>S <sup>2</sup> =0.09<br>CV=0.63                           |
| <b>4 Hermanos</b>   | 30.66    | 30.66<br>30.35<br>32.11 | Media =31.040<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33                            | 45.12<br>44.66<br>47.25 | Media =45.68<br>S=1.38<br>S <sup>2</sup> =1.91<br>CV=3.03                           |
| <b>La Natividad</b> | 31.450   | 30.35<br>30.33<br>30.33 | Media =30.337<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33                            | 44.74<br>44.72<br>44.72 | Media =44.72<br>S=0.02<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.04                           |
| <b>Bejucal</b>      | 25.610   | 25.6<br>25.55<br>25.55  | Media =25.567<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33                            | 36.44<br>36.37<br>36.37 | Media =36.39<br>S=0.04<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.11                           |
| <b>San Marquito</b> | 34.950   | 29.70<br>28.85<br>29.11 | Media =29.220<br>S=0.00<br>S <sup>2</sup> =0.00<br>CV=0.33                            | 46.63<br>45.30<br>45.71 | Media =45.88<br>S=0.68<br>S <sup>2</sup> =0.47<br>CV=1.49                           |
| <b>Total</b>        |          |                         | <b>Media=29.97</b><br><b>S=2.874</b><br><b>S<sup>2</sup>=8.259</b><br><b>CV=9.587</b> |                         | <b>Media=44.31</b><br><b>S=4.16</b><br><b>S<sup>2</sup>=17.31</b><br><b>CV=9.39</b> |

---

**ANEXO VIII**  
**Evidencia de lipólisis**

| <b>Muestra</b>      | <b>mL de NaOH<br/>gastados</b> | <b>ml de<br/>NaOH<br/>promedio</b> | <b>%AGL (Oleico)</b> |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| <b>El Tigre</b>     | 0.3<br>0.3<br>0.3              | 0.3                                | 0.85                 |
| <b>3 Hermanos</b>   | 0.2<br>0.2<br>0.2              | 0.2                                | 0.56                 |
| <b>Usumacinta</b>   | 0.5<br>0.5<br>0.5              | 0.5                                | 1.41                 |
| <b>4 Hermanos</b>   | 0.3<br>0.3<br>0.2              | 0.26                               | 0.73                 |
| <b>La Natividad</b> | 0.5<br>0.5<br>0.5              | 0.5                                | 1.41                 |
| <b>Bejucal</b>      | 0.2<br>0.2<br>0.3              | 0.26                               | 0.65                 |
| <b>San Marquito</b> | 0.2<br>0.2<br>0.2              | 0.2                                | 0.56                 |

---

---

## ANEXO IX

### ANÁLISIS DE VARIANZA ( $a_w$ )

Para realizar el análisis de varianza se utilizó el programa de Microsoft Office Excel.

$a_w$

#### RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1        | 3             | 2.819       | 0.93966667      | 9.3333E-06      |
| Fila 2        | 3             | 2.832       | 0.944           | 6.1E-05         |
| Fila 3        | 3             | 2.84        | 0.94666667      | 3.0333E-05      |
| Fila 4        | 3             | 2.843       | 0.94766667      | 4.3333E-06      |
| Fila 5        | 3             | 2.915       | 0.97166667      | 3.0333E-05      |
| Fila 6        | 3             | 2.792       | 0.93066667      | 2.3333E-06      |
| Fila 7        | 3             | 2.885       | 0.96166667      | 1.2333E-05      |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| <b>Entre grupos</b>              | 0.00338857               | 6                         | 0.00056476                       | 26.3555556 | 7.3124E-07          | 2.847726                    |
| <b>Dentro de los grupos</b>      | 0.0003                   | 14                        | 2.1429E-05                       |            |                     |                             |
| <b>Total</b>                     | 0.00368857               | 20                        |                                  |            |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es mayor al valor crítico de tablas por lo que se establece que existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

Para evaluar entre sí cuales son diferentes, se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa de Fisher (DMS).

La fórmula de la diferencia mínima significativa es la siguiente:

$$DMS=t \sqrt{(2CMe/n)}$$

Donde:

T= valor t de Student de tabla (véase el anexo XVIII) al 5%, para dos colas, a los grados de libertad del error.

---

CMe= valor del cuadrado medio del error

N= total de juicios efectuados por muestra.

Considerando que :

t (tablas al 5%, con g.l . 14) =2.145

DMS para  $a_w = 2.145 \sqrt{(2(2.1429E-05))/3} = 8.107E-03$

El valor de la diferencia entre las medias de dos muestras , cualesquiera que sea, igual o mayor a 2.145, indica que entre esas dos muestras hay diferencia significativa al 5% .

Para el cálculo de las muestras diferentes es necesario, primero, arreglar por orden decreciente los valores de sus medias:

|              |            |
|--------------|------------|
| La Natividad | 0.97166667 |
| San Marquto  | 0.96166667 |
| 4 Hermanos   | 0.94766667 |
| Usumacinta   | 0.94666667 |
| 3 Hermanos   | 0.944      |
| El Tigre     | 0.93966667 |
| Bejucal      | 0.93066667 |

Posteriormente se debe comparar el valor de la diferencia entre medias con el valor calculado DMS.

|                             | Diferencia entre medias | DMS         | Existe diferencia significativa |
|-----------------------------|-------------------------|-------------|---------------------------------|
| La Natividad- Bejucal=      | 0.041                   | > 8.107E-03 | si                              |
| La Natividad - El tigre=    | 0.032                   | > 8.107E-03 | si                              |
| La Natividad -3 Hermanos=   | 0.028                   | > 8.107E-03 | si                              |
| La Natividad - Usumacinta=  | 0.025                   | > 8.107E-03 | si                              |
| La Natividad -4 Hermanos=   | 0.024                   | > 8.107E-03 | si                              |
| La Natividad -San Marquito= | 0.010                   | > 8.107E-03 | si                              |
| San Marquito -Bejucal=      | 0.031                   | > 8.107E-03 | si                              |
| San Marquito - El tigre=    | 0.022                   | > 8.107E-03 | si                              |
| San Marquito - 3 Hermanos=  | 0.018                   | > 8.107E-03 | si                              |
| San Marquito - Usumacinta=  | 0.015                   | > 8.107E-03 | si                              |
| San Marquito - 4 Hermanos=  | 0.014                   | > 8.107E-03 | si                              |
| 4 Hermanos - Bejucal=       | 0.017                   | > 8.107E-03 | si                              |
| 4 Hermanos - El tigre=      | 0.008                   | < 8.107E-03 | no                              |
| 4 Hermanos - 3 Hermanos=    | 0.004                   | < 8.107E-03 | no                              |

---

|                                 |       |             |    |
|---------------------------------|-------|-------------|----|
| <b>4 Hermanos - Usumacinta=</b> | 0.001 | < 8.107E-03 | no |
| <b>Usumacinta - Bejucal=</b>    | 0.016 | > 8.107E-03 | si |
| <b>Usumacinta - El tigre=</b>   | 0.007 | < 8.107E-03 | no |
| <b>Usumacinta - 3 Hermanos=</b> | 0.003 | < 8.107E-03 | no |
| <b>3 Hermanos - Bejucal =</b>   | 0.013 | > 8.107E-03 | si |
| <b>3 Hermanos - El Tigre=</b>   | 0.004 | < 8.107E-03 | no |
| <b>El Tigre - Bejucal =</b>     | 0.009 | < 8.107E-03 | no |

