

TUES  
1506  
M 762r  
1995  
Ej-1

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**



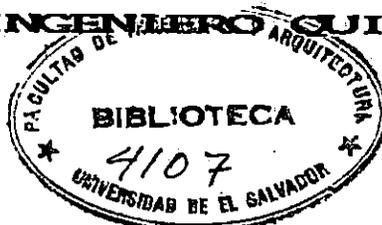
**RECUPERACION DE GRASAS RESIDUALES DE TENERIAS  
Y SU USO INDUSTRIAL (2ª PARTE).**

**PRESENTADO POR:**

**RIGOBERTO ANTONIO MONTALVO FIGUEROA**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO QUIMICO**



15101047  
15101047

**OCTUBRE DE 1995**

**SAN SALVADOR,**

**EL SALVADOR**

**CENTROAMERICA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

TRABAJO DE GRADUACION

"RECUPERACION DE GRASAS RESIDUALES DE TENERIAS  
Y SU USO INDUSTRIAL (2ª PARTE)"

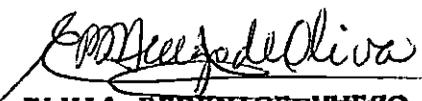
PRESENTADO POR:

RIGOBERTO ANTONIO MONTALVO FIGUEROA

COORDINADOR:

  
ING. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA

ASESORA:

  
DRA. ELVIA BERENICE HUEZO DE OLIVA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:  
DR. BENJAMIN LOPEZ GUILLEN**

**SECRETARIO GENERAL:  
LIC. ENNIO ARTURO LUNA**

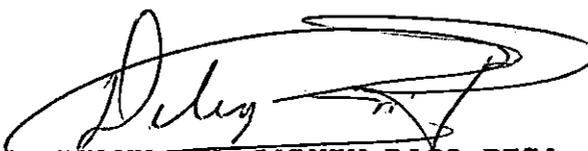
**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO:  
ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR**

**SECRETARIO:  
ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS**

**ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**



  
**ING. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA  
DIRECTORA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Especial Agradecimiento al Sr. Daniel Sandoval y a Tenería El Búfalo por su hospitalidad y total colaboración para el desarrollo del presente trabajo.

A la Ing. Delmy del Carmen Rico Peña y Dra. Elvia Berenice Huevo de Oliva por el apoyo y acertada coordinación del proyecto.

**RIGOBERTO.**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS TODO PODEROSO.**

**A MIS PADRES : QUE CON SUS ESFUERZOS, SACRIFICIOS Y APOYO  
INCONDICIONAL, IMPULSARON MI SUPERACION.**

**A MI HERMANO : POR SU COOPERACION.**

**A MI NOVIA : POR SU APOYO Y COMPRESION.**

**A MIS AMIGOS : SIMPRE ESTUVIERON PRESTOS A AYUDARME Y COOPERAR EN  
MOMENTOS DE MUCHA DIFICULTAD.**

**RIGOBERTO.**

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo, evaluar una alternativa para utilizar el material graso contenido en el desecho carnaza, obtenido durante el proceso del descarte de pieles en las tenerías, dando continuidad de esta manera a investigaciones anteriores de esta Escuela realizados por García y Ramírez (1994), relativas a la industria de la curtiembre de pieles.

Con la colaboración de la Tenería el Búfalo de la ciudad de Santa Ana se obtuvieron diferentes muestras del desecho carnaza, determinándose que alrededor de un 19% de este material es grasa, que puede ser recuperada de lo que se tiene disponible en esa tenería, cuya producción mensual, aproximada de unos 6,000 cueros, genera unas 57,000 lb de carnaza mensual las que representan 12,000 lb de grasa con potencial de ser utilizada en la producción de jabón de lavar. Este material por ahora es lanzado sobre el Río Sucio o enterrado.

Se realizó la recuperación de la grasa de acuerdo al método desarrollado por García y Ramírez (1994). A la grasa recuperada se le determinó índice de saponificación, yodo y acidez obteniéndose los resultados de 182-201 mg KOH/g, 28-36 g I/100g, 4-6 mg KOH/g respectivamente. Así mismo, se obtuvo un índice de refracción entre 1.4541-1.4562, gravedad específica entre 0.9002-0.9097 y color entre 12-13 unidades. Todos los parámetros evaluados se encuentran dentro de los rangos de calidad para grasas con uso en la elaboración de jabón.

En base a éstos resultados se concluyó que la grasa cumple con los requisitos básicos para ser empleada en procesos industriales, y se procedió a elaborar jabones tipo de lavar para someterlos a un análisis sensorial comparandolo con un jabón elaborado con grasa estándar comercial. El panel de prueba fue formado por 21 personas, se les entregó muestras de jabón junto a una encuesta evaluativa de las propiedades sensoriales de Color, Textura, Olor del Jabón, Olor de la Ropa después de lavada, Poder Limpiador, Irritabilidad en las Manos y Rendimiento. Las respuestas obtenidas no presentaron diferencia estadística significativa para un nivel de significancia del 90%, indicativo de que la grasa extraída del desecho carnaza se comportó de similar manera a la grasa comercial y puede ser empleada como materia prima en la producción de jabón.

La extracción de la grasa a partir de la carnaza genera su vez residuo cárnico y agua de extracción. La valoración proximal del residuo cárnico dió un contenido de proteínas del 12% en base húmeda, por lo que se propone se evalúe su utilización como complemento alimenticio para animales. Al desecho líquido se le determinó una DBO<sub>5</sub> de 4,000 ppm aproximadamente; una cantidad de sólidos totales de cerca de 5,000 ppm con un componente de sólidos suspendidos de 3,400ppm, por lo que se considera importante continuar con su investigación para encontrar alternativas para su disminución y disposición ó mejoras en el método de extracción aplicado.

## INDICE

| Contenido                                                                                           | Página |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Introducción .....                                                                                  | 1      |
| 1.0 Industria de la Curtiembre .....                                                                | 3      |
| 1.1 Contaminación Generada por la Curtiembre .....                                                  | 6      |
| a. Desechos Líquidos .....                                                                          | 9      |
| b. Desechos Sólidos .....                                                                           | 11     |
| c. Desechos Gaseosos .....                                                                          | 13     |
| 1.2 Proceso del Descarne como Fuente de<br>Materia Util .....                                       | 15     |
| 2.0 Extracción y Análisis de la Grasa como Residuo del<br>Proceso de Descarne en las Tenerías ..... | 16     |
| 2.1 Recuperación de Grasa Residual a Partir del<br>Desecho Carnaza .....                            | 16     |
| a. Recolección y Almacenamiento .....                                                               | 16     |
| b. Preparación de las Muestras y<br>Extracción de Grasa .....                                       | 17     |
| 2.2 Contenido de Grasa en el Desecho Carnaza y<br>Análisis de Humedad .....                         | 17     |
| 2.3 Evaluación Fisicoquímica de la Grasa<br>Obtenida .....                                          | 19     |
| 2.3.1 Análisis Químico .....                                                                        | 19     |
| a. Índice de Saponificación .....                                                                   | 20     |
| b. Índice de Yodo .....                                                                             | 21     |
| c. Índice de Acidez .....                                                                           | 22     |

|                                                                                                      | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 2.3.2 Análisis Físico .....                                                                          | 26     |
| a. Índice de Refracción .....                                                                        | 26     |
| b. Gravedad Específica .....                                                                         | 27     |
| c. Color .....                                                                                       | 27     |
| 2.3.3 Análisis Estadístico de Resultados<br>y Diseño Experimental .....                              | 28     |
| 2.4 Desechos Remanentes del Proceso de Extracción<br>de Grasa del Desecho Carnaza .....              | 33     |
| 3.0 Evaluación de la Grasa Residual del Desecho<br>Carnaza para Uso en la Elaboración de Jabón ..... | 37     |
| 3.1 Elaboración de Jabón .....                                                                       | 37     |
| 3.2 Diseño Experimental Aplicado al Proceso de<br>Evaluación de Jabones .....                        | 40     |
| 3.2.1 Resultados de la Evaluación Sensorial del<br>Jabón .....                                       | 41     |
| a. Color .....                                                                                       | 41     |
| b. Textura .....                                                                                     | 43     |
| c. Olor del Jabón .....                                                                              | 44     |
| d. Olor de la Ropa .....                                                                             | 46     |
| e. Poder Limpiador .....                                                                             | 46     |
| f. Irritabilidad .....                                                                               | 49     |
| g. Rendimiento .....                                                                                 | 49     |
| 4.0 Observaciones .....                                                                              | 53     |
| 5.0 Conclusiones .....                                                                               | 55     |
| 6.0 Recomendaciones .....                                                                            | 59     |
| 7.0 Referencias Bibliográfica .....                                                                  | 60     |

|                                                                                                                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Anexos</b> .....                                                                                                                                       | <b>64</b>  |
| <b>Anexo A</b> <b>Procedimientos Para el Análisis de Rendimiento o Contenido de Grasa en el Desecho Carnaza y la Humedad de la Grasa Recuperada</b> ..... | <b>65</b>  |
| <b>Anexo B</b> <b>Procedimientos y Resultados de la Evaluación Fisicoquímica de la Grasa Residual</b> .....                                               | <b>76</b>  |
| <b>Anexo C</b> <b>Constantes Fisiscoquímicas para Grasas y Aceites Obtenidos Bibliográficamente</b> .....                                                 | <b>90</b>  |
| <b>Anexo D</b> <b>Análisis Estadístico de las Respuestas Obtenidas de la Evaluación Fisicoquímica y de la Escala Hedónica</b> .....                       | <b>93</b>  |
| <b>Anexo E</b> <b>Análisis de Calidad del Jabón Elaborado</b> .....                                                                                       | <b>102</b> |

## INDICE DE TABLAS

|           | Página                                                                                                                                                   |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tabla N°1 | Corrientes de entrada y salida para el proceso del curtido..... 10                                                                                       |
| Tabla N°2 | Requerimiento de agua por operación realizada en el proceso de curtido, para un promedio de 6 curtiembres con producciones diarias de 500 pieles..... 12 |
| Tabla N°3 | Indices de calidad de las aguas residuales de tenerías..... 14                                                                                           |
| Tabla N°4 | Emanación de vapores durante el proceso de curtido..... 14                                                                                               |
| Tabla N°5 | Datos de contenido de grasa en la carnaza y contenido de humedad obtenido para la grasa recuperada..... 18                                               |
| Tabla N°6 | Resultados obtenidos de la evaluación del índice de saponificación para la grasa extraída del desecho carnaza..... 23                                    |

Tabla N°7      Resultados obtenidos de la evaluación del índice de yodo para la grasa extraída del desecho carnaza..... 24

Tabla N°8      Resultados obtenidos de la evaluación del índice de yodo para la grasa extraída del desecho carnaza..... 25

Tabla N°9      Rangos dentro de los que se obtuvieron los resultados de la evaluación de propiedades físicas de la grasa residual recuperada del desecho carnaza de la Tenería..... 28

Tabla N°10     Resumen de los resultados de la prueba t aplicada a los resultados de la evaluación físicoquímica de la grasa..... 30

Tabla N°11     Rango de variación de las características físicoquímicas evaluadas, para la grasa residual recuperada del desecho carnaza de las tenerías y valores bibliográficos de comparación..... 32

|            |                                                                                                                         |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla N°12 | Resultados obtenidos de la caracterización proximal del desecho cárnico obtenido luego de la recuperación de grasa..... | 35 |
| Tabla N°13 | Caracterización de 2 muestras de agua residual remanente del proceso de recuperación de grasas de carnaza.....          | 36 |
| Tabla N°14 | Formulación empleada para la elaboración de jabón de lavar.....                                                         | 39 |
| Tabla N°15 | Respuesta de aceptabilidad de color para las dos muestras de jabón.....                                                 | 42 |
| Tabla N°16 | Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de color de los tipos de jabones evaluados.....     | 42 |
| Tabla N°17 | Respuestas de aceptabilidad de textura para las dos muestras de jabón.....                                              | 43 |

|            |                                                                                                                                                               |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla N°18 | Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de textura para los tipos de jabones evaluados.....                                       | 44 |
| Tabla N°19 | Respuestas de aceptabilidad de olor para las dos muestras de jabón.....                                                                                       | 45 |
| Tabla N°20 | Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de los tipos de jabones evaluados, de acuerdo a la característica de olor del jabón.....  | 45 |
| Tabla N°21 | Respuesta de aceptabilidad de olor que el jabón deja en la ropa, para las dos muestras.....                                                                   | 47 |
| Tabla N°22 | Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de los tipos de jabones evaluados, de acuerdo a la característica de olor de la ropa..... | 47 |

|                   |                                                                                                                                                           |           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <p>Tabla N°23</p> | <p>Respuesta de aceptabilidad de poder limpiador, para las dos muestras de jabón.....</p>                                                                 | <p>48</p> |
| <p>Tabla N°24</p> | <p>Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de poder limpiador de los tipos de jabones evaluados.....</p>                      | <p>48</p> |
| <p>Tabla N°25</p> | <p>Respuestas respecto a irritabilidad para las dos muestras de jabón.....</p>                                                                            | <p>50</p> |
| <p>Tabla N°26</p> | <p>Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad para la característica de irritabilidad de los tipos de jabones evaluados.....</p> | <p>50</p> |
| <p>Tabla N°27</p> | <p>Respuestas respecto a rendimiento para las dos muestras de jabón .....</p>                                                                             | <p>51</p> |
| <p>Tabla N°28</p> | <p>Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de rendimiento de los tipos de jabones evaluados.....</p>                          | <p>51</p> |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                          | Página |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| FIGURA N°1 Diagrama General de operación<br>del proceso del curtido de<br>pieles.....                    | 5      |
| FIGURA N°2 Plano de ubicación de la tenería<br>El Búfalo.....                                            | 8      |
| FIGURA N°3 Diagrama de flujo que represen-<br>ta el proceso de recuperación de<br>la grasa residual..... | 34     |

## INTRODUCCION

Desde hace muchos años el cuero ha sido uno de los materiales más usados por el hombre, de aquí que hoy en día esta industria se ha desarrollado de tal manera que en torno a la misma se llevan a cabo estudios de la química de la piel y de los materiales curtientes, así como estudios microbiológicos y una serie de herramientas científicas relacionadas con ésta.

El lado negativo de la industria del cuero, principalmente en El Salvador, es la grave contaminación que ésta causa debido al lanzamiento de sus desechos sin tratamiento o control, lo cual causa degradación en las cualidades físicas, químicas y biológicas del medio, específicamente los ríos que son los que por lo general reciben esta clase de desperdicios.

Es por ello, que se han realizado investigaciones dentro del marco de trabajos de graduación en la Escuela de Ingeniería Química de esta Universidad, estudiando la grave contaminación que esta industria causa sobre el medio ambiente, debido a la composición de los desechos que se lanzan, planteándose alternativas de utilización de desechos, tal como la recuperación de material útil, el cual podría ser empleado como materia prima industrial, encontrándose entre las opciones, la elaboración de jabón de lavar (García y Ramírez 1994).

Con la recuperación de la grasa se logra disminuir un tipo de desecho y recuperar fracciones del mismo potencialmente valiosas, lo

cual puede significar mayor economía en el tratamiento del desecho remanente. Sin embargo, resultan otros residuos secundarios tales como las aguas residuales del tratamiento térmico de recuperación de grasas y residuos sólidos no grasos, que pueden seguir siendo contaminantes ó tener un uso posterior para el caso de los sólidos, lo cual también se evalúa en este proyecto.

Esta investigación, le da seguimiento a los estudios realizados por García y Ramírez (1994), sobre la factibilidad de utilizar las grasas recuperadas del desecho carnaza de las tenerías para determinar, si esa porción potencialmente valiosa de desecho, al ser recuperada, cumple los requisitos de materia prima para la elaboración de jabón. Para ello se procedió a evaluar la grasa en sus propiedades fisicoquímicas básicas para luego producir, a partir de la misma jabón para lavar, que se sometió a una evaluación sensorial, valorando de esta manera si la grasa recuperada muestra un buen comportamiento para ser utilizada industrialmente.

## 1.0 INDUSTRIA DE LA CURTIEMBRE

Para producir cueros, se utilizan las pieles de ciertos animales, la mayor parte de pieles la proporcionan los animales domésticos; las vacas, terneros, caballos, ovejas y cabras principalmente; aunque hay una buena parte de pieles procesadas que son proporcionadas por animales salvajes, sean éstos marinos o terrestres (Kirk, 1978).

Es importante saber que la piel del animal no puede ser usada tal como se ha desprendido de éste ya que seguramente se descompondría; por lo tanto es necesario que las pieles se sometan a un tratamiento para evitar su descomposición y al mismo tiempo, adecuarla para el uso particular al que se destina. Este proceso se llama "curtido", y puede efectuarse de diferentes maneras de acuerdo al uso. Así, si se curten sin quitarles el pelo se obtienen pieles, y si el curtido se realiza quitándole el pelo se obtiene cuero. El proceso de curtido se realiza en las tenerías.

El curtido de pieles para obtener cueros es un proceso que consta de varias etapas. En primer lugar se debe quitar la piel al animal sin dañarla. Por lo general en las tenerías del país las pieles llegan saladas, con lo que se evita el desarrollo de microorganismos que puedan descomponer las pieles mientras son almacenadas antes de curtirlas.

No toda la piel desprendida del animal puede usarse como cuero;

porque la piel en general, está formada por tres capas independientes. Una primera capa muy delgada exterior, llamada "epidermis", es fácilmente desprendible y, por lo tanto, no sirve para curtirla. Debajo de esta capa, hay una capa más gruesa, llamada "dermis" o piel verdadera; ésta es la materia útil para hacer cuero, y la capa más interna es de grasa y carne. Las capas más externas e internas son desprendidas de la piel, utilizándose para el curtido la capa intermedia, que es fuerte y gruesa. Aquellas partes de la piel que no se emplean en el curtido representan desechos para las tenerías.