## ANEXO X

### ANÁLISIS DE VARIANZA (pH)

pH

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1        | 3             | 11.33       | 3.77666667      | 3.3333E-05      |
| Fila 2        | 3             | 11.68       | 3.89333333      | 0.00093333      |
| Fila 3        | 3             | 12.75       | 4.25            | 0.0037          |
| Fila 4        | 3             | 11.74       | 3.91333333      | 0.00013333      |
| Fila 5        | 3             | 11.14       | 3.71333333      | 0.00013333      |
| Fila 6        | 3             | 11.14       | 3.71333333      | 0.00013333      |
| Fila 7        | 3             | 11.79       | 3.93            | 0.0004          |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.62038095               | 6                         | 0.10339683                       | 132.398374 | 1.6315E-11          | 2.847726                    |
| Dentro de los grupos             | 0.01093333               | 14                        | 0.00078095                       |            |                     |                             |
| Total                            | 0.63131429               | 20                        |                                  |            |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es mayor al valor crítico de tablas por lo que se establece que existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

DMS para pH=  $2.145\sqrt{(2(0.00078095))}/3= 0.048943303$

#### Valores de las medias

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Usumacinta   | 4.25              |
| San          |                   |
| Marquto      | 3.93              |
| 4 Hermanos   | 3.91333333        |
| 3 Hermanos   | 3.89333333        |
| El Tigre     | 3.77666667        |
| La Natividad | 3.71333333        |
| Bejucal      | <u>3.71333333</u> |

---

|                               | Diferencia<br>entre medias | DMS          | Existe<br>diferencia<br>significativa |
|-------------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Usumacinta - Bejucal=         | 0.537                      | >0.048943303 | si                                    |
| Usumacinta - La Natividad =   | 0.537                      | >0.048943303 | si                                    |
| Usumacinta - El tigre=        | 0.473                      | >0.048943303 | si                                    |
| Usumacinta - 3 Hermanos=      | 0.357                      | >0.048943303 | si                                    |
| Usumacinta - 4 Hermanos=      | 0.337                      | >0.048943303 | si                                    |
| Usumacinta - San Marquito =   | 0.320                      | >0.048943303 | si                                    |
| San Marquito -Bejucal=        | 0.217                      | >0.048943303 | si                                    |
| San Marquito - La Natividad = | 0.217                      | >0.048943303 | si                                    |
| San Marquito - El tigre=      | 0.153                      | >0.048943303 | si                                    |
| San Marquito - 3 Hermanos=    | 0.037                      | <0.048943303 | no                                    |
| San Marquito - 4 Hermanos=    | 0.017                      | <0.048943303 | no                                    |
| 4 Hermanos - Bejucal=         | 0.200                      | >0.048943303 | si                                    |
| 4 Hermanos - La Natividad =   | 0.200                      | >0.048943303 | si                                    |
| 4 Hermanos - El tigre=        | 0.137                      | >0.048943303 | si                                    |
| 4 Hermanos - 3 Hermanos=      | 0.020                      | <0.048943303 | no                                    |
| 3 Hermanos - Bejucal =        | 0.180                      | >0.048943303 | si                                    |
| 3 Hermanos - La Natividad =   | 0.180                      | >0.048943303 | si                                    |
| 3 Hermanos - El Tigre=        | 0.117                      | >0.048943303 | si                                    |
| El Tigre - Bejucal =          | 0.063                      | >0.048943303 | si                                    |
| El Tigre - La Natividad =     | 0.063                      | >0.048943303 | si                                    |

## ANEXO XI

### ANÁLISIS DE VARIANZA (% Acidez)

% acidez

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1        | 3             | 3.647       | 1.21566667      | 0.00154233      |
| Fila 2        | 3             | 2.402       | 0.80066667      | 0.00038033      |
| Fila 3        | 3             | 2.11        | 0.70333333      | 0.00031233      |
| Fila 4        | 3             | 1.987       | 0.66233333      | 0.00064533      |
| Fila 5        | 3             | 2.839       | 0.94633333      | 0.00553233      |
| Fila 6        | 3             | 2.839       | 0.94633333      | 0.00553233      |
| Fila 7        | 3             | 2.217       | 0.739           | 0.000397        |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.66953381               | 6                         | 0.11158897                       | 54.4640063 | 6.6078E-09          | 2.847726                    |
| Dentro de los grupos             | 0.028684                 | 14                        | 0.00204886                       |            |                     |                             |
| Total                            | 0.69821781               | 20                        |                                  |            |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es mayor al valor crítico de tablas por lo que se establece que existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

$$\text{DMS para \% acidez} = 2.145 \sqrt{(2(0.00204886))/3} = 0.079275284$$

#### Valores de las medias

|              |            |
|--------------|------------|
| El Tigre     | 1.21566667 |
| La Natividad | 0.94633333 |
| Bejuca       | 0.94633333 |
| 3 Hermanos   | 0.80066667 |
| San Marquto  | 0.739      |
| Usumacinta   | 0.70333333 |
| 4 Hermanos   | 0.66233333 |

|                                    | <b>Diferencia<br/>entre medias</b> | <b>DMS</b>   | <b>Existe<br/>diferencia<br/>significativa</b> |
|------------------------------------|------------------------------------|--------------|--|
| <b>El Tigre - 4 Hermanos =</b>     | 0.553                              | >0.079275284 | si   |
| <b>El Tigre - Usumacinta =</b>     | 0.512                              | >0.079275284 | si   |
| <b>El Tigre - San Marquito =</b>   | 0.477                              | >0.079275284 | si   |
| <b>El Tigre - 3 Hermanos =</b>     | 0.415                              | >0.079275284 | si   |
| <b>El Tigre - Bejucal =</b>        | 0.269                              | >0.079275284 | si   |
| <b>El Tigre - La Natividad =</b>   | 0.269                              | >0.079275284 | si   |
| <b>La Natividad -4 Hermanos=</b>   | 0.284                              | >0.079275284 | si   |
| <b>La Natividad - Usumacinta=</b>  | 0.243                              | >0.079275284 | si   |
| <b>La Natividad -San Marquito=</b> | 0.207                              | >0.079275284 | si   |
| <b>La Natividad -3 Hermanos=</b>   | 0.146                              | >0.079275284 | si   |
| <b>La Natividad- Bejucal=</b>      | 0.000                              | <0.079275284 | no   |
| <b>Bejucal - 4 Hermanos =</b>      | 0.284                              | >0.079275284 | si   |
| <b>Bejucal - Usumacinta =</b>      | 0.243                              | >0.079275285 | si   |
| <b>Bejucal - San Marquito =</b>    | 0.207                              | >0.079275286 | si   |
| <b>Bejucal - 3 Hermanos =</b>      | 0.146                              | >0.079275287 | si   |
| <b>3 Hermanos - 4 Hermanos=</b>    | 0.138                              | >0.079275287 | si   |
| <b>3 Hermanos - Usumacinta =</b>   | 0.097                              | >0.079275287 | si   |
| <b>3 Hermanos - San Marquito=</b>  | 0.062                              | <0.079275287 | no   |
| <b>San Marquito - 4 Hermanos =</b> | 0.077                              | <0.079275287 | no   |
| <b>San Marquito - Usumacinta =</b> | 0.036                              | <0.079275287 | no   |
| <b>Usumacinta - 4 Hermanos=</b>    | 0.041                              | <0.079275287 | no   |

## ANEXO XII

### ANÁLISIS DE VARIANZA (% Humedad)

#### % Humedad

#### RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1        | 3             | 101.19      | 33.73           | 0.0409          |
| Fila 2        | 3             | 88.91       | 29.6366667      | 1.76323333      |
| Fila 3        | 3             | 97.64       | 32.5466667      | 0.88323333      |
| Fila 4        | 3             | 96.14       | 32.0466667      | 0.04853333      |
| Fila 5        | 3             | 96.1        | 32.0333333      | 0.04053333      |
| Fila 6        | 3             | 89.21       | 29.7366667      | 0.34903333      |
| Fila 7        | 3             | 108.94      | 36.3133333      | 0.23163333      |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 96.0343238               | 6                         | 16.0057206                       | 33.3740563 | 1.6282E-07          | 2.847726                    |
| Dentro de los grupos             | 6.7142                   | 14                        | 0.47958571                       |            |                     |                             |
| Total                            | 102.748524               | 20                        |                                  |            |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es mayor al valor crítico de tablas por lo que se establece que existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

$$\text{DMS para Humedad} = 2.145 \sqrt{(2(0.47958571))/3} = 1.21287148$$

#### Valores de las medias

|              |            |
|--------------|------------|
| San          |            |
| Marquto      | 36.3133333 |
| El Tigre     | 33.73      |
| Usumacinta   | 32.5466667 |
| 4 Hermanos   | 32.0466667 |
| La Natividad | 32.0333333 |
| Bejucal      | 29.7366667 |
| 3 Hermanos   | 29.6366667 |

|                               | Diferencia<br>entre medias | DMS         | Existe<br>diferencia<br>significativa |
|-------------------------------|----------------------------|-------------|---------------------------------------|
| San Marquito - 3 Hermanos=    | 6.677                      | >1.21287148 | si                                    |
| San Marquito -Bejucal=        | 6.577                      | >1.21287148 | si                                    |
| San Marquito - La Natividad = | 4.280                      | >1.21287149 | si                                    |
| San Marquito - 4 Hermanos=    | 4.267                      | >1.21287150 | si                                    |
| San Marquito - Usumacinta=    | 3.767                      | >1.21287151 | si                                    |
| San Marquito - El tigre=      | 2.583                      | >1.21287152 | si                                    |
| El Tigre - 3 Hermanos =       | 4.093                      | >1.21287152 | si                                    |
| El Tigre - Bejucal =          | 3.993                      | >1.21287153 | si                                    |
| El Tigre - La Natividad =     | 1.697                      | >1.21287154 | si                                    |
| El Tigre - 4 Hermanos =       | 1.683                      | >1.21287155 | si                                    |
| El Tigre - Usumacinta =       | 1.183                      | <1.21287155 | no                                    |
| Usumacinta - 3 Hermanos=      | 2.910                      | >1.21287155 | si                                    |
| Usumacinta - Bejucal=         | 2.810                      | >1.21287155 | si                                    |
| Usumacinta - La Natividad =   | 0.513                      | <1.21287155 | no                                    |
| Usumacinta - 4 Hermanos=      | 0.500                      | <1.21287155 | no                                    |
| 4 Hermanos - 3 Hermanos=      | 2.410                      | >1.21287155 | si                                    |
| 4 Hermanos - Bejucal=         | 2.310                      | >1.21287155 | si                                    |
| 4 Hermanos - La Natividad =   | 0.013                      | <1.21287155 | no                                    |
| La Natividad -3 Hermanos=     | 2.397                      | >1.21287155 | si                                    |
| La Natividad- Bejucal=        | 2.297                      | >1.21287155 | si                                    |
| Bejucal - 3 Hermanos =        | 0.100                      | <1.21287155 | no                                    |

## ANEXO XIII

### ANÁLISIS DE VARIANZA (% Sólidos Totales)

%ST

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1        | 3             | 198.79      | 66.2633333      | 0.04173333      |
| Fila 2        | 3             | 211.11      | 70.37           | 1.7401          |
| Fila 3        | 3             | 172.35      | 57.45           | 286.1941        |
| Fila 4        | 3             | 202.24      | 67.4133333      | 0.93083333      |
| Fila 5        | 3             | 203.47      | 67.8233333      | 0.08053333      |
| Fila 6        | 3             | 210.78      | 70.26           | 0.3517          |
| Fila 7        | 3             | 191.07      | 63.69           | 0.2356          |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 362.532257               | 6                         | 60.4220429                       | 1.46060566 | 0.26108943          | 2.847726                    |
| Dentro de los grupos             | 579.1492                 | 14                        | 41.3678                          |            |                     |                             |
| Total                            | 941.681457               | 20                        |                                  |            |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es menor al valor crítico de tablas por lo que se establece que no existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

$$\text{DMS para pH} = 2.145 \sqrt{(2(41.3678)) / 3} = 11.26452$$

#### Valores de las medias

|              |            |
|--------------|------------|
| 3 Hermanos   | 70.37      |
| Bejucal      | 70.26      |
| La Natividad | 67.8233333 |
| 4 Hermanos   | 67.4133333 |
| El Tigre     | 66.2633333 |
| San Marquto  | 63.69      |
| Usumacinta   | 57.45      |

|                                    | <b>Diferencia<br/>entre medias</b> | <b>DMS</b>  | <b>Existe<br/>diferencia<br/>significativa</b> |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------|--|
| <b>3 Hermanos - Usumacinta =</b>   | 12.920                             | >11.2645249 | si   |
| <b>3 Hermanos - San Marquito =</b> | 6.680                              | <11.2645249 | no   |
| <b>3 Hermanos - El Tigre=</b>      | 4.107                              | <11.2645250 | no   |
| <b>3 Hermanos - 4 Hermanos =</b>   | 2.957                              | <11.2645251 | no   |
| <b>3 Hermanos - La Natividad =</b> | 2.547                              | <11.2645252 | no   |
| <b>3 Hermanos - Bejucal=</b>       | 0.110                              | <11.2645253 | no   |
| <br>                               |                                    |             |  |
| <b>Bejucal - Usumacinta =</b>      | 12.810                             | >11.2645249 | si   |
| <b>Bejucal - San Marquito =</b>    | 6.570                              | <11.2645252 | no   |
| <b>Bejucal - El Tigre =</b>        | 3.997                              | <11.2645253 | no   |
| <b>Bejucal - 4 Hermanos =</b>      | 2.847                              | <11.2645254 | no   |
| <b>Bejucal - La Natividad =</b>    | 2.437                              | <11.2645255 | no   |
| <br>                               |                                    |             |  |
| <b>La Natividad - Usumacinta=</b>  | 10.373                             | <11.2645255 | no   |
| <b>La Natividad -San Marquito=</b> | 4.133                              | <11.2645255 | no   |
| <b>La Natividad - El tigre=</b>    | 1.560                              | <11.2645256 | no   |
| <b>La Natividad -4 Hermanos=</b>   | 0.410                              | <11.2645257 | no   |
| <br>                               |                                    |             |  |
| <b>4 Hermanos - Usumacinta =</b>   | 9.963                              | <11.2645257 | no   |
| <b>4 Hermanos - San Marquito=</b>  | 3.723                              | <11.2645258 | no   |
| <b>4 Hermanos - El tigre=</b>      | 1.150                              | <11.2645259 | no   |
| <br>                               |                                    |             |  |
| <b>El Tigre - Usumacinta =</b>     | 8.813                              | <11.2645258 | no   |
| <b>El Tigre - San Marquito =</b>   | 2.573                              | <11.2645259 | no   |
| <br>                               |                                    |             |  |
| <b>San Marquito - Usumacinta=</b>  | 6.240                              | <11.2645259 | no   |