La preparación de las pieles para el curtido varía dependiendo del estado en que llegan a las tenerías y de acuerdo con el fin destinado. En la Figura N°1 se describe el flujo de las operaciones a las cuales se somete la piel en la tenería El Búfalo. Dicha tenería proporcionó las muestras de carnaza para esta investigación.

En general, el proceso del curtido de la piel consiste fundamentalmente en recortar las pieles y agruparlas en unidades de trabajo o lotes, los cuales son identificados para su seguimiento durante el proceso. Luego se reblandecen empapándolas en un baño de agua, que sirve además para quitar suciedad a las pieles. El proceso siguiente es el descarnado, que consiste en separar por medio de cuchillas mecánicas el tejido graso suelto y restos de músculos, dejando la superficie limpia y uniforme. Al desecho obtenido en esta operación se le denomina "carnaza" y es el punto de interés de este trabajo. Luego del descarne sigue el proceso del depilado con cal

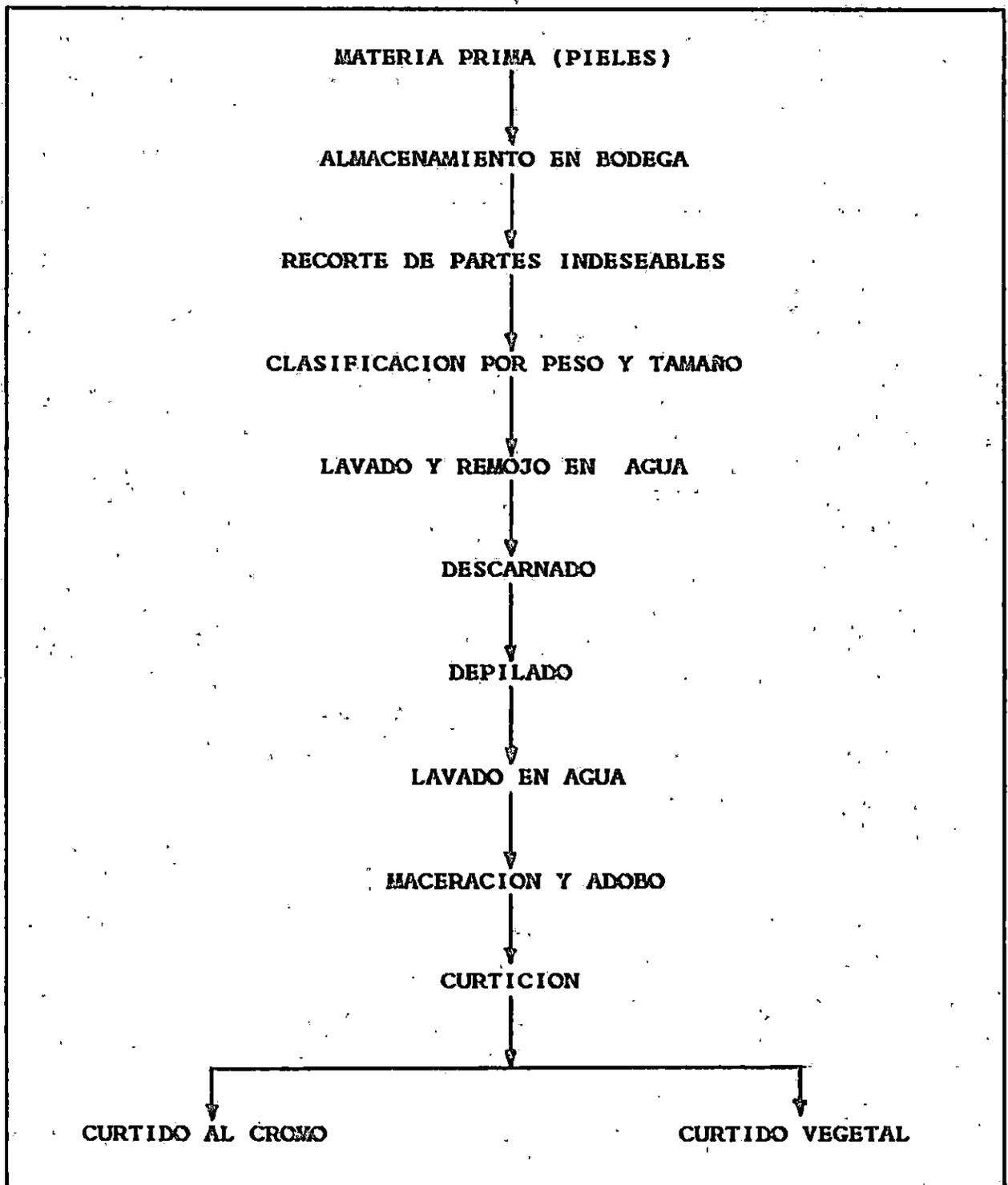


Figura N°1 Diagrama general de operación del proceso del curtido de pieles.

y sales de azufre, las cuales disuelven el pelo preparando la piel para el proceso de maceración y adobo, operaciones íntimamente relacionadas al proceso de curtido. El proceso de producción cambia en algunas tenerías, donde la operación de pelambre se realiza antes del descarte, para lo cual se utiliza cal y sulfuro de sodio, materiales que neutralizan el material graso saponificable contenido en el material cárnico de las pieles, el cual no puede ser recuperable para usos posteriores.

La operación final es el curtido propiamente dicho, que se desarrolla de acuerdo a dos procedimientos; uno al cromo y otro vegetal, caracterizándose ambos por el uso de enzimas proteolíticas, sales de cromo, aceites vegetales contenidos en la corteza de algunos árboles y otros productos químicos, que preparan la piel para el acabado final.

#### 1.1 CONTAMINACION GENERADA POR LA CURTIEMBRE.

Tradicionalmente, el proceso del curtido de pieles se ha desarrollado de forma empírica; sin embargo, actualmente existe una diversidad de sustancias químicas desarrolladas, con las cuales se ha logrado agilizar y mejorar la eficiencia en las operaciones del proceso de curtido.

Este avance en el curtido de pieles repercute negativamente sobre el medio ambiente, porque la descarga de desechos contiene altas cantidades no solo de materia orgánica propia de la piel, sino

también químicos de naturaleza orgánica e inorgánica, los cuales modifican las propiedades básicas del medio que los recibe.

Una característica general de la industria en El Salvador es su ubicación sobre los márgenes de los ríos, que son usados como sumidero de los desechos obtenidos de los procesos. En el plano de la Figura N°2, se puede observar la ubicación de la tenería El Búfalo en la ciudad de Santa Ana, la cual se encuentra aproximadamente a 1 km. de la colonia IVU sobre los márgenes del Río Sucio, en el cual descargan sus desechos tanto la tenería El Búfalo, como el Beneficio Río Zarco, así como otras industrias río arriba.

El problema es de mayores consecuencias si se considera que la Tenería se encuentra dentro de una zona húmeda con abundante vegetación, manantiales a unos 300 mts de ésta y una quebrada (ubicados en el plano), y que son afectados indirectamente por las cercanas descargas procedentes de la Tenería y demás industrias de la zona. En general, la tenería se constituye como perjudicial al sistema natural de la comunidad donde se ubica.

En la tabla N°1 se muestra un resumen de las corrientes de entrada y salida para cada operación durante el proceso de curtido, caracterizándola de acuerdo a su naturaleza; donde puede observarse la variedad de químicos utilizados, de los cuales se considera según el United Nation Environment Program/United Nation Industrial Development Organization (UNEP/UNIDO, 1994), que solo el 90% es absorbido durante el proceso y el resto es descargado como desecho. Otra

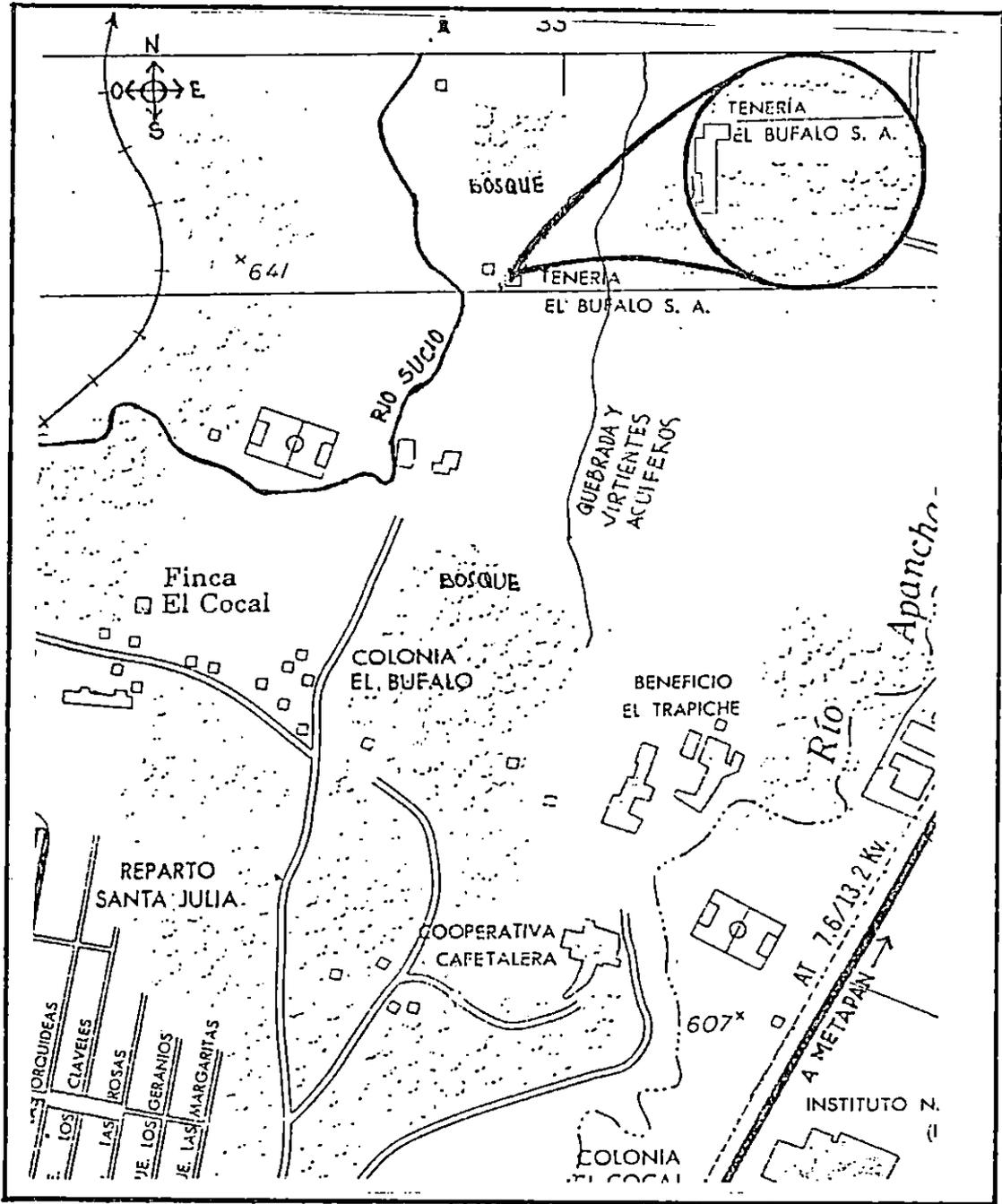


Figura N°2 Plano de ubicación de la tenería El Búfalo en la ciudad de Santa Ana.

observación importante es que los desechos líquidos se obtienen en la mayoría de las operaciones, los desechos sólidos aparentemente pocos, representan alrededor de un 15 - 20% de la piel que llega a la tenería, sean estos recortes, carnaza y divisiones, (Sandoval, 1994), y los gases aunque en menor proporción, son un contaminante interno peligroso para las personas que laboran en esa industria.

#### a. Desechos Líquidos.

En el proceso de curtido pueden distinguirse dos fases operativas: un tratamiento preliminar llamado "trabajo en ribera o en agua", proceso en el que se utilizan grandes cantidades de agua y que incluye hasta la operación de adobo, y una segunda fase que es el curtido propiamente dicho donde el agua es utilizada en menor cantidad en operaciones de lavado o enjuague.

Se estima que el requerimiento de agua es de 60 - 100 m<sup>3</sup> por tonelada de piel procesada, equivalente a 1.5 - 2.5 m<sup>3</sup> por piel variando de acuerdo al tamaño de éstas, (Organización Panamericana de la Salud/Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS / CEPIS, 1991 y Sandoval, 1994) . En la Tabla N°2 se reporta un estimado de agua utilizada por operación, para una tenería.

De la Tabla N°2 puede observarse que la demanda específica de agua por unidad de producto terminado es muy elevada, depen-

Tabla N°1 Corrientes de entrada y salida para el proceso de curtido de pieles.

| ENTRADA                                                                  | PROCESO                 | CORRIENTE DE SALIDA                                                          | NATURALEZA          |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| PIEL SALADA, NaCl                                                        | ALMACENAJE              | LICORES SALINOS                                                              | LIQUIDO             |
| AGUA, BACTERICIDA                                                        | LAVADO                  | AGUAS DE SALADO, SANGRE, ESTIERCOL,                                          | LIQUIDO,<br>SOLIDO. |
| PIEL LAVADA                                                              | RECORTE                 | RECORTES Y SOBRAS                                                            | SOLIDO.             |
| PIEL                                                                     | DESCARNADO              | CARNAZA: TEJIDOS GRASOS Y PARTES DE<br>MUSCULOS                              | SOLIDO.             |
| CAL, AGUA, SULFURO DE<br>SODIO, BACTERICIDA.                             | DEPILADO                | AGUAS ALCALINAS CON ALTO CONTENIDO DE<br>SALES DE AZUFRE.                    | LIQUIDO.            |
| CLORURO DE AMONIO, ACIDO<br>LACTICO.                                     | MACERADO                | AMONIACO, AGUAS ALCALINAS                                                    | LIQUIDO,<br>VAPOR.  |
| SAL, AGUA, ACIDO SULFURICO                                               | ADOBO                   | SALMUERA Y ACIDOS DILUIDOS                                                   | LIQUIDO.            |
| PIELES                                                                   | PIEL ADOBADA Y DIVIDIDA | DIVISIONES Y RECORTE DE PIELES                                               | SOLIDO.             |
| SULFATO DE SODIO, SODA<br>ASH, CROMATO DE<br>ALUMINIO, SAL.              | CURTIDO AL CROMO        | AGUAS DE LAVADO, AGUAS ACIDAS<br>CONTENIENDO Cr+3 Y VAPORES.                 | LIQUIDO,<br>VAPOR.  |
| MATERIA CURTIDORA, SALES<br>DE METALES, ACEBITES,<br>CORTEZA DE ARBOLES. | CURTIDO VEGETAL         | AGUAS ACIDAS, EXTRACTOS VEGETALES,<br>CURTIDORES TOXICOS, SECANTES; ACEBITES | LIQUIDO.            |
| PIEL CURTIDA                                                             | CORTADO                 | VIRUTAS                                                                      | SOLIDO.             |
| PINTURAS                                                                 | ACABADO                 | VAPORES VOLATILES                                                            | VAPOR.              |

diendo sólo ligeramente de los tipos de pieles y de los métodos mecánicos y químicos aplicados en el curtido, obteniéndose que el flujo de agua alcanza 1,090 m<sup>3</sup>, para una producción promedio de unos 500 cueros diarios. En la Tabla N°2 se cuantifica el agua útil en el proceso, sin tomar en cuenta la empleada en limpieza de máquinas, talleres y de otros usos.

Respecto a las aguas residuales, en la curtiembre alcanza de 1.7 a 5.0 m<sup>3</sup> por piel según el tamaño y el equipo de la planta, así como el tipo de proceso utilizado. Las aguas residuales contienen una gran cantidad de sustancias sedimentables, grasas emulsionadas y gran cantidad de químicos disueltos que las hacen muy peligrosas para el medio al que se vierten. La Tabla N°3 muestra índices generales de contaminación para las aguas residuales producidas por la industria de curtiembre, los cuales comparados con las normas para carga contaminante máxima permisible de aguas residuales industriales mostradas en el Anexo A, se puede observar que los valores determinantes de contaminación (%sólidos, DBO, olor, materia flotante) están fuera de estas normas, confirmando el alto índice de contaminación que los desechos líquidos causan sobre el medio al que se vierten.

b. Desechos sólidos.

Los desechos sólidos están constituidos por sobrantes de la piel, como orejas y colas del recorte, carnaza del descarte,

Tabla Nº2 Requerimiento de agua por operación realizada en el proceso de curtido, para un promedio de 6 curtiembres con producciones diarias de 500 pieles.

| OPERACION          | m <sup>3</sup> /día |
|--------------------|---------------------|
| REMOJO             | 360                 |
| DEPILADO           | 170                 |
| DESCARNADO         | 250                 |
| MACERACION Y ADOBO | 110                 |
| CURTIDO VEGETAL    | 20                  |
| CURTIDO AL CROMO   | 60                  |
| PROCESOS FINALES   | 60                  |
| TOTAL              | 1,090               |

UNEP/UNIDO (1991).

con alto contenido de grasa y material cárnico. De cada tonelada de piel procesada un 20% es desecho sólido, por lo que unas 400 - 500lb de residuo son lanzados directamente al río cercano o enterrados (Sandoval, 1994). Estos por su contenido proteico y de grasas constituyen un material que puede ser aprovechado y es el enfoque directo de este trabajo.

### c. Desechos Gaseosos.

En la Tabla N°4 se muestran los tipos de emisiones gaseosas generadas en el proceso de curtido, siendo el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) el que genera más graves consecuencias, dado que en muchos de los casos su concentración excede el Valor Umbral límite (Threshold Limit Values (TLV)), que se reporta en  $15 \text{ mg/m}^3$ , clasificándolo como altamente tóxico de acuerdo a Publicación del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud (OPS), (1991).

Otras emisiones son las causadas por el amoníaco utilizado para preparar las pieles para el curtido (macerado), y los vapores emanados del acabado con lacas que son formuladas en base a solventes altamente volátiles, principalmente cetonas, tolueno, xileno, alcoholes y otros, los cuales contaminan no sólo el medio exterior sino también el lugar de trabajo, perjudicando al personal que labora en la tenería; su contaminación excede en muchos casos los límites permisibles.