## ANEXO XIV

### ANÁLISIS DE VARIANZA (% NaCl)

%NaCl

#### RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1        | 3             | 12.2242342  | 4.07474473      | 0.0006406       |
| Fila 2        | 3             | 10.7527595  | 3.58425316      | 0.00046253      |
| Fila 3        | 3             | 11.2136786  | 3.73789286      | 0.00172383      |
| Fila 4        | 3             | 8.44844501  | 2.81614834      | 0.0005941       |
| Fila 5        | 3             | 5.05823382  | 1.68607794      | 0.00069624      |
| Fila 6        | 3             | 11.4910575  | 3.83035248      | 0.00152794      |
| Fila 7        | 3             | 9.65351199  | 3.21783733      | 0.00421681      |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 11.98899                 | 6                         | 1.99816499                       | 1418.28181 | 1.1576E-18          | 2.847726                    |
| Dentro de los grupos             | 0.01972408               | 14                        | 0.00140886                       |            |                     |                             |
| Total                            | 12.008714                | 20                        |                                  |            |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es mayor al valor crítico de tablas por lo que se establece que existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

$$DMS = 2.145 \sqrt{(2(0.00140886)) / 3} = 0.065737863$$

|                       | <b>Valores de las medias</b> |
|-----------------------|------------------------------|
| <b>El tigre</b>       | 4.07474473                   |
| <b>Bejucal</b>        | 3.83035248                   |
| <b>Usumacinta</b>     | 3.73789286                   |
| <b>3 Hermanos San</b> | 3.58425316                   |
| <b>Marquito</b>       | 3.21783733                   |
| <b>4 Hermanos La</b>  | 2.81614834                   |
| <b>Natividad</b>      | <u>1.68607794</u>            |

|                                      | Diferencia<br>entre<br>medias | DMS          | Existe<br>diferencia<br>significativa |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------------------------|
| <b>El Tigre - La Natividad =</b>     | 2.38866679                    | >0.065737863 | si                                    |
| <b>El Tigre - 4 Hermanos =</b>       | 1.25859639                    | >0.065737863 | si                                    |
| <b>El Tigre - San Marquito =</b>     | 0.8569074                     | >0.065737864 | si                                    |
| <b>El Tigre - 3 Hermanos =</b>       | 0.49049157                    | >0.065737865 | si                                    |
| <b>El Tigre - Usumacinta =</b>       | 0.33685187                    | >0.065737866 | si                                    |
| <b>El Tigre - Bejucal =</b>          | 0.24439225                    | >0.065737867 | si                                    |
| <br>                                 |                               |              |                                       |
| <b>Bejucal - La Natividad =</b>      | 2.14427454                    | >0.065737867 | si                                    |
| <b>Bejucal - 4 Hermanos =</b>        | 1.01420415                    | >0.065737868 | si                                    |
| <b>Bejucal - San Marquito =</b>      | 0.61251515                    | >0.065737869 | si                                    |
| <b>Bejucal - 3 Hermanos =</b>        | 0.24609932                    | >0.065737870 | si                                    |
| <b>Bejucal - Usumacinta =</b>        | 0.09245962                    | >0.065737871 | si                                    |
| <br>                                 |                               |              |                                       |
| <b>Usumacinta - La Natividad =</b>   | 2.05181492                    | >0.065737873 | si                                    |
| <b>Usumacinta - 4 Hermanos =</b>     | 0.92174453                    | >0.065737874 | si                                    |
| <b>Usumacinta - San Marquito =</b>   | 0.52005554                    | >0.065737875 | si                                    |
| <b>Usumacinta - 3 Hermanos =</b>     | 0.1536397                     | >0.065737876 | si                                    |
| <br>                                 |                               |              |                                       |
| <b>3 Hermanos - La Natividad =</b>   | 1.89817522                    | >0.065737878 | si                                    |
| <b>3 Hermanos - 4 Hermanos =</b>     | 0.76810483                    | >0.065737879 | si                                    |
| <b>3 Hermanos - San Marquito =</b>   | 0.36641583                    | >0.065737880 | si                                    |
| <br>                                 |                               |              |                                       |
| <b>San Marquito - La Natividad =</b> | 1.53175939                    | >0.065737882 | si                                    |
| <b>San Marquito - 4 Hermanos =</b>   | 0.40168899                    | >0.065737883 | si                                    |
| <br>                                 |                               |              |                                       |
| <b>4 Hermanos - La Natividad =</b>   | 1.1300704                     | >0.065737885 | si                                    |

## ANEXO XV

### ANÁLISIS DE VARIANZA (% Cenizas)

**% Cenizas**

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1        | 3             | 9.39        | 3.13            | 0.0016          |
| Fila 2        | 3             | 8.36        | 2.78666667      | 0.01203333      |
| Fila 3        | 3             | 10.13       | 3.37666667      | 0.05963333      |
| Fila 4        | 3             | 8.05        | 2.68333333      | 0.05843333      |
| Fila 5        | 3             | 4.53        | 1.51            | 0.0003          |
| Fila 6        | 3             | 10.32       | 3.44            | 0.0291          |
| Fila 7        | 3             | 8.12        | 2.70666667      | 0.05003333      |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 7.61245714               | 6                         | 1.26874286                       | 42.0644143 | 3.6286E-08          | 2.847726                    |
| Dentro de los grupos             | 0.42226667               | 14                        | 0.0301619                        |            |                     |                             |
| Total                            | 8.03472381               | 20                        |                                  |            |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es mayor al valor crítico de tablas por lo que se establece que existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

$$DMS = 2.145 \sqrt{(2(0.0301619)) / 3} = 0.304166244$$

#### Valores de las medias

|              |            |
|--------------|------------|
| Bejucal      | 3.44       |
| Usumacinta   | 3.37666667 |
| El Tigre     | 3.13       |
| 3 Hermanos   | 2.78666667 |
| San Marquto  | 2.70666667 |
| 4 Hermanos   | 2.68333333 |
| La Natividad | 1.51       |

|                               | Diferencia<br>entre medias | DMS          | Existe<br>diferencia<br>significativa |
|-------------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------------------|
| Bejucal - La Natividad =      | 1.930                      | >0.304166244 | si                                    |
| Bejucal - 4 Hermanos =        | 0.757                      | >0.304166245 | si                                    |
| Bejucal - San Marquito =      | 0.733                      | >0.304166246 | si                                    |
| Bejucal - 3 Hermanos =        | 0.653                      | >0.304166247 | si                                    |
| Bejucal - El Tigre =          | 0.310                      | >0.304166248 | si                                    |
| Bejucal - Usumacinta =        | 0.063                      | <0.304166248 | no                                    |
| Usumacinta - La Natividad =   | 1.867                      | >0.304166244 | si                                    |
| Usumacinta - 4 Hermanos=      | 0.693                      | >0.304166245 | si                                    |
| Usumacinta - San Marquito =   | 0.670                      | >0.304166246 | si                                    |
| Usumacinta - 3 Hermanos=      | 0.590                      | >0.304166247 | si                                    |
| Usumacinta - El tigre=        | 0.247                      | <0.304166247 | no                                    |
| El Tigre - La Natividad =     | 1.620                      | >0.304166244 | si                                    |
| El Tigre - 4 Hermanos =       | 0.447                      | >0.304166245 | si                                    |
| El Tigre - San Marquito =     | 0.423                      | >0.304166246 | si                                    |
| El Tigre - 3 Hermanos =       | 0.343                      | >0.304166247 | si                                    |
| 3 Hermanos - La Natividad =   | 1.277                      | >0.304166244 | si                                    |
| 3 Hermanos - 4 Hermanos =     | 0.103                      | <0.304166244 | no                                    |
| 3 Hermanos - San Marquito =   | 0.080                      | <0.304166245 | no                                    |
| San Marquito - La Natividad = | 1.197                      | >0.304166244 | si                                    |
| San Marquito - 4 Hermanos=    | 0.023                      | <0.304166244 | no                                    |
| 4 Hermanos - La Natividad =   | 1.173                      | >0.304166244 | si                                    |

## ANEXO XVI

### ANÁLISIS DE VARIANZA (% Grasa)

**% Grasa**

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i>     |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|---------------------|
| Fila 1        | 3             | 187.11      | 62.37           | 0.75                |
| Fila 2        | 3             | 165.12      | 55.04           | 5.9643<br>0.8640333 |
| Fila 3        | 3             | 181.96      | 60.6533333      | 3                   |
| Fila 4        | 3             | 174.3       | 58.1            | 0.6912<br>2.8421333 |
| Fila 5        | 3             | 172.13      | 57.3766667      | 3<br>0.5985333      |
| Fila 6        | 3             | 192.22      | 64.0733333      | 3                   |
| Fila 7        | 3             | 179.85      | 59.95           | 7.5731E-29          |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>  | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 170.650724               | 6                         | 28.4417873                       | 17.001632 | 1.0737E-05          | 2.847726                    |
| Dentro de los grupos             | 23.4204                  | 14                        | 1.67288571                       |           |                     |                             |
| Total                            | 194.071124               | 20                        |                                  |           |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es mayor al valor crítico de tablas por lo que se establece que existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

$$DMS = 2.145 \sqrt{(2(1.67288571)) / 3} = 2.265243029$$

|              | <b>Valores de las medias</b> |
|--------------|------------------------------|
| Bejucal      | 64.0733333                   |
| El Tigre     | 62.37                        |
| Usumacinta   | 60.6533333                   |
| San Marquto  | 59.95                        |
| 4 Hermanos   | 58.1                         |
| La Natividad | 57.3766667                   |
| 3 Hermanos   | <u>55.04</u>                 |

|                                      | <b>Diferencia<br/>entre medias</b> | <b>DMS</b>   | <b>Existe<br/>diferencia<br/>significativa</b> |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------|--|
| <b>Bejucal - 3 Hermanos =</b>        | 9.033                              | >2.265243029 | si   |
| <b>Bejucal - La Natividad =</b>      | 6.697                              | >2.265243030 | si   |
| <b>Bejucal - 4 Hermanos =</b>        | 5.973                              | >2.265243031 | si   |
| <b>Bejucal - San Marquito =</b>      | 4.123                              | >2.265243032 | si   |
| <b>Bejucal - Usumacinta =</b>        | 3.420                              | >2.265243033 | si   |
| <b>Bejucal - El Tigre =</b>          | 1.703                              | <2.265243034 | no   |
| <b>El Tigre - 3 Hermanos =</b>       | 7.330                              | <2.265243031 | no   |
| <b>El Tigre - La Natividad =</b>     | 4.993                              | >2.265243032 | si   |
| <b>El Tigre - 4 Hermanos =</b>       | 4.270                              | >2.265243033 | si   |
| <b>El Tigre - San Marquito =</b>     | 2.420                              | >2.265243034 | si   |
| <b>El Tigre - Usumacinta=</b>        | 1.717                              | <2.265243035 | no   |
| <b>Usumacinta - 3 Hermanos=</b>      | 5.613                              | <2.265243032 | no   |
| <b>Usumacinta - La Natividad =</b>   | 3.277                              | >2.265243033 | si   |
| <b>Usumacinta - 4 Hermanos=</b>      | 2.553                              | >2.265243034 | si   |
| <b>Usumacinta - San Marquito =</b>   | 0.703                              | <2.265243035 | no   |
| <b>San Marquito - 3 Hermanos=</b>    | 4.910                              | >2.265243034 | si   |
| <b>San Marquito - La Natividad =</b> | 2.573                              | >2.265243034 | si   |
| <b>San Marquito - 4 Hermanos=</b>    | 1.850                              | <2.265243035 | no   |
| <b>4 Hermanos - 3 Hermanos=</b>      | 3.060                              | >2.265243034 | si   |
| <b>4 Hermanos - La Natividad =</b>   | 0.723                              | <2.265243035 | no   |
| <b>La Natividad -3 Hermanos=</b>     | 2.337                              | >2.265243034 | si   |

## ANEXO XVII

### ANÁLISIS DE VARIANZA (% Proteína)

% Proteína

RESUMEN

| <i>Grupos</i> | <i>Cuenta</i> | <i>Suma</i> | <i>Promedio</i> | <i>Varianza</i> |
|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|
| Fila 1        | 3             | 124.33      | 41.4433333      | 0.07863333      |
| Fila 2        | 3             | 145.8       | 48.6            | 0.0003          |
| Fila 3        | 3             | 142.4       | 47.4666667      | 0.08863333      |
| Fila 4        | 3             | 137.03      | 45.6766667      | 1.90943333      |
| Fila 5        | 3             | 134.18      | 44.7266667      | 0.00013333      |
| Fila 6        | 3             | 109.18      | 36.3933333      | 0.00163333      |
| Fila 7        | 3             | 137.64      | 45.88           | 0.4639          |

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>   | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 311.298848               | 6                         | 51.8831413                       | 142.835077 | 9.6992E-12          | 2.847726                    |
| Dentro de los grupos             | 5.08533333               | 14                        | 0.3632381                        |            |                     |                             |
| Total                            | 316.384181               | 20                        |                                  |            |                     |                             |

El análisis de varianza señala que el valor calculado es mayor al valor crítico de tablas por lo que se establece que existe diferencia significativa entre muestras al 5%.