Tabla N°3 Cargas contaminantes para efluentes de aguas residuales de tenerías.

| OPERACION UNITARIA                                   | pH   | *DBO (mg/L) | * SS(mg/L) |
|------------------------------------------------------|------|-------------|------------|
| REMOJO                                               | 6.8  | 2,200       | 4,400      |
| DEPILADO                                             | 11.5 | 15,500      | 22,100     |
| REENCALADO                                           | 11.7 | 650         | 1,650      |
| DESENCALADO Y RENDIDO                                | 9.5  | 6,000       | 2,100      |
| PIQUELADO                                            | 2.5  | 2,900       | 5,200      |
| CURTIDO AL CROMO Y PRENSADO                          | 3.6  | 6,500       | 1,100      |
| CURTIDO SECUNDARIO Y TINTURA,<br>LICORES DE ENGRASE. | 3.9  | 2,100       | 750        |
| NORMA (VALOR MAXIMO) +                               | 5-9  | 30          | 60         |

UNEP/UNIDO (1991). + MSPAS (1995).

\* DBO : Demanda Bioquímica de Oxígeno.

SS : Sólidos Suspendidos.

Tabla N°4 Emanación de vapores durante el proceso de curtido.

| OPERACION UNITARIA | EMISION GASEOSA      |
|--------------------|----------------------|
| DEPILADO Y REMOJO  | SULFURO DE HIDROGENO |
| MACERACION         | AMONIACO             |
| ACABADO FINAL      | VAPORES DE SOLVENTES |

CEPIS/OPS (1990).

## 1.2. PROCESO DE DESCARNE COMO FUENTE DE MATERIA UTIL.

Una vez depiladas las pieles, se hacen pasar por una máquina descarnadora, cuyas cuchillas en espiral separan el tejido graso suelto y los restos de músculos; dejando una superficie limpia y uniforme. La carnaza (residuos del descarne) representa un subproducto sólido equivalente a un 18% de la piel que se procesó en la tenería (García y Ramírez 1994).

Para el caso de la tenería El Búfalo, el peso promedio de una piel es de 51 lb, el proceso de descarne se realiza 2 ó 3 días por semana, obteniendo en total unas 6,000 pieles procesadas mensualmente, representando unas 57,000 lb de carnaza y unas 12,000 lb de grasa que pueden ser recuperables y que generalmente son desechadas, (García y Ramírez, 1994 ; Sandoval, 1994).

Además de grasa, la carnaza se compone de un 80% aproximadamente de materia cárnica residual la cual se someterá a un análisis proximal, ya que por su naturaleza se espera un alto contenido proteínico, que pueda ser útil como un complemento alimenticio animal. La parte grasa se extraerá para hacer pruebas de calidad y de su uso en la elaboración de jabón.

## 2.0 EXTRACCION Y ANALISIS DE LA GRASA OBTENIDA COMO RESIDUO DEL PROCESO DE DESCARNE EN LAS TENERIAS.

La evaluación de muestras de grasa se realizó en dos etapas: en la primera, se hizo la valoración físicoquímica de la muestra de grasa recién extraída de la carnaza, a la cual se le denominó "muestra fresca", realizándose el análisis de cada propiedad por triplicado. En la segunda etapa, la muestra a evaluar fue grasa extraída pero almacenada en refrigeración por un período de 45 días, denominada "muestra almacenada".

Este mismo proceso se aplicó para cada muestra de grasa que se extrajo de tres muestras de carnaza obtenidas de la tenería en fechas diferentes. (1 de noviembre de 1994, 20 de diciembre de 1994 y 17 de enero de 1995, denominadas para este estudio Muestra 1, Muestra 2 y Muestra 3 respectivamente).

### 2.1 RECUPERACION DE GRASA RESIDUAL A PARTIR DEL DESECHO CARNAZA.

#### a. Recolección y Almacenamiento de las Muestras de Carnaza.

Se recolectó el desecho carnaza de la tenería, tomando la muestra directamente de los tanques de contención del desecho, luego de realizarse el descarnado, o también, directamente de la descarnadora.

La muestra se recolectó y almacenó en recipientes plásticos

con tapadera hermética, los recipientes fueron totalmente llenados compactando para evitar dejar aire atrapado dentro del recipiente, que pueda causar degradación de la muestra por oxidación. Los contenedores tapados se almacenaron en un congelador hasta el momento de la extracción.

#### b. Preparación de las Muestras y Extracción de Grasa.

Para homogenizar la muestra, se efectuó una operación de reducción de tamaño de los trozos de carnaza. La muestra ya preparada se pesó en cantidades de 300 a 600 g y se introdujo en el equipo de recuperación diseñado por García y Ramírez (1993), agregando un 300% de exceso de agua sobre el peso de la muestra, luego se calentó durante 2 horas a una temperatura entre 70 y 90°C. Transcurrido el tiempo de calentamiento, se drenó la emulsión Agua - Grasa y se dejó enfriar para separar la grasa en forma de una capa sólida. La mezcla fría se vertió sobre una manta colador para recuperar la mayor cantidad de grasa. La parte líquida se sometió a un análisis fisicoquímico de parámetros de contaminación ambiental y la sólida, a un análisis de composición proximal.

#### 2.2 CONTENIDO DE GRASA EN EL DESECHO CARNAZA Y ANALISIS DE HUMEDAD.

El contenido de grasa se obtuvo de acuerdo a dos procedimientos, el primero denominado contenido teórico, que es el obtenido por el método de extracción con solvente en un equipo Soxhlet, el segundo es

el contenido real, que es el obtenido por medio de la extracción acuosa, ambos métodos recomendados por Mehlenbacher (1979), y que son descritos en el Anexo A.

Se determinó la humedad contenida en la grasa extraída, dato que representa el agua atrapada por la grasa al solidificarse luego de la operación de extracción; para ello, se aplicó el método de extracción con solvente descrito en el Anexo A.

En la Tabla N°5 se reportan los resultados obtenidos del contenido de grasa y de humedad para cada muestra evaluada, donde se tiene que el promedio teórico de contenido de grasa fue de 21.89% y el real de 19.12% para una eficiencia, en función del contenido de grasa, por calentamiento de 87.06%, mientras que el contenido de humedad varió entre 2.2 y 3.0%.

Tabla N°5 Datos de contenido de grasa en la carnaza y contenido de humedad obtenido para la grasa recuperada.

|           | MUESTRA<br>(g) | GRASA<br>RECUPERADA(g) | CONTENIDO DE GRASA (%)     |                | HUMEDAD<br>(%) |
|-----------|----------------|------------------------|----------------------------|----------------|----------------|
|           |                |                        | METODO DE<br>CALENTAMIENTO | METODO SOXHLET |                |
| MUESTRA 1 | 500            | 95.874                 | 19.37                      | 21.63          | 2.6            |
| MUESTRA 2 | 600            | 114.25                 | 19.04                      | 21.34          | 2.2            |
| MUESTRA 3 | 450            | 86.248                 | 19.17                      | 22.56          | 3.0            |
| X         | 516.7          | 98.79                  | 19.13                      | 21.84          | 2.6            |

## 2.3 EVALUACION FISICOQUIMICA DE LA GRASA OBTENIDA.

El análisis de calidad de la grasa obtenida a partir del desecho carnaza, se efectuó determinando las propiedades fisicoquímicas características de una grasa con fines industriales, específicamente orientados a la elaboración de jabón de lavar. Se evaluaron propiedades como el índice de saponificación, el cual determina el material saponificable con que se cuenta en una muestra de grasa, y por consiguiente determina si la grasa tiene potencial para elaborar jabón. Se evaluó también el índice de yodo que indica el grado de insaturación y el índice de acidez que indica los efectos de degradación o de adulteración de la grasa.

Entre las propiedades físicas evaluadas están: gravedad específica, índice de refracción y color, las cuales son de utilidad para indicar cambios en la composición normal de una grasa. Los métodos relativos para la determinación de estas propiedades físicas y químicas se reportan en el Anexo B.

### 2.3.1. Análisis Químico.

Para el análisis, se seleccionaron tres muestras de grasa distintas, extraídas a su vez, de tres muestras de carnaza obtenidas en la tenería El Búfalo. Las tres muestras de grasa fresca, evaluadas luego de extraídas, se distinguen como M1f, M2f, M3f respectivamente, y evaluadas por segunda vez al cumplir 45 días de almacenamiento, como M1a, M2a, M3a, para las tres muestras, respectivamente.

#### a. Índice de Saponificación.

El término saponificación significa la hidrólisis de un éster para dar el correspondiente alcohol y ácido o sal. Para las grasas, este valor denota la reacción que se desarrolla entre álcali y grasa, resultando de ello la formación de jabón y glicerina.

El índice de saponificación, es una medida de la cantidad de álcali para saponificar un determinado peso de grasa, y generalmente se expresa en términos del número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para saponificar un gramo de grasa. Este valor es de gran importancia en el análisis de grasas y aceites; útil para identificar grasas desconocidas y en la estimación de la composición de mezclas de grasas.

El procedimiento general se basa en calentar un exceso de hidróxido de potasio con una cantidad conocida de muestra, hasta la saponificación completa. El exceso de álcali se valora después con solución de ácido clorhídrico y se calcula el índice de saponificación a partir de la cantidad de álcali que reacciona con la muestra.

Los resultados obtenidos de la evaluación del índice de saponificación para la grasa extraída se resumen en la Tabla N°6, obteniéndose que el índice de saponificación promedio es de 193.5370 mgKOH/g de muestra, valor que está dentro del rango

normal para una grasa con uso industrial de acuerdo a datos bibliográficos reportados en el Anexo C. La diferencia de los resultados es mínima entre muestra fresca y almacenada.

#### b. Índice de Yodo

El grado de insaturación de los ácidos grasos en una grasa o aceite se puede expresar en forma cuantitativa en términos de índice de yodo de la grasa. Este se refiere al número de gramos de yodo absorbido por 100 gramos de grasa.

Cuanto más alto sea el índice de yodo, mayor será el grado de insaturación de la grasa. Con frecuencia el índice de yodo es el valor más útil y fácil de evaluar para identificar una grasa o aceite o al menos para colocarlo dentro de un grupo en particular.

El procedimiento en general se basa, en la adición de un exceso de halógeno a la muestra, reduciendo esta muestra con yoduro de potasio y finalmente, valorándolo con solución de tiosulfato, empleando almidón como indicador.

Para el caso de la presente investigación se determinó el índice de yodo de acuerdo al método del reactivo de Hanus, obteniéndose los resultados tabulados en la Tabla N°7. El valor promedio del índice de yodo es 31.5214 g I/100g grasa que de acuerdo a los resultados reportados bibliográficamente, está

dentro del rango estándar, aunque muy cercano al límite inferior reportado en el Anexo C. Los resultados obtenidos para la muestra fresca y almacenada tienen una variación mínima.

### c. Índice de Acidez.

La presencia de ácidos grasos no combinados, o acidez libre en las grasas, resulta por hidrólisis producida en algunos de los triglicéridos. La acidez, es muy corriente expresarla como porcentaje de ácidos grasos libres, aunque el empleo del índice de acidez o neutralización puede ser también conveniente, dependiendo del uso que se le dará a la grasa o aceite.

El índice de acidez se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres contenidos en un gramo de grasa.

Las grasas y los aceites son solubles en alcoholes de más alto peso molecular, como propanol, butanol, etanol por lo que se han recomendado como disolventes para la valoración de ácidos grasos libres, puesto que éstos son de naturaleza débil, se necesita el empleo de una base fuerte, como hidróxido de sodio o potasio para su valoración.

Estando el punto de equivalencia en la zona de neutralidad, por tanto es posible valorar esta acidez con hidróxido de potasio o de sodio en disolución alcohólica, empleando fe-

nofitaleína como indicador, siendo éste el proceso generalmente empleado para la valoración de la acidez en grasas.

Los resultados de la evaluación del índice de acidez para las muestras de grasa obtenida del desecho carnaza se muestran en la Tabla N°8. El valor promedio calculado para el índice de acidez de 4.8733 mg KOH/g grasa, valor que se encuentra dentro del rango estándar para grasas de uso industrial; obtenidas de varias fuentes, las cuales se muestran en el Anexo C. No se obtuvo diferencia representativa entre los resultados de la grasa evaluada fresca y la almacenada.

Tabla N°6 Resultados obtenidos de la evaluación del índice de saponificación para la grasa extraída del desecho carnaza.

| PRUEBA    | INDICE DE SAPONIFICACION (mg KOH/g) |          |           |          |           |          |
|-----------|-------------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|           | MUESTRA 1                           |          | MUESTRA 2 |          | MUESTRA 3 |          |
|           | M1f                                 | M1a      | M2f       | M2a      | M3f       | M3a      |
| X1        | 189.4778                            | 182.4652 | 198.7343  | 201.6765 | 199.2953  | 194.1060 |
| X2        | 193.9658                            | 189.6180 | 196.4903  | 193.8255 | 197.4720  | 192.7035 |
| X3        | 191.7685                            | 187.7948 | 194.6670  | 187.7948 | 198.0330  | 193.6853 |
| $\bar{X}$ | 191.7685                            | 186.6233 | 196.6233  | 194.4322 | 198.2667  | 193.4983 |

MEDIA ARITMETICA (X): 193.5370

DESVIACION ESTANDAR (S): 3.7343

%COEF. DE VARIACION (%VC): 1.9295

Tabla N°7 Resultados obtenidos de la evaluación del índice de yodo para la grasa extraída del desecho carnaza.

| PRUEBA    | INDICE DE YODO (g I/100g) |         |           |         |           |         |
|-----------|---------------------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
|           | MUESTRA 1                 |         | MUESTRA 2 |         | MUESTRA 3 |         |
|           | M1f                       | M1a     | M2f       | M2a     | M3f       | M3a     |
| X1        | 31.6645                   | 30.7791 | 33.0706   | 29.9719 | 36.3777   | 32.0290 |
| X2        | 28.5137                   | 30.5969 | 32.6540   | 27.8627 | 35.1278   | 32.2374 |
| X3        | 30.0240                   | 29.8417 | 31.9509   | 28.8001 | 33.6696   | 32.1853 |
| $\bar{X}$ | 30.0764                   | 30.4059 | 32.5585   | 28.8782 | 35.0585   | 32.1506 |

MEDIA ARITMETICA ( $\bar{X}$ ): 31.5214

DESVIACION ESTANDAR (S): 2.0136

%COEF. DE VARIACION (%VC): 6.3884

Tabla N°8 Resultados obtenidos de la evaluación del índice de acidez para la grasa extraída del desecho carnaza.

| PRUEBA    | INDICE DE ACIDEZ (mg KOH/g) |        |           |        |           |        |
|-----------|-----------------------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
|           | MUESTRA 1                   |        | MUESTRA 2 |        | MUESTRA 3 |        |
|           | M1f                         | M1a    | M2f       | M2a    | M3f       | M3a    |
| X1        | 4.4652                      | 4.7580 | 5.5144    | 5.6120 | 4.5872    | 4.4408 |
| X2        | 4.6848                      | 4.6360 | 4.8312    | 5.9048 | 4.3676    | 4.7092 |
| X3        | 4.5140                      | 4.5872 | 4.9776    | 5.1252 | 4.5384    | 5.4656 |
| $\bar{X}$ | 4.5547                      | 4.6604 | 5.1077    | 5.5373 | 4.4977    | 4.8719 |

MEDIA ARITMETICA ( $\bar{X}$ ): 4.8716

DESVIACION ESTANDAR (S): 0.3645

%COEF. DE VARIACION (%VC): 7.4794

### 2.3.2. Análisis de Propiedades Físicas de la Grasa.

La evaluación física de la grasa complementa en gran medida la determinación química, ya que muchas propiedades físicas están en relación directa a los parámetros químicos de las grasas. La caracterización física de las grasas residuales obtenidas a partir del desecho carnaza se desarrolló en base a tres propiedades características, el índice de refracción, la gravedad específica y el color, y de acuerdo a los métodos recomendados por (Mehlenbacher, 1979), reportados en el Anexo B, los cuales se resumen como sigue:

#### a. Índice de Refracción.

El índice de refracción es una constante adimensional, que depende del carácter y del estado de la sustancia examinada.

El índice de refracción se ha definido como una constante de composición a una temperatura y longitud de onda determinada.

Puesto que es una constante de la grasa, es de utilidad para la identificación como para el análisis cuantitativo. El índice de refracción de una grasa en general depende de su peso molecular medio. También se relaciona con el grado de insaturación, por tanto, es una propiedad de las grasas que está directamente relacionada con el índice de yodo e índice de saponificación. Para la grasa recuperada del desecho carnaza se obtuvo una serie de valores mostrados en la Tabla N°9 que están dentro del rango de valores obtenidos bibliográficamente

para grasas de procedencia similar y que se reportan en el Anexo C.

**b. Gravedad Específica.**

La gravedad específica tiene también relación directa con los índices de yodo y de saponificación influyendo estos sobre esta propiedad.

En la Tabla N°9 se reporta el rango en el cual se obtuvo la gravedad específica de la grasa recuperada del desecho carna-za. De acuerdo a los resultados obtenidos, éstos son aceptables en el rango de los valores estándares reportados por las fuentes bibliográficas que son reportados en el Anexo C.

**c. Color**

El color característico de la mayor parte de las grasas y de los aceites es, predominantemente una mezcla de amarillo y rojo, y se debe en primer lugar, a la presencia de pigmentos del tipo carotenoides. No obstante, son frecuentes otros tonos. La mayor parte de los métodos existentes, se basan en la comparación de la muestra con un tipo arbitrario o una serie de tipos de matices; tales métodos permiten que se le asignen valores numéricos con un significado relativo, pero que son útiles para describir el color. El valor obtenido para el color de las grasas residuales se muestra en la Tabla N°9, de acuerdo

al método de comparación del color por medio de unos vidrios coloreados estándar según el método propuesto por (Mehlenbacher, 1979), que se resume en el Anexo B.