$$DMS = 2.145 \sqrt{(2(0.3632381))/3} = 1.055546487$$

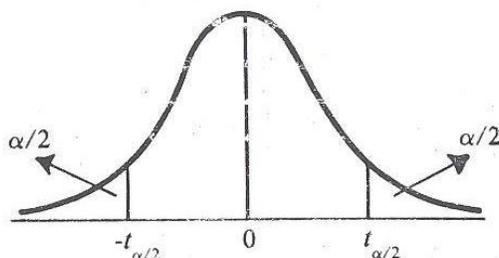
**valores de las medias**

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| 3 Hermanos   | 48.6              |
| Usumacinta   | 47.4666667        |
| San Marquto  | 45.88             |
| 4 Hermanos   | 45.6766667        |
| La Natividad | 44.7266667        |
| El Tigre     | 41.4433333        |
| Bejucal      | <u>36.3933333</u> |

|                                     | <b>Diferencia<br/>entre medias</b> | <b>DMS</b>   | <b>Existe<br/>diferencia<br/>significativa</b> |
|-------------------------------------|------------------------------------|--------------|--|
| <b>3 Hermanos - Bejucal=</b>        | 12.207                             | >1.055546487 | si   |
| <b>3 Hermanos - El Tigre=</b>       | 7.157                              | >1.055546488 | si   |
| <b>3 Hermanos - La Natividad =</b>  | 3.873                              | >1.055546489 | si   |
| <b>3 Hermanos - 4 Hermanos =</b>    | 2.923                              | >1.055546490 | si   |
| <b>3 Hermanos - San Marquito =</b>  | 2.720                              | >1.055546491 | si   |
| <b>3 Hermanos - Usumacinta =</b>    | 1.133                              | >1.055546492 | si   |
| <b>Usumacinta - Bejucal =</b>       | 11.073                             | >1.055546492 | si   |
| <b>Usumacinta - El Tigre =</b>      | 6.023                              | >1.055546493 | si   |
| <b>Usumacinta - La Natividad =</b>  | 2.740                              | >1.055546494 | si   |
| <b>Usumacinta - 4 Hermanos=</b>     | 1.790                              | >1.055546495 | si   |
| <b>Usumacinta - San Marquito =</b>  | 1.587                              | >1.055546496 | si   |
| <b>San Marquito -Bejucal=</b>       | 9.487                              | >1.055546496 | si   |
| <b>San Marquito - El tigre=</b>     | 4.437                              | >1.055546497 | si   |
| <b>San Marquito - La Natividad=</b> | 1.153                              | >1.055546498 | si   |
| <b>San Marquito - 4 Hermanos=</b>   | 0.203                              | <1.055546487 | no   |
| <b>4 Hermanos - Bejucal=</b>        | 9.283                              | >1.055546497 | si   |
| <b>4 Hermanos - El tigre=</b>       | 4.233                              | >1.055546498 | si   |
| <b>4 Hermanos - La Natividad=</b>   | 0.950                              | >1.055546487 | no   |
| <b>La Natividad- Bejucal=</b>       | 8.333                              | >1.055546497 | si   |
| <b>La Natividad - El tigre=</b>     | 3.283                              | >1.055546498 | si   |
| <b>El Tigre - Bejucal =</b>         | 5.050                              | >1.055546498 | si   |

## ANEXO XVIII

TABLA Valores críticos para *t* de Student\*



|      |  | Una cola  |       |       |       |       |        |        |        |         |
|------|--|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
|      |  | 0.25      | 0.20  | 0.15  | 0.10  | 0.05  | 0.025  | 0.01   | 0.005  | 0.0005  |
|      |  | Dos colas |       |       |       |       |        |        |        |         |
| g.l. |  | 0.50      | 0.40  | 0.30  | 0.20  | 0.10  | 0.05   | 0.02   | 0.01   | 0.001   |
| 1    |  | 1.000     | 1.376 | 1.963 | 3.078 | 6.314 | 12.706 | 31.821 | 63.657 | 636.619 |
| 2    |  | .816      | 1.061 | 1.386 | 1.886 | 2.920 | 4.303  | 6.965  | 9.925  | 31.598  |
| 3    |  | .765      | .978  | 1.250 | 1.638 | 2.353 | 3.182  | 4.541  | 5.841  | 12.924  |
| 4    |  | .741      | .941  | 1.190 | 1.533 | 2.132 | 2.776  | 3.747  | 4.604  | 8.610   |
| 5    |  | .727      | .920  | 1.156 | 1.476 | 2.015 | 2.571  | 3.365  | 4.032  | 6.869   |
| 6    |  | .718      | .906  | 1.134 | 1.440 | 1.943 | 2.447  | 3.143  | 3.707  | 5.959   |
| 7    |  | .711      | .896  | 1.119 | 1.415 | 1.895 | 2.365  | 2.998  | 3.499  | 5.408   |
| 8    |  | .706      | .889  | 1.108 | 1.397 | 1.860 | 2.306  | 2.896  | 3.355  | 5.041   |
| 9    |  | .703      | .883  | 1.100 | 1.383 | 1.833 | 2.262  | 2.821  | 3.250  | 4.781   |
| 10   |  | .700      | .879  | 1.093 | 1.372 | 1.812 | 2.228  | 2.764  | 3.169  | 4.587   |
| 11   |  | .697      | .876  | 1.088 | 1.363 | 1.796 | 2.201  | 2.718  | 3.106  | 4.437   |
| 12   |  | .695      | .873  | 1.083 | 1.356 | 1.782 | 2.179  | 2.681  | 3.055  | 4.318   |
| 13   |  | .694      | .870  | 1.079 | 1.350 | 1.771 | 2.160  | 2.650  | 3.012  | 4.221   |
| 14   |  | .692      | .868  | 1.076 | 1.345 | 1.761 | 2.145  | 2.624  | 2.977  | 4.140   |
| 15   |  | .691      | .866  | 1.074 | 1.341 | 1.753 | 2.131  | 2.602  | 2.947  | 4.073   |
| 16   |  | .690      | .865  | 1.071 | 1.337 | 1.746 | 2.120  | 2.583  | 2.921  | 4.015   |
| 17   |  | .689      | .863  | 1.069 | 1.333 | 1.740 | 2.110  | 2.567  | 2.898  | 3.965   |
| 18   |  | .688      | .862  | 1.067 | 1.330 | 1.734 | 2.101  | 2.552  | 2.878  | 3.922   |
| 19   |  | .688      | .861  | 1.066 | 1.328 | 1.729 | 2.093  | 2.539  | 2.861  | 3.883   |
| 20   |  | .687      | .860  | 1.064 | 1.325 | 1.725 | 2.086  | 2.528  | 2.845  | 3.850   |
| 21   |  | .686      | .859  | 1.063 | 1.323 | 1.721 | 2.080  | 2.518  | 2.831  | 3.819   |
| 22   |  | .686      | .858  | 1.061 | 1.321 | 1.717 | 2.074  | 2.508  | 2.819  | 3.792   |

*Continúa*

\* Tabla generada utilizando un programa SAS escrito por R.W. Washam II, Armour Research Center, Scottsdale, Arizona.