El valor de 12 obtenido para la evaluación del color es aceptable de acuerdo a los datos bibliográficos reportados en el Anexo C.

Tabla N°9 Rangos dentro de los que se obtuvieron los resultados de la evaluación de propiedades físicas de la grasa residual recuperada del desecho carnaza de la Tenería.

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| INDICE DE REFRACCION | 1.4541 - 1.4562 |
| GRAVEDAD ESPECIFICA  | 0.9002 - 0.9097 |
| COLOR                | 12 - 13         |

### 2.3.3 Análisis Estadístico de Resultados y Diseño Experimental.

Se evaluaron como variables respuesta, aquellos parámetros fisicoquímicos y sensoriales que determinan la calidad de la grasa, para el caso índices de saponificación, yodo y acidez, y parámetros físicos como color, gravedad específica e índice de refracción.

La grasa utilizada por las industrias de jabón se rige de acuerdo a propiedades de calidad dentro de las cuales se consideran estándar para la producción. En el Anexo C, se muestran rangos de varia-

ción de propiedades fisicoquímicas para grasas de diversos tipos; los cuales para los fines de este trabajo, son tomadas como estándar y se espera que los resultados de la valoración fisicoquímica de la grasa extraída esté dentro de estos rangos.

El tratamiento estadístico para el análisis de los datos registrados de la evaluación fisicoquímica de la grasa, se desarrolló en base a: "La Comparación de las Poblaciones, Resultado de Réplicas, Obtenidas por un Mismo Analista" (Segura, 1984), valiéndose de la prueba "t" para el análisis de varianza entre poblaciones de resultados y la comparación con un patrón estándar, las cuales fueron aplicadas a las medidas de tendencia central (Media Aritmética), calculadas para los bloques de muestra fresca y muestra almacenada, obteniéndose la diferencia estadística existente entre los resultados de ambos bloques. El procedimiento de análisis estadístico puede consultarse en el Anexo D. En la Tabla N°10 se muestra un resumen de los resultados de esta evaluación.

Los resultados obtenidos para el índice de sapanificación determinan que para un nivel de confianza del 95%, de acuerdo a la Tabla N°10 se tiene que ( $t_c=7.5877$ ) > ( $t_{\alpha}=4.303$ ), estableciéndose que hay diferencia estadística de los datos obtenidos; la cual si aplicamos el criterio del error estadístico podemos ampliar el nivel de confianza, con lo cual la diferencia existente se anula y  $t_c < t_{\alpha}$  para una tolerancia del 1% al 0.5% incurriendo en un error estadístico del tipo dos (Miller, 1980), criterio razonable dado que por su naturaleza de desecho de la muestra analizada permite un criterio

Tabla N° 10 Resumen de los resultados de la prueba t aplicada a los resultados de la evaluación físicoquímica de la grasa.

| PRUEBA                    | $t_{\alpha}$ | $t_{\epsilon}$ |       |       |       |
|---------------------------|--------------|----------------|-------|-------|-------|
|                           |              | 10%            | 5%    | 1%    | 0.1%  |
| Indice de Saponificación. | 7.5877       | 2.920          | 4.303 | 9.925 | 31.60 |
| Indice de Yodo.           | 4.0785       | 2.920          | 4.303 | 9.925 | 31.60 |
| Indice de Acidez.         | 0.924        | 2.920          | 4.303 | 9.925 | 31.60 |

$t_{\epsilon}$  calculado de la tabla de valores de t, para  $df=2$ . Freund (1980).

más amplio, además, debe considerarse que la diferencia es mínima entre la muestra fresca y almacenada, ya que que todos los resultados obtenidos están dentro del rango de aceptación de acuerdo a propiedades de las grasas estándares reportados bibliográficamente.

Para el índice de yodo los resultados indican que para un nivel de confianza del 95%, ( $t_{\alpha}=4.0785$ ) < ( $t_{\epsilon}=4.303$ ), se establece que no existe diferencia estadística significativa de los resultados de la muestra fresca y almacenada.

Para el índice de acidez los resultados indican que para un nivel de confianza del 95%, ( $t_{\alpha}=0.924$ ) < ( $t_{\epsilon}=4.303$ ), se establece que no existe diferencia estadística significativa de los resultados de la muestra fresca y almacenada, y obteniendo la menor diferencia entre los resultados.

La grasa extraída del desecho carnaza, no puede clasificarse dentro una especie animal en particular, sino que es la mezcla de grasas de aquellos animales que son la materia prima de los mataderos de donde proceden las pieles que se procesan, siendo los más comunes el ganado vacuno como vacas, terneros, bueyes, toros en su gran mayoría. De esta manera en el Anexo C, se incluyen diferentes tablas bibliográficas de propiedades fisicoquímicas para grasas y aceites, en la que aparecen tipos grasos similares al obtenido de la carnaza, donde puede observarse que los resultados obtenidos para la grasa recuperada, están dentro de los rangos estándar de acuerdo a estas tablas. Son de especial importancia los datos obtenidos de Scansetti (1949) y los obtenidos de la norma IS:887 (1977) incluida en el trabajo de graduación de Linares Y Nolasco (1990), que son resultados para grasas con uso industrial en especial para la elaboración de jabón.

Dado que los resultados fisicoquímicos evaluados se encuentran dentro de los rangos de calidad, de acuerdo a datos bibliográficos; se tiene el punto de partida para proceder a la evaluación de la grasa dentro de una formulación para preparar un jabón de lavar, y evaluarlo de acuerdo a propiedades sensoriales de aceptabilidad para determinar, tanto el comportamiento de la grasa durante la fabricación, como las características negativas que la grasa pueda desarrollar en un producto terminado elaborado con ésta. En la Tabla N°11 se observa el resumen de los rangos en los que se encuentran las propiedades características evaluadas para la grasa recuperada del desecho carnaza y datos bibliográficos de los mismos.

Tabla N°11 Rango de variación de las características fisicoquímicas evaluadas, para la grasa residual recuperada del desecho carnaza de las tenerías y valores bibliográficos de comparación.

| CARACTERISTICA                      | VALORES BIBLIOGRAFICOS | RANGO DE VALORES OBTENIDOS |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------------|
| INDICE DE SAPONIFICACION, (mgKOH/g) | 192-202                | 182 - 201                  |
| INDICE DE YODO, (g I/100g)          | 28-40                  | 28 - 35                    |
| INDICE DE ACIDEZ, (mgKOH/g)         | 2 - 6                  | 4 - 6                      |
| HUMEDAD, (%)                        | 1 - 5                  | 2 - 3                      |
| INDICE DE REFRACCION                | 1.4300 -1.4500         | 1.4541 - 1.4562            |
| GRAVEDAD ESPECIFICA                 | 0.9000-0.9300          | 0.9002 - 0.9097            |
| COLOR                               | 13 - 15                | 12 - 13                    |

Valores bibliográficos: Linares y Nolasco (1990), Scansetti(1949).

#### 2.4 DESECHOS REMANENTES DEL PROCESO DE EXTRACCION DE GRASA DEL DESECHO CARNAZA.

El objetivo de desarrollar la investigación en torno al desecho carnaza como fuente de material útil industrial pretende ante todo, la aplicación de un proceso de producción limpia aplicada a la operación del descarte, lamentablemente el problema no se soluciona en su totalidad extrayendo la grasa remanente, porque luego de la extracción se generan nuevos desechos, los cuales siguen siendo fuente de contaminación, por tanto, es de interés buscar una solución para tratarlos ó utilizarlos; considerando que los materiales sólidos por su composición cárnica rica en proteínas podrían seguir siendo utilizables de alguna manera y el desecho líquido que por lo general engrosaría el caudal total, podría ser objeto de tratamiento posterior.

En la Figura N°3 se presenta en forma de diagrama de flujo el camino que se sigue en la recuperación de la grasa residual contenida en el desecho carnaza; y se muestra a la vez no solo la grasa como corriente principal, sino que junto a ésta se encuentran el desecho cárnico y el flujo de líquido utilizado para la extracción, que son desechos adicionales del proceso de extracción.

De la Figura N°3 puede observarse que del proceso de extracción se obtiene además de la grasa, un material cárnico el cual debidamente procesado podría ser útil como complemento alimenticio de animales, dado que un 12% de su composición base húmeda es proteína (Tabla

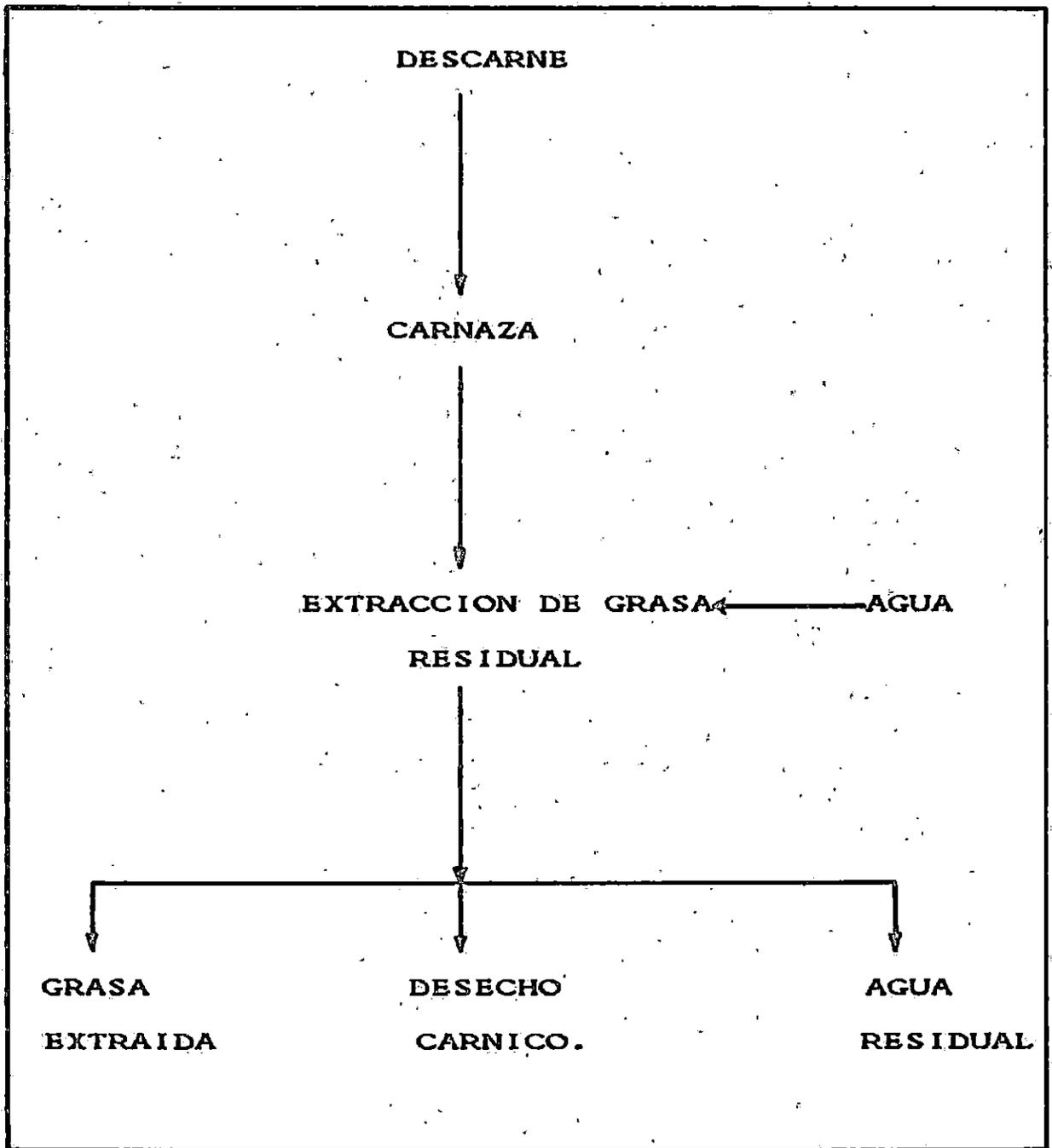


Figura N°3 Diagrama de flujo que representa el proceso de recuperación de la grasa residual.

Nº12), equivalente a un 59% base seca, según resultados obtenidos para una valoración por medio de análisis de composición proximal, resultados de los cuales pueden consultarse los reportes de laboratorio en el Anexo A3.

Tabla Nº12 Resultados obtenidos de la caracterización proximal del desecho cárnico obtenido luego de la recuperación de grasa.

| MATERIAL EVALUADO                | COMPOSICION | PROXIMAL      |
|----------------------------------|-------------|---------------|
| HUMEDAD (%)                      | * 79.30     | ** 77.3       |
| PROTEINA, (g/100g de muestra)    | 12.27       | 12.4          |
| GRASA, (g/100g muestra húmeda)   | 5.26        | 6.1           |
| FIBRA CRUDA, (g/100g de muestra) | 0.1         | NO DETECTABLE |
| CENIZA, (%)                      | 0.67        | 1.3           |
| CARBOHIDRATOS, (%)               | 2.5         | 2.9           |

ANALISIS REALIZADOS EN: \* Laboratorio de servicio de química agrícola Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), \*\* Laboratorio de Calidad Integral, un departamento de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES).

El desecho líquido remanente obtenido luego de la extracción de la grasa alcanza cantidades considerables, si se toma en cuenta que se utiliza para la recuperación un 300% en peso de agua sobre el peso

de la carnaza de donde se obtendrá la grasa, por lo cual se hizo también un proceso de caracterización de esa agua residual generando resultados que pueden tener su utilidad en la planificación de un sistema de tratamiento. En la Tabla N°13 se encuentran los resultados de la caracterización de las aguas de desecho.

Tabla N°13 Caracterización de 2 muestras de agua residual remanente del proceso de recuperación de grasas de carnaza.

| EVALUACION                | M1    | M2    |
|---------------------------|-------|-------|
| DBO <sub>5</sub> (ppm)*   | 3,720 | 3,960 |
| SOLIDOS DISUELTOS (ppm)   | 1,534 | 1,440 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS (ppm) | 3,412 | 3,360 |
| SOLIDOS TOTALES (ppm)     | 4,946 | 4,800 |
| TEMPERATURA, (°C)         | 75-90 | 75-90 |
| pH                        | 7.6   | 8.3   |

\* Analizado por Laboratorio de Especialidades Industriales, S.A. de C.V. (ESPIISA).

Los valores obtenidos de la evaluación a las aguas residuales del proceso de extracción de grasa, están sobre los valores máximos permitidos para aguas residuales, de acuerdo a la "Propuesta de Norma de Especificaciones de Calidad de las Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor" impulsado en el país por MSPAS (1995) donde se reportan que el máximo permitido para el DBO<sub>5</sub> es de 50ppm, para sólidos totales menor de 500ppm y un pH entre 5-9.

### 3.0 EVALUACION DE LA GRASA RESIDUAL DEL DESECHO CARNAZA PARA USO EN LA ELABORACION DE JABON.

Los resultados del análisis cualitativo aplicado a la grasa recuperada del desecho carnaza, está dentro de los rangos de aceptabilidad de acuerdo a la evaluación estadística realizada en la sección 2.3. Por tanto la siguiente etapa que completa la investigación, es la de evaluar la grasa obtenida, dentro de una formulación de elaboración de jabón y evaluar sensorialmente el mismo, para determinar el comportamiento de la grasa extraída de la carnaza en un proceso en pequeña escala (lotes de 2 a 2 1/2 lb), y su comparación con el comportamiento de una grasa comercial.

#### 3.1 ELABORACION DE JABON.

El proceso de fabricación que se utilizó es el denominado fabricación de jabones semicocidos (Puig, 1955), cuya fórmula se presenta en la Tabla N°14, el cual se efectúa a una temperatura de 60 - 80°C obteniéndose una saponificación completa de la grasa. Para fabricar este jabón de conformidad a la fórmula, se procede como sigue:

En un recipiente de hierro se calientan las grasas y el aceite hasta aproximadamente 65°C. Una vez calientes y completamente fundidos se vierte rápidamente la solución de soda cáustica a 36° Bé y se agita toda la masa, hasta obtener una mezcla homogénea, la cual comienza a espesar a medida que la saponificación se lleva a cabo,

cuando se llega a este punto se añaden con rapidéz el silicato de sodio y la solución de carbonato de sodio, se sigue agitando, y se agregan el color y el aroma deseado, para el caso se usó una esencia de lima-limón. El punto final se determina valorando pequeñas muestras de la masa con fenolftaleína detectando así el contenido de álcali remanente (color rosa pálido de rápido desaparecimiento) ó empíricamente en el momento que sobre la superficie de la masa pueda ser impresa una marca y ésta no se borre, momento en el cual se vierte la masa en los moldes, usándose en este caso vasos graduados de 150 ml, los que una vez fríos se invirtieron para obtener la masa de jabón sólida que se secaron al sol por unos 30 min; sin permitir que los rayos de sol choquen directamente sobre los jabones.

Una vez obtenidos los jabones se procedió a determinar el % de álcali libre y % de humedad que son parámetros básicos para evaluar la calidad de un jabón para el uso para el cual se formuló, obteniéndose una humedad promedio de 34% y una alcalinidad del 0.9%. Los resultados analíticos se detallan en el Anexo E de donde puede verse que el jabón elaborado está dentro de los límites para garantizar su aplicación sin efectos contrarios para el usuario.

Tabla N°14 Formulación empleada para la elaboración de jabón de lavar.

| MATERIAL                 | CANTIDAD |
|--------------------------|----------|
| SEBO                     | 90 g     |
| ACEBITE DE COCO          | 29.6 g   |
| SODA CAUSTICA 35°Bé      | 64 mL    |
| SILICATO DE SODIO 36°Bé  | 121 mL   |
| CARBONATO DE SODIO 36°Bé | 15 mL    |
| AROMA (Lima - Limón)     | 0.7 mL   |
| COLOR (Amarillo y Verde) | 0.7 mL   |

Fórmula para obtener una masa de jabón de unos 230g

### 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL APLICADO AL PROCESO DE EVALUACION DE JABONES.

De acuerdo a la formulación de jabón aplicada (Tabla N°14), se obtuvo un jabón de consistencia dura base soda cáustica. Al mismo tiempo se preparó un jabón de comparación (estándar) fabricado con grasa comercial obtenida del mercado que provee a distintas jabone-ras. Las muestras evaluadas se identificaron por el color y se nom-bró Jabón Tipo 1 para el jabón elaborado a partir de grasa comer-cial (verde) y como Jabón Tipo 2, el elaborado de grasa recuperada de carnaza (amarillo), conocida esta diferencia por el evaluador pero no por los panelistas.

Las pruebas de aceptabilidad se efectuaron con un grupo de panelis-tas de 21 personas seleccionadas al azar; a quienes se le entre-garon las muestras de los jabones y el formulario para evaluación; indicando previamente que se hiciera prueba de lavado de los jabo-nes uno a la vez, y pidiéndoseles, que evaluaran características sensoriales de apariencia y rendimiento según el formulario mos-trado en el Anexo D, con espacio para cualquier observación que no éste incluida dentro de las características evaluadas.

El formulario se diseñó de acuerdo a los requerimientos evaluativos del método estadístico de Escala Hedónica, con lo que se logra ma-yor representatividad de resultados. El procedimiento de análisis estadístico de las respuestas obtenida por el método de la escala hedónica puede consultarse en el Anexo D.

### 3.2.1 RESULTADOS DE LA EVALUACION SENSORIAL DEL JABON.

La evaluación como se mencionó antes, se realizó con la participación de 21 panelistas, pidiéndose la opinión respecto a las características, color, textura, olor del jabón, olor de la ropa, poder limpiador, irritabilidad en las manos y rendimiento y un espacio adicional para comentarios.

Los resultados generales obtenidos de acuerdo al aspecto evaluado son los siguientes:

#### a.- COLOR.

En la Tabla N°15 se presentan las respuestas obtenidas de la evaluación de color para los dos tipos de jabones. En la Tabla N°16 se presentan los resultados de la evaluación de las respuestas por medio del análisis de varianza (ANOVA).

De los resultados del análisis de varianza (Tabla N°16) se tiene que  $F_c(1.6353) < F_t(2.44)$  para un nivel del 90% de significancia; puede observarse que la diferencia estadística de los resultados obtenidos en cuanto al color no es significativa por lo que puede concluirse que la aceptación de color fué favorable tanto para el jabón de grasa comercial como para el jabón elaborado con grasa recuperada del desecho carnaza. Las observaciones fuera de términos estadísticos mostraron mayor aceptación de los panelistas por el jabón verde.

Tabla N°15 Respuestas de aceptabilidad de color para las dos muestras de jabón.

| ESCALA HEDONICA              | V  | TIPO 1         |                 |                               | TIPO 2         |                 |                               |
|------------------------------|----|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                              |    | T <sub>1</sub> | VT <sub>1</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | VT <sub>2</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>2</sub> |
| EXCELENTE                    | +2 | 3              | 6               | 12                            | 1              | 2               | 4                             |
| MUY BUENO                    | +1 | 13             | 13              | 13                            | 12             | 12              | 12                            |
| BUENO                        | 0  | 5              | 0               | 0                             | 8              | 0               | 0                             |
| INACEPTABLE                  | -1 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| COMPLETAMENTE<br>INACEPTABLE | -2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| Σ                            |    | 21             | 19              | 25                            | 21             | 14              | 16                            |

Tabla N°16 Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de color de los jabones evaluados.

| ORIGEN DE<br>VARIANZA | GRADOS DE<br>LIBERTAD (n-1) | VARIANZA | VARIANZA<br>MEDIA | FC     | Ft<br>90% |
|-----------------------|-----------------------------|----------|-------------------|--------|-----------|
| TOTAL                 | 41                          | 15.02    |                   |        |           |
| TIPO DE JABON         | 2                           | 0.59     | 0.59              | 1.6353 | 2.44      |
| TIPO RESIDUAL         | 40                          | 14.43    | 0.3608            |        |           |

## b. TEXTURA.

Las respuestas obtenidas para la evaluación de textura de los tipos de jabón evaluados se muestran en la Tabla N°17 y en la Tabla N°18 se muestra el respectivo análisis de varianza.

La relación de  $F_c(0) < F_t(2.44)$ , para un nivel de significancia el 90% establece que no existe diferencia estadística significativa en cuanto a la textura del jabón elaborado a base de grasa comercial y del elaborado de grasa recuperada de carnaza.

Tabla N°17 Respuestas de aceptabilidad de textura para las dos muestras de jabón.

| ESCALA HEDONICA              | V  | TIPO 1         |                 |                               | TIPO 2         |                 |                               |
|------------------------------|----|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                              |    | T <sub>1</sub> | VT <sub>1</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | VT <sub>2</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>2</sub> |
| EXCELENTE                    | +2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| MUY BUENO                    | +1 | 11             | 11              | 11                            | 11             | 11              | 11                            |
| BUENO                        | 0  | 9              | 0               | 0                             | 9              | 0               | 0                             |
| INACEPTABLE                  | -1 | 1              | -1              | 1                             | 1              | -1              | 1                             |
| COMPLETAMENTE<br>INACEPTABLE | -2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| Σ                            |    | 21             | 10              | 12                            | 21             | 10              | 12                            |

Tabla N°18 Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de textura para los tipos de jabones evaluados.

| ORIGEN DE VARIANZA | GRADOS DE LIBERTAD (n-1) | VARIANZA | VARIANZA MEDIA | FC | Ft 90% |
|--------------------|--------------------------|----------|----------------|----|--------|
| TOTAL              | 41                       | 14.48    | 0              |    |        |
| TIPO DE JABON      | 2                        | 0        |                | 0  | 2.44   |
| TIPO RESIDUAL      | 40                       | 14.48    | 0.362          |    |        |

c.- OLOR DEL JABON

Las Tablas N°19 y N°20 muestran el resumen de las respuestas obtenidas de los panelistas y el análisis de varianza de las mismas para la evaluación de olor del jabón respectivamente, que es una característica sensorial de mucha importancia para decidir la aceptabilidad del mismo.

Para un nivel de significancia del 90%, se tiene que  $F_c (0.2739) < F_t (2.44)$ , de donde se establece que no existe diferencia estadística significativa en cuanto al olor del jabón entre las dos muestras evaluadas, para jabón de grasa comercial y de jabón de grasa recuperada del desecho carnaza. Como observación fuera de términos estadísticos, se valora el olor como muy agradable para los panelistas.

Tabla N°19 Respuestas de aceptabilidad de olor para las dos muestras de jabón.

| ESCALA HEDONICA | V  | TIPO 1         |                 |                               | TIPO 2         |                 |                               |
|-----------------|----|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                 |    | T <sub>1</sub> | VT <sub>1</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | VT <sub>2</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>2</sub> |
| MUY AGRADABLE   | +2 | 4              | 8               | 16                            | 3              | 6               | 12                            |
| AGRADABLE       | +1 | 14             | 14              | 14                            | 14             | 14              | 14                            |
| POCO AGRADABLE  | 0  | 3              | 0               | 0                             | 4              | 0               | 0                             |
| NO AGRADABLE    | -1 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| NADA AGRADABLE  | -2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| Σ               |    | 21             | 22              | 30                            | 21             | 20              | 26                            |

Tabla N°20 Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de los de jabones evaluados, de acuerdo a la característica de olor del jabón.

| ORIGEN DE VARIANZA | GRADOS DE LIBERTAD (n-1) | VARIANZA | VARIANZA MEDIA | FC     | Ft 90% |
|--------------------|--------------------------|----------|----------------|--------|--------|
| TOTAL              | 41                       | 14.00    |                |        |        |
| TIPO DE JABON      | 2                        | 0.0952   | 0.0952         | 0.2739 | 2.44   |
| TIPO RESIDUAL      | 40                       | 13.9048  | 0.3476         |        |        |

d.- OLOR DE LA ROPA.

Las respuestas de los panelistas en cuanto a olor que el jabón impregna en la ropa, luego de lavarla se muestra en la Tabla N°21 y el análisis de varianza (ANOVA) de estos resultados se detalla en la Tabla N°22.

Obteniéndose que  $F_c(0.4717) < f_t(2.44)$ , estableciéndose que no existe diferencia estadística significativa en el olor impregnado en la ropa, cuando se usó jabón de grasa comercial y jabón de grasa recuperada del desecho carnaza, aunque en algunos casos los evaluadores detectaron olor en igual proporción para ambos jabones, por lo que no se considera defecto de una sola grasa.

e.- PODER LIMPIADOR.

Una característica que se busca de un jabón es que elimine la suciedad contenida en el material al que se aplica, de no tener esta propiedad, difícilmente es aceptado por el consumidor, de aquí que se evaluó esta propiedad obteniéndose los resultados expuestos en la Tabla N°23 aplicándoseles a los mismos un análisis de varianza para determinar el acercamiento estadístico de los resultados para cada muestra evaluada presentándose los resultados en la Tabla N°24, de donde se tiene que

Tabla N°21. Respuestas de aceptabilidad de olor que el jabón deja en la ropa.

| ESCALA HEDONICA | V  | TIPO 1         |                 |                               | TIPO 2         |                 |                               |
|-----------------|----|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                 |    | T <sub>1</sub> | VT <sub>1</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | VT <sub>2</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>2</sub> |
| MUY AGRADABLE   | +2 | 3              | 6               | 12                            | 3              | 6               | 12                            |
| AGRADABLE       | +1 | 13             | 12              | 12                            | 14             | 14              | 14                            |
| POCO AGRADABLE  | 0  | 5              | 0               | 0                             | 4              | 0               | 0                             |
| NO AGRADABLE    | -1 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| NADA AGRADABLE  | -2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| Σ               |    | 21             | 17              | 25                            | 21             | 20              | 26                            |

Tabla N°22 Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de los tipos de jabones evaluados, de acuerdo a la característica de olor de la ropa.

| ORIGEN DE VARIANZA | GRADOS DE LIBERTAD (n-1) | VARIANZA | VARIANZA MEDIA | FC     | Ft 90% |
|--------------------|--------------------------|----------|----------------|--------|--------|
| TOTAL              | 41                       | 18.4048  |                |        |        |
| TIPO DE JABON      | 2                        | 0.2193   | 0.2193         | 0.4817 | 2.44   |
| TIPO RESIDUAL      | 40                       | 18.1905  | 0.4548         |        |        |

Tabla N°23 Respuestas de aceptabilidad de poder limpiador, para las dos muestras de jabón.

| ESCALA HEDONICA              | V  | TIPO 1         |                 |                               | TIPO 2         |                 |                               |
|------------------------------|----|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                              |    | T <sub>1</sub> | VT <sub>1</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | VT <sub>2</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>2</sub> |
| EXCELENTE                    | +2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| MUY BUENO                    | +1 | 9              | 9               | 9                             | 8              | 8               | 8                             |
| BUENO                        | 0  | 10             | 0               | 0                             | 11             | 0               | 0                             |
| INACEPTABLE                  | -1 | 2              | -2              | 2                             | 2              | -2              | 2                             |
| COMPLETAMENTE<br>INACEPTABLE | -2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| Σ                            |    | 21             | 7               | 11                            | 21             | 6               | 10                            |

Tabla N°24 Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de poder limpiador de los tipos de jabones evaluados.

| ORIGEN DE<br>VARIANZA | GRADOS DE<br>LIBERTAD (n-1) | VARIANZA | VARIANZA<br>MEDIA | FC     | Ft<br>90% |
|-----------------------|-----------------------------|----------|-------------------|--------|-----------|
| TOTAL                 | 41                          | 16.9762  |                   |        |           |
| TIPO DE JABON         | 2                           | 0.0237   | 0.0237            | 0.0559 | 2.44      |
| TIPO RESIDUAL         | 40                          | 16.9525  | 0.4238            |        |           |

$F_c(0.0559) < F_t(2.44)$  para un nivel de significancia del 90%, por tanto no existe diferencia estadística significativa entre los resultados obtenidos, en cuanto a poder de limpieza de obtenido de los dos tipos de jabón evaluados.

#### f.-IRRITABILIDAD.

En la Tabla N°25 se muestran los resultados obtenidos de la encuesta sobre irritabilidad y en la Tabla N°26 se muestran los resultados del análisis de varianza de los resultados.

Para un nivel de significancia del 90%, por lo tanto se tiene que  $F_c(1.6886) < F_t(2.44)$ , se puede establecer que no existe diferencia estadística significativa en cuanto a irritabilidad, aunque es la característica evaluada con mayor frecuencia de respuestas negativas obtenidas. Pero entre muestras las respuestas son similares, lo que es un problema más de la formulación aplicada que del tipo de grasa utilizada en la elaboración del jabón.

#### g.- RENDIMIENTO.

En la Tabla N°27 se resumen los resultados obtenidos de la evaluación del rendimiento para el jabón, y el análisis de varianza para los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N°28.

Tabla N°25 Respuestas de irritabilidad para las dos muestras de jabón.

| ESCALA HEDONICA              | V  | TIPO 1         |                 |                               | TIPO 2         |                 |                               |
|------------------------------|----|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                              |    | T <sub>1</sub> | VT <sub>1</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | VT <sub>2</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>2</sub> |
| EXCELENTE                    | +2 | 6              | 12              | 24                            | 4              | 8               | 16                            |
| MUY BUENO                    | +1 | 10             | 10              | 10                            | 7              | 7               | 7                             |
| BUENO                        | 0  | 3              | 0               | 0                             | 7              | 0               | 0                             |
| INACEPTABLE                  | -1 | 2              | -2              | 2                             | 3              | -3              | 3                             |
| COMPLETAMENTE<br>INACEPTABLE | -2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| Σ                            |    | 21             | 20              | 36                            | 21             | 12              | 26                            |

Tabla N°26 Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad para la característica irritabilidad de los tipos de jabones evaluados.

| ORIGEN DE<br>VARIANZA | GRADOS DE<br>LIBERTAD (n-1) | VARIANZA | VARIANZA<br>MEDIA | FC     | Ft<br>90% |
|-----------------------|-----------------------------|----------|-------------------|--------|-----------|
| TOTAL                 | 41                          | 37.6191  |                   |        |           |
| TIPO DE JABON         | 2                           | 1.5238   | 1.5238            | 1.6886 | 2.44      |
| TIPO RESIDUAL         | 40                          | 36.0953  | 0.9024            |        |           |

Tabla N°27 Respuestas respecto a rendimiento para las dos muestras de jabón.

| ESCALA HEDONICA              | V  | TIPO 1         |                 |                               | TIPO 2         |                 |                               |
|------------------------------|----|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                              |    | T <sub>1</sub> | VT <sub>1</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | VT <sub>2</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>2</sub> |
| EXCELENTE                    | +2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| MUY BUENO                    | +1 | 7              | 7               | 7                             | 6              | 6               | 6                             |
| BUENO                        | 0  | 14             | 0               | 0                             | 15             | 0               | 0                             |
| INACEPTABLE                  | -1 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| COMPLETAMENTE<br>INACEPTABLE | -2 | 0              | 0               | 0                             | 0              | 0               | 0                             |
| Σ                            |    | 21             | 7               | 7                             | 21             | 6               | 6                             |

Tabla N°28 Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de rendimiento de los tipos de jabones evaluados.

| ORIGEN DE<br>VARIANZA | GRADOS DE<br>LIBERTAD (n-1) | VARIANZA | VARIANZA<br>MEDIA | FC     | Ft<br>90% |
|-----------------------|-----------------------------|----------|-------------------|--------|-----------|
| TOTAL                 | 41                          | 8.9762   |                   |        |           |
| TIPO DE JABON         | 2                           | 0.0238   | 0.0238            | 0.1063 | 2.44      |
| TIPO RESIDUAL         | 40                          | 8.9524   | 0.3238            |        |           |

Para un nivel de significancia del 90%,  $F_c(0.1063) < F_t(2.44)$ , se puede establecer que no hay diferencia estadística significativa entre las muestras de jabón estudiadas, obteniéndose como calificación más baja el grado de "bueno". Esta fue la respuesta más frecuente, y es aceptable ya que la diferencia entre los jabones fue mínima, con una varianza de 0.1063.

Finalmente, los resultados de la valoración sensorial por el grupo evaluador es satisfactoria; ya que en su mayoría las respuestas se obtuvieron en el rango positivo de evaluación, clasificando el jabón en general como aceptable y obteniéndose, que no existe diferencia estadística significativa entre las respuestas comparado con el jabón elaborado a partir de grasa comercial, lo cual corrobora el potencial de la grasa recuperada del desecho carnaza como materia prima para elaborar jabón para lavar.

Aunque las observaciones de los panelistas se refirieron a la poca formación de espuma, y en algunos casos al olor desagradable en la ropa lavada, el jabón elaborado con la grasa de carnaza se catalogó como aceptable. ya que las observaciones mencionadas se obtuvieron en la misma proporción para el jabón elaborado a partir de grasa comercial. De esta manera se concluye que la grasa recuperada del desecho carnaza, tiene las propiedades básicas de las grasas estándares industriales y puede utilizarse en formulaciones de jabón para lavar en procesos industriales.

#### 4.0 OBSERVACIONES

- 1.- La piel que se procesa en las tenerías no tiene una procedencia definida en cuanto al animal; por tanto, si se quiere clasificar la grasa recuperada tendrá que incluirse dentro del rango de grasas de ganado vacuno, por ser la clasificación más cercana que puede hacerse de acuerdo a los resultados obtenidos de la evaluación fisicoquímica realizada a la grasa.
- 2.- Debido a la cantidad de químicos empleados durante el proceso de producción, donde parte de éstos son eliminados como desechos, la industria del curtido se constituye como foco de contaminación para el lugar donde se ubique.
- 3.- Los residuos de las curtiembres pueden ser portadoras de ántrax, que produce inflamaciones subcutáneas, y por tanto, el medio que recibe estos desechos podría ser contaminado; lo cual sería un grave problema de salud.
- 4.- El proceso de recuperación de grasas contenidas en el desecho carnaza, sólo puede ser posible para el proceso de producción en el cual el descarne se desarrolla antes del pelambre. En los procesos en los que se realiza antes la pelambre, la grasa se hidroliza por el medio alcalino alto aumentando así los residuos de esta etapa.