Nivel de significancia ( $\alpha$ ):

Una Cola

|          | 0.25      | 0.20 | 0.15  | 0.10  | 0.05  | 0.025 | 0.01  | 0.005 | 0.0001 |
|----------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|          | Dos Colas |      |       |       |       |       |       |       |        |
| g.l.     | 0.50      | 0.40 | 0.30  | 0.20  | 0.10  | 0.05  | 0.02  | 0.01  | 0.001  |
| 23       | .685      | .858 | 1.060 | 1.319 | 1.714 | 2.069 | 2.500 | 2.807 | 3.767  |
| 24       | .685      | .857 | 1.059 | 1.318 | 1.711 | 2.064 | 2.492 | 2.797 | 3.745  |
| 25       | .684      | .856 | 1.058 | 1.316 | 1.708 | 2.060 | 2.485 | 2.787 | 3.725  |
| 26       | .684      | .856 | 1.058 | 1.315 | 1.706 | 2.056 | 2.479 | 2.779 | 3.707  |
| 27       | .684      | .855 | 1.057 | 1.314 | 1.703 | 2.052 | 2.473 | 2.771 | 3.690  |
| 28       | .683      | .855 | 1.056 | 1.313 | 1.701 | 2.048 | 2.467 | 2.763 | 3.674  |
| 29       | .683      | .854 | 1.055 | 1.311 | 1.699 | 2.045 | 2.462 | 2.756 | 3.659  |
| 30       | .683      | .854 | 1.055 | 1.310 | 1.697 | 2.042 | 2.457 | 2.750 | 3.646  |
| 40       | .681      | .851 | 1.050 | 1.303 | 1.684 | 2.021 | 2.423 | 2.704 | 3.551  |
| 60       | .679      | .848 | 1.046 | 1.296 | 1.671 | 2.000 | 2.390 | 2.660 | 3.460  |
| 120      | .677      | .845 | 1.041 | 1.289 | 1.658 | 1.980 | 2.358 | 2.617 | 3.373  |
| $\infty$ | .674      | .842 | 1.036 | 1.282 | 1.645 | 1.960 | 2.326 | 2.576 | 3.291  |

---

## BIBLIOGRAFIA

1. Alais, C. 1994. Ciencia de la leche. Compañía Editorial Continental, México D.F. Pp. 16, 40-43, 66, 237, 265, 487, 522, 525, 551
2. Amiot, J. 1991. Ciencia y tecnología de la leche. Editorial Acribia, Zaragoza (España), Pp. 2, 23, 31, 45, 83, 84, 263,377.
3. Badui, D.S. 1995. Química de los alimentos. Editorial Alhambra Mexicana, México. Pp. 59
4. Bedolla, B. S., Dueñas, G. C., Esquivel, I. I., Favela, T. T., Guerrero, H. R., Mendoza, M. E., Navarrete, L. A., Olguin M. L., Ortiz, G. J., Pacheco, P. O., Quiroz, B. M., Ramírez, A. A. y Trujillo, C. M. 2008. Introducción a la tecnología de alimentos. Editorial Limusa 2ª edición, México, D.F. Pp. 36
5. Belitz, H.D. y Grosch, W. 1997, Química de los alimentos. Editorial Acribia S.A. , 2ª Edición, Zaragoza (España). Pp. 5
6. Beresford, T. P., Fitzsimons, N. A., Brennan, N. L y Cogan, T. M. 2001. Recent advances in cheese microbiology International Dairy Journal 11:259-274.
7. Borbolla, S. M. E. 2003. Consumo de leche en el municipio de Centro, Tabasco-México. Hitos de Ciencias Económico Administrativas 24:57-66.
8. BOVINOS Vol.I Sistema de producción animal 2002 UNAM Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Pp. 2,17, 39, 65
9. BOVINOS Vol.II Sistema de producción animal 2002 UNAM Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Pp. 10,11
10. Burgstaller G. 1981 Alimentación practica del ganado vacuno. Editorial Acribia Zaragoza (España) Pp.53
11. Castillo, I., Calvo, M.V., Alonso, L., Juárez, M. y Fontecha, J. 2007. Changes in lipolysis and volatile fraction of a goat cheese manufactured employing a hygienized rennet paste and a defined strain starter Food Chemistry 100:590-598
12. Castro, G. V., Díaz, R.A. y Torres, T. B. 2007. Análisis de la calidad sanitaria de las queserías y los quesos el el Estado de Tabasco en el período 2002-2005 Revista Electrónica Salud en Tabasco.13: 560-567.

- 
13. Chamorro, Ma. C. y Losada, M.M. 2002. El análisis sensorial de los quesos, Editorial Mundi prensa 1ª edición,. Pp. 131, 132, 142
  14. Centeno, Álvarez y García Garibay, 1994. Determinación de pH y actividad de agua en quesos mexicanos. *Tecnología Alimentos*. 29:36-38.
  15. Cenzano, I. 1992. Los quesos, Editorial Mundi prensa. Madrid (España), Pp. 25
  16. Coker, C.J., Crawford, R.A., Johnston, K.A., Singh, H. y Creamer, L.K. 2005. Towards the classification of cheese variety and maturity on the basis of statistical analysis of proteolysis data—a review *International Dairy Journal* 15: 631-643
  17. CONACYT 2008-1 Gobierno del Estado de Tabasco. Demandas Específicas proyecto interinstitucional para la consolidación de la producción de queso Balancán (queso de poro).  
[http://www.conacyt.mx/Fondos/Mixtos/Tabasco/200801/Tabasco\\_Demandas-Especificas\\_2008-01.pdf](http://www.conacyt.mx/Fondos/Mixtos/Tabasco/200801/Tabasco_Demandas-Especificas_2008-01.pdf).
  18. Doyle, M.P., Beuchet, L.R. y Montville, T.J., 2001. Microbiología de los alimentos. Fundamentos y Fronteras, Editorial Acribia, Zaragoza (España), Pp. 547, 554
  19. Early, R. 2000. Tecnología de los productos lácteos Editorial Acribia Zaragoza (España). Pp. 97
  20. Eck, A. 1990. El queso, Ediciones Omega, S.A. Barcelona, Pp. 3-13, 29, 30, 47 50, 66, 69, 72, 76, 79, 81, 270, 271 438, 451.
  21. Esteban, M.A., Fernández, S. J. y León, F., Marcos, A. 1979. Actividad del agua y pH de algunos quesos españoles *Archivos de zootecnia*. 28:21-27
  22. Esteban, M.A. y Marcos, A., 1990. Equations for Calculation of Water Activity in Cheese from its Chemical Composition: A Review *Food Chemistry* 1990 Elsevier Science Publishers Ltd, England. 35:179-186
  23. FIRA, Boletín Informativo Tendencias y oportunidades de desarrollo de la red leche de México, 2001 No.317 Vol.XXXIII. Pp. 53, 63, 107
  24. Frazier, W.C. y Westhoff, D.C. 1993. Microbiología de los alimentos Editorial Acribia, S.A. 4ª edición, Zaragoza (España), Pp. 4, 8