- 5.- En las tenerías visitadas se observó indiferencia hacia la implementación de un programa de tratamiento de los residuos.
- 6.- El lavado previo al descarte al que es sometida la piel en su proceso de curtido, garantiza que la extracción de la grasa pueda ser realizada inmediatamente sin una preparación de limpieza externa. Aún cuando este proceso no garantiza la limpieza interna del desecho, que puede contener residuos de bacterias empleados durante el almacenaje de la piel.
- 7.- La valoración del proyecto inicia a partir del proceso del descarte, del cual se obtiene el desecho y la grasa evaluada; sin considerar el proceso de las pieles antes de llegar a la tenería ya que es una variable difícil de controlar debido a la variada procedencia de éstas. Así, la grasa recuperada se sometió a un almacenaje de 45 días luego de extraerse y analizarse por primera vez, lo cual se consideró un tiempo prudencial para detectar alguna modificación en las propiedades de la grasa originada por mala estabilidad de la misma durante el almacenaje.

## 5.0 CONCLUSIONES

- 1.- El contenido de grasa en el desecho carnaza fue de 21.8433% utilizando el método de extracción por solvente (Soxhlet), este valor disminuyó a 19.1233% por el método de calentamiento aplicado, obteniéndose una eficiencia de este último proceso del 87.5% en base al contenido de grasa.
- 2.- La humedad contenida en la grasa extraída no representó ninguna interferencia en el uso posterior de ésta y es la cantidad de agua atrapada en el momento de la solidificación de la grasa, obteniéndose la humedad en un rango de 2-3% frente al rango estandar de 1-5%.
- 3.- Los resultados obtenidos de la evaluación fisicoquímica de la grasa están dentro del rango de aceptación respecto a las propiedades reportadas en la bibliografía para grasa de uso en la elaboración de jabón, de 182-201 mg KOH/g para el índice de saponificación, de 28-35 g I/100g para el índice de yodo; de 4-6 mg KOH/g para el índice de acidez; 5% de humedad; 1.43 - 1.45 para el índice de refracción, 0.9-0.93 para la gravedad específica y 13-15 el rango de color. Los datos obtenidos presentan algunas fluctuaciones, en especial para el índice de saponificación, que presentan diferencias frente a los rangos estandar que están entre 192-202 mg KOH/g y 1.4300-1.4500 respectivamente, diferencia que puede ser atribuida a la na-

turaleza de la muestra y a errores tanto de equipo como humanos durante la evaluación.

- 4.- La grasa se almacenó por un período de 45 días con el objetivo de determinar cualquier alteración del almacenamiento sobre los índices evaluados obteniéndose que no hay una diferencia significativa entre los resultados para muestra fresca y la almacenada ya que el rango de variación de los índices evaluados caen dentro del rango estandar. El índice de saponificación presenta fluctuación en especial para la primera muestra evaluada, variación que puede ser atribuida a diferentes fuentes de error como se mencionó anteriormente.
- 5.- Del análisis proximal aplicado al residuo cárnico obtenido luego de la recuperación de grasa, se determinó que un 12% base húmeda del mismo es por proteína y un 2.5% son carbohidratos, constituyéndose como un material que puede ser empleado como complemento alimenticio para animales; para lo cual podría someterse a una posterior evaluación respecto a las normas necesarias para este fin.
- 6.- El contenido de ceniza y fibra cruda del residuo cárnico que constituyen un promedio de 1% y 0.1% respectivamente, son muy poco representativas como para interferir en la utilización del material cárnico remanente.

- 7.- La cantidad de grasa obtenida en el análisis proximal del desecho cárnico residual de la extracción de grasa (5.26-6.1%), puede ser disminuida o eliminada optimizando el proceso de recuperación.
- 8.- La recuperación de grasa y el uso de los residuos cárnicos en alimentación animal, se constituyen como alternativas para disminuir los desechos sólidos que se generan en la industria tenera. Sin embargo se obtiene también líquido residual de la extracción, para el cual se evaluó una DBO mayor de 3,000ppm y sólidos totales mayor de 4,000ppm, valores que están muy por encima por los establecidos por las normas de calidad para aguas residuales a ser descargadas a cuerpos de agua dada por el MSPAS en 1995 y la American Public Health Association (APHA 17a Edición) y que son 30ppm para DBO y 500ppm para sólidos totales. De realizarse la extracción en la tenería este desecho engrosaría el caudal de aguas de desecho, lo cual sigue siendo un problema para esta industria.
- 9.- En general, de la evaluación sensorial de las muestras de jabón se obtuvo que no hay diferencia estadística entre las respuestas para un 10% de significancia, lo cual es indicativo del buen comportamiento de la grasa residual como materia prima para un proceso industrial de la elaboración de jabón.
- 10.- Los panelistas coincidieron en la poca formación de espuma al probar los jabones, justificando esto por el hecho de que la

naturaleza espumosa de un jabón procede del tipo de base usada para la saponificación. Así, un jabón elaborado base hidróxido de sodio no da espuma sino consistencia, que es el caso del que se preparó en este trabajo; para mejorar esta propiedad es necesario combinar la base soda y la base hidróxido de potasio además de agregar aditivos a la fórmula.

- 11.- No se reportó diferencia estadística entre las muestras de jabón evaluadas por medio de la escala hedónica para las características de Color, Textura, Olor del Jabón, Olor de la Ropa, Poder Limpiador, Irritabilidad en las Manos y Rendimiento concluyéndose que el jabón elaborado con la grasa residual se comportó de similar manera al elaborado con grasa comercial.

## 6.0 RECOMENDACIONES

- 1.- Para posteriores investigaciones debe tomarse en consideración el tratamiento de desechos líquidos de las tenerías, porque se generan en grandes cantidades, contaminados con químicos.
- 2.- El desecho cárnico obtenido del proceso de extracción de la grasa puede ser sujeto de análisis posteriores; orientados a determinar el potencial de utilidad que el mismo representa, en especial como complemento alimenticio para animales.
- 3.- Es importante hacer conciencia en las personas a cargo de las industrias teneras de la grave contaminación que generan y que elaboren un plan de saneamiento, tratamiento y reciclaje a los vertidos de las mismas.
- 4.- En la ciudad de Santa Ana se encuentran varias industrias, no sólo teneras, y tienen como característica común, que sus vertidos caen al Río Sucio, por lo que es factible unir esfuerzos para realizar un tratamiento de desechos común, lo cual puede constituirse como una ventaja económica para las empresas.
- 5.- En la Enciclopedia de Tecnología Química, Kirk (1978) se encontró que podrían utilizarse los desechos sólidos carnaza y recortes, para producir pegamento, lo cual podría ser tema de posteriores investigaciones.

## 7.0 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Aenlle, E.O; (1946). "Análisis de Grasas, Ceras y sus Mezclas Comerciales", Primera Edición; Editorial Dossat, S.A. Madrid, España.
- 2.- APHA, American Public Health Association Standar Methods for the Examination Water and Waterwaste. 11a Edición.
- 3.- Castillo, N.A. y V.L., Ramírez,(1993). "Uso de Enzimas Proteolíticas en el Depilado de Pieles y du Incidencia en la Reducción de la Contaminación Producida por Tenerías", Trabajo de Graduación, Previa Opción al título de Ingeniero Químico, Universidad de El Salvador.
- 4.- DSM, (1988-1995), Revistas Técnicas y Hojas Técnicas de Productos Relacionados al Proceso del Curtido de Pieles. Ediciones Variadas. Alemania. Grupo Químico DSM.
- 5.- Egan, H.; R.S. Kirk; R. Sawyer; (1988). "Análisis Químico de Alimentos de Pearson"; 1a Edición, Editorial Continental, S.A. de C.V. Mexico.
- 6.- Ferrer, B., (1994). Entrevista personal con el encargado de la producción de la Tenería ADOC. Ateos, La Libertad. Mes de junio y julio de 1994.

- 7.- Fisher, H.J.; F.L. Hart; (1971). "Modern Food Analysis". Springer - Verlag. New York Inc.
- 8.- García, E. y J.R. Ramírez, (1994). "Recuperación de Grasas Residuales de Tenerías y su Uso Industrial", Trabajo de Graduación Previa Opción al Título de Ingeniero Químico, Universidad de El Salvador.
- 9.- Henkel Centroamericana S.A., (1994). "Información Técnica sobre productos empleados para la curtiembres" Diferentes boletines técnicos de Henkel Guatemala.
- 10.- Kirk, Raymond.E.; (1978). "Enciclopedia de Tecnología Química"; 3a Ed. en Español, vols. VI y IX, John Willey and Sons. Inc. Editorial Board, New York.
- 11.- Linares, C.; G.C., Nolasco; (1990). "Desarrollo e Implementación de un Proceso de Producción de Jabón en Forma Artesanal", Trabajo de Graduación Previa Opción al Título de Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador.
- 12.- Lund, H., (1993). "The McGraw-Hill Recycling Handbook" Primera Edición, Editorial McGraw-Hill, Inc. Estados Unidos.

- 13.- Mehlenbacher, V.C; (1979). "Análisis de Grasas y Aceites", Enciclopedia de la Química Industrial Tomo 6, Primera Edición Editorial Urmo, S.A. Bilbao, España.
- 14.- Miller, I; Freund, J.E.; (1980). "Probabilidad y Estadística para Ingenieros", Cuarta Edición; Editorial Reverté Mexicana, S.A., Mexico, D.F.
- 15.- (MSPAS), (1995) "Proyecto de Reactivación de Vigilancia y Control de Vertidos de Origen Doméstico e Industrial", Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de El Salvador. San Salvador, Mayo de 1995.
- 16.- OPS - CEPIS, (1991). "Manual de Disposición de Aguas Residuales Origen, Descarga, Tratamientos y Análisis de las Aguas Residuales" Publicado Por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), y la Organización Panamericana de la Salud, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Traducción de la Edición en Inglés. Lima, Perú.
- 17.- Potter, N.N; (1973). "La Ciencia de los Alimentos", Primera Edición EDUTEX, S.A., México.
- 18.- Química Hoechst, (1994-1995) Revistas Informativas trimestrales sobre Productos y Usos en el Proceso de Curtido. Alemania.

- 19.- Rhom & Hass, (1990-1995), Revistas Técnicas de Edición Trimestral, Artículos Relacionados con el Proceso del Curtido de Pieles. Philadelphia, USA.
- 20.- Sandoval, D., (1994). Entrevista Personal con el Encargado de la Producción de la Tenería El Búfalo. Santa Ana.
- 21.- Scansetti, V; (1949). "Manual del Fabricante de Jabones", 5ª Edición Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España.
- 22.- Segura, M., (1986), "Diseño Experimental Aplicado a la Ingeniería Química y Alimentos". Curso de Interciclo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela de Ingeniería Química. Universidad de El Salvador.
- 23.- UNEP/UNIDO, (1991). "Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes" Technical Report Series N°7. United Nation Enviroment Program/United Nation Industrial Development Organization. Francia/Austria.

## A N E X O S

## ANEXO A

### ANÁLISIS DE CONTENIDO DE GRASA EN EL DESECHO CARNAZA, HUMEDAD DE LA GRASA RECUPERADA, REPORTES DE LABORATORIOS Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUAS DE DESECHO.

- A.1. ANÁLISIS DE HUMEDAD PARA LAS MUESTRAS DE GRASA RECUPERADA.
- A.2. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE EXTRACCIÓN DE GRASA TEÓRICO.
- A.3. RESULTADOS DE LOS LABORATORIOS SOBRE ANÁLISIS PROXIMAL Y DBO.
- A.4. PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUAS DE DESECHO.

### A.1. ANALISIS DE HUMEDAD PARA LAS MUESTRAS DE GRASA RECUPERADA

El contenido de humedad de la grasa, puede determinarse por el método de destilación por arrastre con solvente usando xileno, tolueno o heptano que para el caso se realizó con xileno. De acuerdo al método Mehlenbacher, (1979) y aplicado por García y Ramírez (1994).

La prueba se realiza en un equipo especialmente diseñado para este fin, en el cual la grasa es removida de la muestra por destilación con cualquiera de los solventes antes indicados y los vapores tanto del agua como del solvente son recibidos en una trampa calibrada; donde el agua contenida en el solvente, ocupa la parte inferior.

#### a.- Material y Equipo.

- 1 Condensador de boca esmerilada 45/50 y de 40 cm de longitud.
- 1 Trampa calibrada de 10 ml boca esmerilada 45/50.
- 1 Balón de destilación de fondo plano de 250 ml con boca esmerilada.
- 1 Hot plate eléctrico o calentador de laboratorio.
- 2 mangueras

#### b.- Reactivos.

- 100 ml de xileno
- Solución limpiadora de Dicromato de Potasio - Acido Sulfúrico.

### c.- Procedimiento

#### 1.- Limpieza del Equipo

El equipo debe ser limpiado con una solución de Dicromato de Potasio - Acido Sulfúrico para disminuir la adherencia de pequeñas gotas de agua a las paredes del condensador y del colector y, después, lavarse a fondo y secarse antes de usarlo.

#### 2.- Procedimiento y Determinación de la Humedad.

Poner la muestra correspondiente (10 gramos) en el matraz de destilación, añadir por lo menos igual volumen del solvente pero nunca inferior a 100 ml y agitar para mezclar. Llenar el colector con el solvente. Se coloca 1 ml de agua dentro del colector y luego adaptar al condensador.

Calentar el matr az de forma que la destilación se verifique a unas 100 gotas por minuto. Cuando haya destilado la mayor parte de agua incrementar un poco la temperatura con la cual se incrementa la velocidad de destilación y continuar hasta que el nivel en el colector permanezca inalterado durante 30 min. Si hay gotas adheridas a las paredes del colector y condensador se lava ésta con unos 5 ml del solvente. Luego, el colector se sumerge en agua durante unos 15 minutos por lo menos, o hasta que se clarifique la capa de solvente y se lee entonces el volumen de agua.

#### d. Cálculos

El porcentaje de humedad está dado por la siguiente relación:

$$\% \text{ Humedad} = (b - 1) * 100 / p$$

Donde:

b = volumen total de agua leído

p = peso de la muestra

#### 2.- Resultados obtenidos.

Los resultados para la prueba de humedad a tres muestras evaluadas se presentan en la Tabla A1.

#### A.2. DETERMINACION DEL CONTENIDO TEORICO DE GRASA.

El contenido de grasa en materiales cárnicos, se determina por extracción del material libre de humedad (presecado) con un disolvente adecuado Mehlenbacher, (1979) y Aenlle, (1946).

#### a.- MATERIAL Y EQUIPO.

1 equipo tipo Butt o tipo Soxhlet con mangueras.

1 Hot Plate

#### b.- REACTIVOS.

125 ml de éter de petróleo

**b.- PROCEDIMIENTO.**

Secar 5.0 - 10 gramos de muestra durante 6 horas a unos 100°C, o durante 1,5 horas a 125°C. para el caso se usaron 10 gramos de muestra molidos lo más fino posible. Para la extracción se realizó en un aparato soxhlet en el cual se colocó la muestra seca y pulverizada envuelta especialmente para este tipo de extracciones en papel filtro Watman #42.

Al calentar el solvente, este se vaporiza hasta llegar al condensador del cual al volverse líquido gotea sobre la muestra hasta que cae suficiente solvente dentro del tubo de extracción, llenándose y regresando por gravedad al frasco arrastrando la grasa.

Una vez terminada la extracción, aproximadamente de 12 - 15 horas, se procede a la separación de la grasa destilando el solvente. El material graso queda en el frasco que anteriormente fué tarado, y por diferencia de peso se obtiene la cantidad de grasa extraída.

**c.- CALCULOS.**

El porcentaje de grasa se determina de la siguiente manera:

$$\% \text{ de grasa extraída} = a * 100 / w$$

Donde:

a = Cantidad de grasa extraída.

w = peso de la muestra.

Los resultados obtenidos para tres muestras evaluadas se resumen en la Tabla A2

Tabla A1 Determinación de humedad de la grasa residual obtenida del desecho carnaza.

|          | VOL. INICIAL AGUA | VOL. FINAL DE H2O | % HUMEDAD |
|----------|-------------------|-------------------|-----------|
| MUESTRA1 | 1                 | 1.26              | 2.6       |
| MUESTRA2 | 1                 | 1.22              | 2.2       |
| MUESTRA3 | 1                 | 1.30              | 3.0       |

$$\bar{X} = 2.6$$

$$S = 0.3266$$

$$\%CV = 12.5614$$

Tabla A2 Grasa obtenida por el método de extracción con solvente en muestra de carnaza.

|           | GRASA EXTRAIDA (gr) | % DE GRASA |
|-----------|---------------------|------------|
| MUESTRA 1 | 2.163               | 21.63      |
| MUESTRA 2 | 2.134               | 21.34      |
| MUESTRA 3 | 2.256               | 22.56      |

$$\bar{X} = 21.8433$$

$$S = 0.5204$$

$$\%CV = 2.3824$$

## A.3 REPORTES DE LABORATORIO, DEL ANALISIS PROXIMAL Y DBO.



## RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS

PARA : Señor  
 RIGOBERTO MONTALVO  
 DE : Lic. María Teresa Peña D. *M. Teresa Peña*  
 LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL  
 FUSADES  
 ASUNTO : Resultados de Análisis  
 FECHA : 22 de Marzo de 1995

Urb. y Blvd. Santa Elena,

Antiguo Cuscallán, \*\*\*\*\*

Estimado señor Montalvo:

El Salvador, C.A. Los resultados de los análisis realizados en una muestra de carne son los siguientes:

Apdo. Ptal. 01-278

HUESTRA : CARNE

## Análisis:

Tels.: (503) 78-9064,

78-9065, 78-3366;

Fax: (503) 78-3356

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Humedad (%)                   | 77.3          |
| Proteína (g/100 g muestra)    | 12.4          |
| Grasa (g/100g muestra húmeda) | 6.1           |
| Fibra cruda (g/100g muestra)  | No detectable |
| Ceniza (%)                    | 1.3           |
| Carbohidratos totales (%)     | 2.9           |

Atentamente,





*Universidad Centroamericana José Simeón Cañas*  
 Apartado Postal (01) 168 - Teléfono 273-4400, Fax 273-1010. Autopista Sur - San Salvador, El Salvador, C. A.

San Salvador, 13 de junio de 1995

Señor  
 Rigoberto Antonio Montalvo Figueroa  
 Presente.-

Estimado señor:

Por este medio le informo sobre los resultados obtenidos en análisis realizados en una muestra de CARNASA, por usted proporcionada a este laboratorio.

#### RESULTADOS

|                               |                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------|
| Humedad:                      | 79.30                                    |
| Ceniza:                       | 3.24 % base seca<br>0.67 % base húmeda   |
| Proteína:                     | 59.28 % base seca<br>12.27 % base húmeda |
| Extracto etéreo:              | 25.41 % base seca<br>5.26 % base húmeda  |
| Fibra cruda:                  | 0.48 % base seca<br>0.1 % base húmeda    |
| Carbohidratos por diferencia: | 2.5 %                                    |

Sin otro particular, me es grato saludarle

Atentamente,

Ing. José Gerardo Merino Martell  
 Laboratorio de Servicio de Química  
 Agrícola.-





## ESPINSA

ESPECIALIDADES INDUSTRIALES, S. A. de C. V.  
 TELEFONOS: 225-7753 . 226-1216 . 226-1900 FAX (503) 225-4350  
 CALLE GABRIELA MISTRAL 171, CODIGO POSTAL 01163  
 APARTADO POSTAL 1406  
 SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C. A.

San Salvador, 27 de Junio de 1995

Señor  
 RIGOBERTO MONTALVO  
 Presente

Estimado Sr. Montalvo:

Por medio de la presente le estamos informando los Resultados de Análisis Químico efectuado a muestra de agua, según detalle:

RESULTADOS ANALISIS QUIMICO  
 TIPO DE MUESTRA: DESECHO DE TENERIA  
 FECHA TOMA DE MUESTRA: 22-06-95

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO: 3720 ppm

Atentamente,  
 ESPECIALIDADES INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.



*Victor Manuel Segura*  
 Lic. Victor Manuel Segura L.  
 Laboratorio Químico  
 Investigación y Desarrollo

VMS/ajm



## ESPINSA

ESPECIALIDADES INDUSTRIALES, S. A. DE C. V.  
 TELEFONOS: 225-7753 - 226-1216 - 226-1900 FAX (503) 225-4350  
 CALLE GABRIELA MISTRAL 171, CODIGO POSTAL 01163  
 APARTADO POSTAL 1406  
 SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C. A.

San Salvador. 7 de Marzo de 1995

Señores  
 RIGOBERTO MONTALVO  
 Presente.

Estimado Sr. Montalvo:

Por este medio le estamos informando los resultados de Análisis Químico de muestra de agua residual, según detalle:

RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO  
 TIPO DE MUESTRA: AGUA RESIDUAL  
 PROYECTO CARNAZA  
 FECHA DE MUESTRA: 10-03-95

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (ppm) | 3960 |
|-------------------------------------|------|

agradeciendo la atención prestada a la presente, nos despedimos de ustedes,

Atentamente,  
 ESPECIALIDADES INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.



*Victor Manuel Segura L.*  
 Lic. Victor Manuel Segura L.  
 Laboratorio Químico  
 Investigación y Desarrollo

**A.4. PARAMETROS DE CALIDAD FISICOQUIMICOS PARA AGUAS DE DESECHO.**

**Tabla A3 Parámetros de calidad fisicoquímicos normalizados para aguas residuales.**

| PARAMETRO                 | NORMA (VALOR MAXIMO) |
|---------------------------|----------------------|
| pH                        | 5 - 9                |
| TEMPERATURA               | 30 - 50              |
| DBO <sub>5</sub> (ppm)    | 30                   |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS (ppm) | 60                   |
| SOLIDOS TOTALES (ppm)     | 500                  |
| OLOR                      | AUSENTE              |
| MATERIAL FLOTANTE         | AUSENTE              |

MSPAS (1995). APHA 17a Edición.

## ANEXO B

### PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS DE LA EVALUACION FISICOQUIMICA DE LA GRASA RESIDUAL.

- B.1. DETERMINACION DEL INDICE DE SAPONIFICACION
- B.2. DETERMINACION DEL INDICE DE YODO
- B.3. DETERMINACION DEL INDICE DE ACIDEZ
- B.4. DETERMINACION DEL INDICE DE REFRACCION.
- B.5. DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA.
- B.6. DETERMINACION DEL COLOR

### B.1. DETERMINACION DEL INDICE DE SAPONIFICACION

El cálculo se realiza de acuerdo a la siguiente relación (Fisher y Hart, 1971 y Mehienbacher, 1979):

$$\text{INDICE DE SAPONIFICACION} = (a-b) * 28.05 / w$$

donde: a = ml de titulante gastados con la muestra.

b = ml de titulante gastados con el blanco.

w = peso de la muestra, 2 gramos.

Para las determinaciones realizadas se tiene que :

Normalidad de la solución titulante de ácido clorhídrico= 0.50017N

Cantidad de muestra utilizada en el análisis = 2 gramos

#### EJEMPLO DE CALCULO

ml de titulante gastados con la muestra = 17.1 ml

ml de titulante gastados en la corrida en blanco = 30.61

entonces:

$$\text{INDICE DE SAPONIFICACION} = (30.61 - 17.1) * 28.05 / 2$$

$$\text{INDICE DE SAPONIFICACION} = 189.478 \text{ mg KOH/g}$$

Los resultados de las evaluaciones del índice de saponificación se presentan en las Tablas B1 a B3.

TABLA B1. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de saponificación para la primera muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                  |                                        | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                  |                                        |
|--------|----------------|------------------|----------------------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------------|
|        | ml HCL         | ml HCL<br>BLANCO | INDICE DE SAPONIFICACION<br>(mg KOH/g) | ml HCL                    | ml HCL<br>BLANCO | INDICE DE SAPONIFICACION<br>(mg KOH/g) |
| X1     | 17.1           | 30.61            | 189.4778                               | 17.81                     | 30.82            | 182.4652                               |
| X2     | 16.78          |                  | 193.9658                               | 17.30                     |                  | 189.6180                               |
| X3     | 16.93          |                  | 191.8620                               | 17.43                     |                  | 187.7948                               |

Tabla B2. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de saponificación para la segunda muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                  |                                        | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                  |                                        |
|--------|----------------|------------------|----------------------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------------|
|        | ml HCL         | ml HCL<br>BLANCO | INDICE DE SAPONIFICACION<br>(mg KOH/g) | ml HCL                    | ml HCL<br>BLANCO | INDICE DE SAPONIFICACION<br>(mg KOH/g) |
| X1     | 15.46          | 29.63            | 198.7343                               | 15.67                     | 30.82            | 201.6765                               |
| X2     | 15.62          |                  | 196.4903                               | 16.23                     |                  | 193.8255                               |
| X3     | 15.75          |                  | 194.6670                               | 16.81                     |                  | 185.9900                               |

Tabla B3. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de saponificación para la tercera muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                  |                                        | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                  |                                        |
|--------|----------------|------------------|----------------------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------------|
|        | ml HCL         | ml HCL<br>BLANCO | INDICE DE SAPONIFICACION<br>(mg KOH/g) | ml HCL                    | ml HCL<br>BLANCO | INDICE DE SAPONIFICACION<br>(mg KOH/g) |
| X1     | 15.63          | 29.84            | 199.2953                               | 17.12                     | 30.96            | 194.1060                               |
| X2     | 15.77          |                  | 197.4720                               | 17.22                     |                  | 192.7035                               |
| X3     | 15.72          |                  | 198.0330                               | 17.15                     |                  | 193.6853                               |

**B.2.DETERMINACION DEL INDICE DE YODO**

El cálculo del índice de yodo obedece a la siguiente relación (Fisher y Hart, 1971 y Mehlenbacher, 1979):

$$\text{INDICE DE YODO} = (B - M) * N * 12.69 / \text{PESO DE LA MUESTRA}$$

DONDE : B = ml de titulante gastado para el blanco.

M = ml de titulante gastado para la muestra.

N = Normalidad del titulante (Tiosulfato de sodio).

Trabajando con las siguientes condiciones:

Normalidad del tiosulfato de sodio = 0.1026.

Peso de la muestra = 0.5 gramos

Para el primer análisis realizado se obtuvo :

ml de titulante para la corrida en blanco = 48.78

ml de titulante para la muestra = 56.62

$$\text{INDICE DE YODO} = (48.78 - 36.62) * 0.1026 * 12.69 / 0.5$$

$$\text{INDICE DE YODO} = 31.6645 \text{ g I/100g}$$

Los resultados obtenidos para las diferentes muestras evaluadas se muestran en las Tablas de B4 a B6.

Tabla B4. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de yodo para la primera muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                   |                            | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                   |                            |
|--------|----------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|
|        | ml TITULANTE   | ml TIT.<br>BLANCO | INDICE DE YODO<br>g I/100g | ml TITULANTE              | ml TIT.<br>BLANCO | INDICE DE YODO<br>g I/100g |
| X1     | 36.62          | 48.78             | 31.6645                    | 36.45                     | 48.27             | 30.7791                    |
| X2     | 37.83          |                   | 28.5137                    | 36.52                     |                   | 30.5969                    |
| X3     | 37.25          |                   | 30.0240                    | 36.81                     |                   | 29.8417                    |

Tabla B5. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de yodo para la segunda muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                   |                            | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                   |                            |
|--------|----------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|
|        | ml TITULANTE   | ml TIT.<br>BLANCO | INDICE DE YODO<br>g I/100g | ml TITULANTE              | ml TIT.<br>BLANCO | INDICE DE YODO<br>g I/100g |
| X1     | 56.38          | 69.08             | 33.0706                    | 52.26                     | 63.77             | 27.9719                    |
| X2     | 55.54          |                   | 32.6540                    | 53.07                     |                   | 27.8627                    |
| X3     | 56.815         |                   | 31.9509                    | 52.71                     |                   | 28.8001                    |

Tabla B6. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de yodo para la tercera muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                   |                            | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                   |                            |
|--------|----------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|
|        | ml TITULANTE   | ml TIT.<br>BLANCO | INDICE DE YODO<br>g I/100g | ml TITULANTE              | ml TIT.<br>BLANCO | INDICE DE YODO<br>g I/100g |
| X1     | 35.27          | 49.24             | 36.3777                    | 34.91                     | 47.21             | 32.0290                    |
| X2     | 35.75          |                   | 35.1278                    | 34.83                     |                   | 32.2374                    |
| X3     | 36.31          |                   | 33.6696                    | 34.85                     |                   | 32.1853                    |

### B.3. DETERMINACION DEL INDICE DE ACIDEZ

El cálculo se realiza de acuerdo a la siguiente relación (Fisher y Hart, 1971 y Mehlenbacher, 1979):

Primero se realiza el cálculo del porcentaje de ácidos grasos libres (%AGL):

$$\%AGL = V_t * N * 28.2 / w$$

Donde:

$V_t$  = Volúmen de titulante gastado.

$N$  = Normalidad del titulante.

$w$  = Peso de la muestra.

El índice de acidez se calcula con la fórmula:

$$\text{INDICE DE ACIDEZ} = \%AGL * 1.99$$

Un ejemplo de cálculo para el resultado del primer análisis es:

Normalidad del titulante (Hidróxido de sodio) = 0.1087

Peso de la muestra = 2.5 gramos

Volúmen de titulante gastado = 1.83 ml

asi:

$$\%AGL = 1.83 * 0.1087 * 28.2 / 2.5$$

$$\%AGL = 2.2438$$

$$\text{INDICE DE ACIDEZ} = 2.2438 * 1.99 \text{ mgKOH/g}$$

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras se resumen en las Tablas B7 a B9:

Tabla B7. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de acidez para la primera muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                  |                              | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                  |                              |
|--------|----------------|------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|------------------------------|
|        | ml NaOH        | % AGL.<br>OLEICO | INDICE DE ACIDEZ<br>mg KOH/g | ml NaOH                   | % AGL.<br>OLEICO | INDICE DE ACIDEZ<br>mg KOH/g |
| X1     | 1.83           | 2.2438           | 4.4652                       | 1.94                      | 2.3909           | 4.7580                       |
| X2     | 1.92           | 2.3542           | 4.6848                       | 1.90                      | 3.3296           | 4.6360                       |
| X3     | 1.85           | 2.2683           | 4.5140                       | 1.88                      | 2.3051           | 4.5872                       |

Tabla B8. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de acidez para la segunda muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                  |                              | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                  |                              |
|--------|----------------|------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|------------------------------|
|        | ml NaOH        | % AGL.<br>OLEICO | INDICE DE ACIDEZ<br>mg KOH/g | ml NaOH                   | % AGL.<br>OLEICO | INDICE DE ACIDEZ<br>mg KOH/g |
| X1     | 2.26           | 2.7711           | 5.5144                       | 2.30                      | 2.8201           | 5.6120                       |
| X2     | 1.98           | 2.4277           | 4.8312                       | 2.42                      | 2.9672           | 5.9048                       |
| X3     | 2.04           | 2.5013           | 4.9776                       | 2.28                      | 2.7955           | 5.1252                       |

Tabla B9. Resultados obtenidos de la evaluación del índice de acidez para la tercera muestra de grasa recuperada.

| PRUEBA | MUESTRA FRESCA |                  |                              | MUESTRA FRESCA ALMACENADA |                  |                              |
|--------|----------------|------------------|------------------------------|---------------------------|------------------|------------------------------|
|        | ml NaOH        | % AGL.<br>OLEICO | INDICE DE ACIDEZ<br>mg KOH/g | ml NaOH                   | % AGL.<br>OLEICO | INDICE DE ACIDEZ<br>mg KOH/g |
| X1     | 1.88           | 2.3051           | 4.5872                       | 1.82                      | 2.2316           | 4.4408                       |
| X3     | 1.79           | 2.1948           | 4.3676                       | 1.93                      | 2.3864           | 4.7092                       |
| X3     | 1.86           | 2.2806           | 4.5384                       | 2.24                      | 2.7465           | 5.4656                       |

#### B.4. INDICE DE REFRACCION.

Esta propiedad se evaluó por medio de un refractómetro ABBE (Mehlenbacher, 1979). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla B10.

#### B.5. GRAVEDAD ESPECIFICA

La gravedad y el peso específico de las grasas y aceites, varía con el peso molecular y la no saturación. Para la determinación de esta propiedad se empleó un frasco volumétrico de 10 ml tarado el cual se llenó hasta la marca con grasa líquida y se pesó encontrando la densidad por la relación:

$$G.E = p / V$$

donde :

G.E = Gravedad Específica.

p = peso

V = volumen 10 ml

Los resultados obtenidos se reportan en la Tabla B11.

#### B.6. COLOR

El color característico de la mayor parte de las grasas y de los aceites es, predominantemente, una mezcla de amarillo y rojo, y

se debe en primer lugar, a la presencia de pigmentos del tipo carotenoide. No obstante, son frecuentes otras tonalidades, incluyendo el azul, verde y castaño (Mehlenbacher, 1979).

La mayor parte de los métodos existentes se basan en la comparación de la muestra con un tipo arbitrario o con una serie de tipos de matices e intensidades variables. Tales métodos permiten la asignación de valores numéricos que tienen un significado relativo, pero no proporcionan una adecuada descripción del color. En la Tabla B13 se muestran diferentes métodos para la medición del color. Empleándose para en este trabajo el método de Gardner. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla B12.

Tabla B10. Resultados de la evaluación del índice de refracción a la grasa residual recuperada del desecho carnaza de las tenerías.

| MUESTRAS  | INDICE DE REFRACCION |                           |
|-----------|----------------------|---------------------------|
|           | MJESTRA FRESCA       | MJESTRA FRESCA ALMACENADA |
| MJESTRA 1 | 1.4541               | 1.4550                    |
| MJESTRA 2 | 1.4548               | 1.4554                    |
| MJESTRA 3 | 1.4546               | 1.4562                    |
| PROMEDIO  | 1.4545               | 1.4555                    |

Tabla B11. Resultados de la evaluación de la Gravedad Específica a la grasa residual obtenida del desecho carnaza tenerias.

| MUESTRAS  | GRAVEDAD ESPECIFICA |                           |
|-----------|---------------------|---------------------------|
|           | MJESTRA FRESCA      | MJESTRA FRESCA ALMACENADA |
| MJESTRA 1 | 0.9002              | 0.9041                    |
| MJESTRA 2 | 0.9090              | 0.9097                    |
| MJESTRA 3 | 0.9053              | 0.9061                    |
| X         | 0.9048              | 0.9066                    |

Tabla B12 Valores obtenidos para la evaluación del Color.

| MUESTRA   | EVALUACION DE COLOR |
|-----------|---------------------|
| MJESTRA 1 | 12 - 13             |
| MJESTRA 2 | 12 - 13             |
| MJESTRA 3 | 12 - 13             |

NOTA: No se percibió ninguna diferencia de la muestra fresca y la almacenada.

Tabla B13. Métodos empleados para la medición del color de las grasas, aceites y productos afines.

| METODO      | TIPO DE COLOR                                                           | CAMPO DE USO                                  |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Lovibond    | Vidrios coloreados, rojo, amarillo y azul con el tintómetro Lovibond.   | Diversos, incluyendo grasas, aceites y otros. |
| Wesson      | Vidrios coloreados tipificados a un patrón definido.                    | Grasas y Aceites.                             |
| Fotométrico | Mediciones espectrales.                                                 | Grasas y Aceites.                             |
| Hellige     | Vidrios coloreados montados en un bastidor circular.                    | Líquidos diversos                             |
| Du Pont     | Vidrios coloreados.                                                     | Varios usos.                                  |
| Gardner     | Soluciones coloreadas a partir de cloruro férrico y cloruro de cobalto. | Diversos, incluyendo aceites secantes.        |
| Unión       | Diversos patrones de vidrio                                             | Productos de Petróleo.                        |

Mehlenbacher (1976).