- 
25. FUNPROVER , COP, 2003 Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Cadena de Bovinos de Doble Propósito en el estado de Veracruz. Pp. 36-40
  26. Fundación Tabasco 2007. Reporte de Actividades Cluster Lácteos.
  27. García-Garibay, M, Quintero, R. R. y López-Munguía, A. 2004. Biotecnología alimentaria Editorial Limusa. Noriega Editores México. Pp. 182-186
  28. Gutiérrez, O.A. 2008. Aislamiento y caracterización parcial de las bacterias halófilas de quesos en México. Tesis de Licenciatura UNAM Fac. Química Pp.15
  29. Gutiérrez, Z. C. 2011 Aislamiento, caracterización e identificación de la flora microbiana en el queso de poro originario del Estado de Tabasco, Tesis de Licenciatura (En proceso de revisión) UNAM Fac. Química
  30. Helman M. B. 1983. Ganadería Tropical Editorial Buenos Aires 3ª Edición. México: Ateneo. P.p 90
  31. Hernández, B. V. 2007. Queso Cotija: Estudio del análisis fisicoquímico, proximal y actividad antioxidante, Tesis de Licenciatura UNAM Fac. Química. Pp.1-3, 42,56
  32. Hidalgo, F. y Seralde, T. 2005 El ganado lechero de la raza Pardo Suizo es el de mayor rentabilidad. Boletín Informativo Agropecuario. Pp. 135
  33. INEGI. 2001. Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco. Aguascalientes: INEGI.
  34. IIE Instituto de Investigaciones Económicas 1997 UNAM. P.p 189-190
  35. Jay J.M 1994. Microbiología moderna de los alimentos Editorial Acribia , S.A 3ª edición, Zaragoza (España), pág. 46
  36. Lara, C.D, Mora, F. J, Martínez, D.M.A, García, D. G, Omaña, S.J.M y Gallegos, S.J. 2003. Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco, México. Agrociencia. Pp. 85-94
  37. Luquet, F.M. 1993. Leche y productos lácteos Editorial Acribia, Zaragoza (España), Pp.3

- 
38. Magaña, M.J.G, Ríos, A. G y Martínez, G.J.C. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México, Prod. Anim. Universidad Autónoma de Yucatán. 14:105-114  
<http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2014-3/8%20Magana.pdf>
  39. Mahaut, M., Jeantet, R. y Brulé, G. 2003. Introducción a la Tecnología Quesera, Editorial Acribia. Zaragoza (España), Pp. 4,6,12-26, 82,124, 127, 180
  40. Márquez, I. R , Jong, B. ,Eastmond, A., Ochoa, G.S., Hernández, S. y Sandoval, J.L. 2008, Región y Sociedad, vol. XX, No. 043. Pp. 103
  41. Miller, W.J. 1989. Nutrición y alimentación del ganado vacuno, Editorial Acribia, S. A Zaragoza (España), Pag.238-242
  42. Miller, D.D. 2003. Química de alimentos (Manual de laboratorio) Editorial Limusa Wiley S.A de C.V. México Pp. 149
  43. Montañó, S.G. A 2008 Evaluación de un hato de ganado pardo suizo mediante algunos parámetros productivos y reproductivos, en Balancán Tabasco Tesis de Lic. UNAM. FES Cuautitlán. Pp. 5-8.
  44. Mosqueira, S.A. y Grass, J.F., 2004. Producción de quesos análogos, Facultad de Ciencias Agropecuarias Vol. 2 No.1 Marzo. Pp. 64
  45. NORMA GENERAL DEL CODEX PARA EL QUESO (*CODEX STAN A-6-1978, Rev. 1-1999, Enmendado in 2001*)
  46. NMX-F-83-1986 Determinación de Humedad en Productos Alimenticios. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
  47. NMX-F-094-1984. Alimentos- Lácteos. Determinación de Cenizas en Quesos.
  48. NMX-F-098-1976. Determinación de Proteínas en Quesos. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
  49. NMX-F-099-1970. Método de Prueba para la determinación de pH en Quesos Procesados
  50. NMX-F-100-1984. Alimentos Lácteos Determinación de Grasa Butírica en Quesos
  51. NMX-F-111-1984. Determinación de Sólidos Totales en Quesos.

- 
52. NMX-F-206-1986. Determinación de acidez Expresada como Acido Láctico en Leche en Polvo.
53. NOM-121-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Quesos. Frescos Madurados y Procesados. Especificaciones Sanitarias.
54. Rodríguez, A.P. 2007. Caracterización e identificación de la flora bacteriana y determinación de las propiedades fisicoquímicas del queso de poro de Tabasco, Tesis de Lic. UNAM Fac. Química.
55. Román, P.H, 1981 Potencial de producción de los bovinos en el Trópico de México Ciencia Veterinaria Vol.3 Pp.394-429.  
<http://www.fmz.unam.mx/fmz/cienciavet/revistas/CVvol3/CVindv3.pdf>
56. Romero del C. R y Mestres, L.J. 2004. Productos Lácteos. Tecnología, Barcelona. Pp.11, 112
57. SAGARPA 2004. Situación actual de la producción de leche en México.  
<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estadisticas/Documents/TABASCO.pdf>.
58. Sánchez, M.A 1999 Geografía Agrícola de Tabasco. Pp. 16-21, 101
59. Sandoval, M. G. A. 2008. Evaluación de un hato de ganado pardo suizo mediante algunos parámetros productivos y reproductivos, en Balancán Tabasco. Tesis de Licenciatura FES Cuautitlán (Medica Veterinaria Zootecnista)
60. Schlimme, E. y Buchheim, W. 2002. La leche y sus componentes, Editorial Acribia. Zaragoza (España) Pp.7
61. Scott, R, Robinson R.K. y Wilbey R.A. 2002. Fabricación de queso, 2ª edición. Editorial Acribia Zaragoza (España). Pp. 14-17, 41-46, 53, 63, 95, 151.
62. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2009.  
[http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/Estacionalidad/EstadoRegion/estpectab.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/Estacionalidad/EstadoRegion/estpectab.pdf).
63. Sousa, M. J., Ardö, Y., y Mcsweeney, P. L. H. 2001. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. International Dairy Journal. 11:327-345.

- 
64. Spreer, E. 1991. Lactología Industrial Editorial Acribia, 2ª edición, Zaragoza (España), Pp. 13, 21-24
65. Veisseyre, R. 1988. Lactología Técnica, Editorial Acribia. Zaragoza (España) Pp. 88,379, 407
66. Vieira de Sá, F. 1965. Lechería Tropical 1ª edición. Editorial Hispanoamericana. Pp. 148-150.
67. Villegas de G. A, 2003. Los quesos mexicanos, Universidad Autónoma de Chapingo. 2ª edición, México Pp. 22-27, 57, 67, 80,190
68. Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A. y Van Boekel, M.A.J.S 2001. Ciencia de la Leche y Tecnología de los Productos Lácteos, Editorial Acribia. S.A. Zaragoza (España) Pp.14, 578, 583, 584, 612-618
69. Warner, N. J. 1989. Principios de la tecnología AGT Editor, S.A Zaragoza (España), Editorial Acribia. Pp. 23
70. Wilkinson, M.G., K.N .y Kilcawleyb, K.N. 2005. Mechanisms of incorporation and release of enzymes into cheese during ripening. International Dairy Journal. 15:817-830.