## ANEXO C

### CONSTANTES FISICOQUIMICAS PARA GRASAS Y ACEITES. (OBTENIDOS BIBLIOGRAFICAMENTE)

- C.1. : Scansetti, 1949.
- C.2. : Kirk, 1978.
- C.3. : Aenlle, 1949.
- C.4. : Linares y Nolasco, 1990.

Para las tablas siguientes se utilizará la nomenclatura :

G.E : Gravedad Especifica.

I.S : Indice de Saponificación (mg KOH/g).

I.Y : Indice de Yodo (g I/100g).

I.A : Indice de Acidez (mg KOH/g).

I.R : Indice de Refracción.

Tabla C1. Valores fisicoquímicos de grasas de diferentes fuentes.

| GRASA      | G.E.          | I.S.      | I.Y.    | I.R.   |
|------------|---------------|-----------|---------|--------|
| DE BUEY    | 0.943 - 0.952 | 193 - 200 | 38 - 46 | 1.4375 |
| DE CARNERO | 0.937 - 0.953 | 192 - 195 | 35 - 46 | 1.4374 |
| DE CABALLO | 0.9189        | 195 - 197 | 71 - 86 | -      |
| CERDO      | 0.934 - 0.938 | 195.4     | 50 - 70 | -      |

Ecanselli (1969).

Tabla C2. Valores físicoquímicos de la grasa de diferentes fuentes.

| GRASA   | I.Y. | I.S. | I.A       |
|---------|------|------|-----------|
| VACA    | 32.9 | 237  | 2.1 - 5.7 |
| BUEY    | 44.7 | 196  | 1.8 - 2.4 |
| CABRA   | 33.5 | 199  | -         |
| CARNERO | 41.2 | 197  | 4.3       |

Kirk (1978).

Tabla C3. Valores fisicoquímicas de la grasa de diferentes fuentes.

| GRASA       | I.S.      | I.A.      | I.Y.        | G.E.   |
|-------------|-----------|-----------|-------------|--------|
| CABALLO     | 195 - 204 | 2 - 14    | 71.4 - 86.3 | 0.9135 |
| CERDO       | 193 - 215 | 2.7 - 9.7 | 46 - 66     | 0.9230 |
| BUEY        | 190 - 200 | 2.7 - 8.6 | 32 - 47     | 0.937  |
| PIE DE BUEY | 191 - 196 | 8 - 13    | 57 - 72     | 0.914  |
| CARNERO     | 192 - 198 | -         | 31 - 46     | 0.937  |

Aenlle (1946).

Tabla C4. Propiedades fisicoquímicas para sebo animal con uso en la elaboración de Jabón. (NORMA IS:887; 1977)

| PROPIEDAD                           | VALOR     |
|-------------------------------------|-----------|
| INDICE DE SAPONIFICACION (mg KOH/g) | 192 - 202 |
| INDICE DE YODO (g I/100g)           | 28 - 40   |
| INDICE DE ACIDEZ (mg KOH/g)         | 2 - 10    |
| HUMEDAD (%)                         | 1 - 5%    |
| COLOR                               | 13 - 15   |

FUENTE: Cea y Nolásco (1990).

## ANEXO D.

### ANALISIS ESTADISTICO DE LAS RESPUESTAS OBTENIDAS DE LA VALORACION FISICOQUIMICA DE LA GRASA Y DE LA ESCALA HEDONICA APLICADA A LA EVALUACION SENSORIAL DE LOS JABONES.

- D.1. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS DEL  
ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA GRASA  
RESIDUAL.
- D.2. ENCUESTA PARA LA CAPTURA DE RESPUESTAS
- D.3. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS  
POR LOS PANELISTAS.

D.1. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS DEL ANALISIS  
FISICOQUIMICO DE LA GRASA RESIDUAL.

PRUEVA DE "t". Segura (1986).

Método estadístico de análisis de medias: "Comparación de las Poblaciones, Resultado de Réplicas Obtenidas por un Mismo Analista". El análisis se realizó partiendo de la fila de media arimética de los resultados obtenidos del triplicado para cada muestra de la evaluación fisicoquímica (Tablas 6, 7 y 8).

Hipótesis Nula (Ho) : Las medias aritméticas de los valores  
obtenidos del análisis son iguales.

$$X_1 = X_2$$

Hipótesis Alternativa (Ha) : Las medias aritméticas son diferentes.

$$X_1 \neq X_2$$

Nomenclatura usada:

n: número total de observaciones.

$X_n$  : media aritmética global por parámetro (media de medias).

SSx : desviación típica para cada población a ser analizada.

S : desviación típica de poblaciones.

tc : valor crítico calculado.

t<sub>c</sub> : valor crítico de varianza para la tolerancia permitida (de  
Tablas).

donde las relaciones estadísticas empleadas son las siguientes:

$$\bar{X}_n = \sum X_i / n \quad (\text{el subíndice } n \text{ puede ser } 1 \text{ ó } 2)$$

$$SSX^2 = \sum X_i^2 - ((\sum X_i)^2 / n)$$

$$S = (SS_1 + SS_2 + \dots + SS_n / (n_1-1) + (n_2-1) + \dots + (n_x-1))^{1/2}$$

$$t_c = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_n / S) * \sqrt{n}$$

$t_c$  se calcula por medio de la Tabla de distribución "t". Segura (1986) para un df de  $n-1=2$ .

## D2 ENCUESTA EVALUATIVA DE JABONES

TRABAJO DE GRADUACION." RECUPERACION DE GRASAS RESIDUALES DE TENERIAS Y SU USO INDUSTRIAL (PARTE 2)".

OBJETIVO: EVALUAR LA ACEPTABILIDAD DE UN JABON ELABORADO CON GRASA RESIDUAL OBTENIDA DE TENERIAS.

Junto con esta encuesta se le entregaran dos jabones, uno verde y otro amarillo, para ambos se le pide que haga prueba de lavado y luego marque con una "X" la calificación que mejor corresponda a las propiedades resumidas en la tabla D1 de captura de datos.

TABLA D1 CALIFICACION DE LOS JABONES EVALUADOS EN BASE A PROPIEDADES SENSORIALES DE ACEPTABILIDAD.

| JABON VERDE    |                           |  | JABON AMARILLO |                           |  |
|----------------|---------------------------|--|----------------|---------------------------|--|
| PROPIEDAD      | CALIFICACION              |  | PROPIEDAD      | CALIFICACION              |  |
| COLOR          | EXCELENTE                 |  | COLOR          | EXCELENTE                 |  |
|                | MUY BUENO                 |  |                | MUY BUENO                 |  |
|                | BUENO                     |  |                | BUENO                     |  |
|                | INACEPTABLE               |  |                | INACEPTABLE               |  |
|                | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |                | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |
| TEXTURA        | EXCELENTE                 |  | TEXTUEA        | EXCELENTE                 |  |
|                | MUY BUENO                 |  |                | MUY BUENO                 |  |
|                | BUENO                     |  |                | BUENO                     |  |
|                | INACEPTABLE               |  |                | INACEPTABLE               |  |
|                | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |                | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |
| OLOR DEL JABON | EXCELENTE                 |  | OLOR DEL JABON | EXCELENTE                 |  |
|                | MUY BUENO                 |  |                | MUY BUENO                 |  |
|                | BUENO                     |  |                | BUENO                     |  |
|                | INACEPTABLE               |  |                | INACEPTABLE               |  |
|                | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |                | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |

TABLA DI CALIFICACION DE LOS JABONES EVALUADOS EN BASE A PROPIEDADES SENSORIALES DE ACEPTABILIDAD (CONTINUACION).

| JABON AZUL                 |                           |  | JABON AMARILLO             |                           |  |
|----------------------------|---------------------------|--|----------------------------|---------------------------|--|
| PROPIEDAD                  | CALIFICACION              |  | PROPIEDAD                  | CALIFICACION              |  |
| OLOR DE LA ROPA            | MUY AGRADABLE             |  | OLOR DE LA ROPA            | MUY AGRADABLE             |  |
|                            | AGRADABLE                 |  |                            | AGRADABLE                 |  |
|                            | POCO AGRADABLE            |  |                            | POCO AGRADABLE            |  |
|                            | NO AGRADABLE              |  |                            | NO AGRADABLE              |  |
|                            | NADA AGRADABLE            |  |                            | NADA AGRADABLE            |  |
| PODER LIMPIADOR            | EXCELENTE                 |  | PODER LIMPIADOR            | EXCELENTE                 |  |
|                            | MUY BUENO                 |  |                            | MUY BUENO                 |  |
|                            | BUENO                     |  |                            | BUENO                     |  |
|                            | INACEPTABLE               |  |                            | INACEPTABLE               |  |
|                            | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |                            | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |
| IRRITABILIDAD EN LAS MANOS | NO IRRITA NADA            |  | IRRITABILIDAD EN LAS MANOS | NO IRRITA NADA            |  |
|                            | NO IRRITA                 |  |                            | NO IRRITA                 |  |
|                            | NO DETECTABLE             |  |                            | NO DETECTABLE             |  |
|                            | IRRITA POCO               |  |                            | IRRITA POCO               |  |
|                            | DEMASIADO IRRITANTE       |  |                            | DEMASIADO IRRITANTE       |  |
| RENDIMIENTO                | EXCELENTE                 |  | RENDIMIENTO                | EXCELENTE                 |  |
|                            | MUY BUENO                 |  |                            | MUY BUENO                 |  |
|                            | BUENO                     |  |                            | BUENO                     |  |
|                            | INACEPTABLE               |  |                            | INACEPTABLE               |  |
|                            | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |                            | COMPLETAMENTE INACEPTABLE |  |

COMENTARIOS \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### D.3. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS POR ESCALA HEDONICA.

Es importante el planteamiento de hipótesis las cuales se rechazan o aceptan, de acuerdo a los resultados de la evaluación estadística aplicada, así se tiene que :

**Hipótesis Nula ( $H_0$ ) :** No existe diferencia estadística significativa entre los resultados obtenidos para la característica evaluada.

**Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ) :** Un tipo de jabón es diferente de acuerdo a la característica evaluada.

El cuadro de captura de resultados para la evaluación por escala Hedónica es el que se muestra en la Tabla E1. La nomenclatura empleada es la siguiente:

**V:** Valor numérico de la escala hedónica correspondiente a cada respuesta obtenida.

**$T_x$  :** La frecuencia, o número de respuestas obtenidas de la escala hedónica para el tipo de jabón  $x$ . Donde  $x$  varía entre 1 y 2 de acuerdo a los dos tipos evaluados.

**$VT_x$  :** Valor numérico multiplicado por la correspondiente respuesta.

**$V^2T_x$  :** Valor numérico al cuadrado, multiplicado por la respuesta correspondiente.

**$n$  :** Total de respuestas.

$\Sigma x$  : Suma total de valores numéricos,  $\Sigma x = VF_1 + VF_2$

$\Sigma x^2$  : Suma total de cuadrados,  $\Sigma x^2 = V^2F_1 + V^2F_2$

Tabla N°El Cuadro de evaluación estadística de los resultados obtenidos de la Escala Hedónica.

| ESCALA HEDONICA              | V  | TIPO 1         |                 |                               | TIPO 2         |                 |                               |
|------------------------------|----|----------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------------|
|                              |    | T <sub>1</sub> | VT <sub>1</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> | VT <sub>2</sub> | V <sup>2</sup> T <sub>2</sub> |
| EXCELENTE                    | +2 |                |                 |                               |                |                 |                               |
| MUY BUENO                    | +1 |                |                 |                               |                |                 |                               |
| BUENO                        | 0  |                |                 |                               |                |                 |                               |
| INACEPTABLE                  | -1 |                |                 |                               |                |                 |                               |
| COMPLETAMENTE<br>INACEPTABLE | -2 |                |                 |                               |                |                 |                               |
| $\Sigma$                     |    |                |                 |                               |                |                 |                               |

Ejemplo de cálculos estadísticos de análisis de varianza en base a la característica de color:

n: total de respuestas 42.

$\Sigma x$  : suma total de valores numéricos  $\Sigma x=33$

$\Sigma x^2$  : suma total  $\Sigma x^2 = 41$ .

FC: Factor de corrección para la suma total de cuadrados, donde :

$$FC = (\Sigma x)^2 / n = (33)^2 / 42 = 25.93$$

$$\text{VARIANZA TOTAL (VT)} = \Sigma X^2 - FC = 41 - 25.93 = 15.02$$

$$\begin{aligned} \text{VARIANZA POR TIPO DE JABON (VTJ)} &= (\Sigma X_1)^2/n_1 + (\Sigma X_2)^2/n_2 \\ &= (19)^2/21 + (14)^2/21 \\ &= 0.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VARIACION RESIDUAL (VR)} &= VT - VTJ \\ &= 15.02 - 0.59 \\ &= 14.43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GRADOS DE LIBERTAD DE EVALUACION (GLE)} &= \# \text{ DE MUESTRAS} - 1 \\ &= 2 - 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VARIANZA MEDIA DE TIPOS DE JABON (VTM)} &= VTJ / GLE \\ &= 0.59 / 1 = 0.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GRADOS DE LIBERTAD TOTALES (GLT)} &= n_1 + n_2 - 1 \\ &= 21 + 21 - 1 \\ &= 41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GRADOS DE LIBERTAD EN TERMINOS RESIDUALES (GLR)} &= GLT - GLE \\ &= 41 - 1 \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VARIANZA MEDIA RESIDUAL DE LOS TIPOS DE JABON (VMRT)} &= VR / GLR \\ &= 14.43 / 40 \\ &= 0.3608 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RADIO DE VARIANZA (Fc)} &= \text{VMT} / \text{VMRT} \\ &= 0.59 / 0.3608 \\ &= 1.6353 \end{aligned}$$

El valor Ft se calcula por medio de la Tabla estadística de la distribución t para un nivel de confianza del 10%, y para 40 grados de libertad se obtiene un valor de Ft = 2.44.

Resultados de los cuales se generó el cuadro de análisis de varianza de la Figura N°E2:

Tabla N°E2 Cuadro de análisis de varianza para los resultados de aceptabilidad de color de los tipos de jabones evaluados.

| ORIGEN DE VARIANZA | GRADOS DE LIBERTAD (n-1) | VARIANZA | VARIANZA MEDIA | FC     | Ft 90% |
|--------------------|--------------------------|----------|----------------|--------|--------|
| TOTAL              | 41                       | 15.02    |                |        |        |
| TIPO DE JABON      | 2                        | 0.59     | 0.59           | 1.6353 | 2.44   |
| TIPO RESIDUAL      | 40                       | 14.43    | 0.3608         |        |        |

De la Tabla N°E2 se obtiene el resumen de resultados estadísticos útiles, para determinar la diferencia mínima significativa de los resultados, de donde se tiene que si  $F_c < F_t$  se tiene que no hay diferencia estadística entre los resultados de la evaluación, caso contrario que si hay diferencia significativa, se hace necesario el cálculo de la diferencia mínima significativa (DMS).

## ANEXO E

### ANALISIS DE CALIDAD DEL JABON ELABORADO

E.1. DETERMINACION DE LA ALCALINIDAD LIBRE EN JABON.

E.2. ANALISIS DE HUMEDAD EN JABON.

**E.1 DETERMINACION DE LA ALCALINIDAD LIBRE EN JABÓN.****a.- Reactivos.**

- Acido clorhídrico 1 N.
- Solución indicadora de fenolftaleína, 0.1%.
- Isopropanol.

**b.- Equipo requerido.**

- Una cocina eléctrica de una hornilla.
- Un frasco de vidrio pyrex de 200 ml de capacidad.
- Balanza granataria; precisión de 1/10 de g.
- Bureta o pipeta; capacidad de 2 ml.

**c.- Procedimiento.**

- Pesar 4 g de jabón desmenuzado, en el frasco de vidrio.
- Agregar unos 80 ml de isopropanol y calentar hasta que se haya disuelto el jabón.
- Añadir 5 gotas de fenolftaleína. Titular con el Acido clorhídrico hasta que el color rojo haya desaparecido.

**d.- Cálculos.**

$$\% \text{ alcalinidad libre} = V \text{ como NaOH}$$

Donde: V = Volumen en ml de ácido clorhídrico 1 N gastado en la titulación.

## E.2. ANALISIS DE HUMEDAD EN JABON.

### a.- Equipo Necesario.

- Balanza granataria; precisión de 1/10 de g.
- Lámpara infraroja, con pedestal.
- Depósito de lámina galvanizada, cuadrado, de 5 cm de ancho, 5cm de largo y 1.5 cm de alto.

### b.- Procedimiento

- Pesar el depósito de lámina seco.
- Pesar 10 g de jabón desmenuzado en el depósito.
- Colocar bajo la lámpara encendida, y después de 1/2 hora pesar de nuevo.

### c.- Cálculos

$$\% \text{ de humedad} = (W' - W) * 10$$

Donde:

W' = Peso del depósito metálico más el jabón antes de secado.

W = Peso del depósito más el jabón después

Los resultados obtenidos de la evaluación química del jabón son los siguientes se muestran en la Tabla E1:

Tabla E1. Alcalinidad libre y humedad en el jabón elaborado.

| MUESTRA   | JABON VERDE |         | JABON AMARILLO |         |
|-----------|-------------|---------|----------------|---------|
|           | ALCALINIDAD | HUMEDAD | ALCALINIDAD    | HUMEDAD |
| MUESTRA 1 | 0.95        | 33.70   | 0.85           | 34.2    |
| MUESTRA 2 | 0.88        | 33.98   | 0.90           | 35.0    |
| MUESTRA 3 | 0.99        | 34.10   | 0.93           | 34.5    |
| PROMEDIO  | 0.94        | 33.93   | 0.89           | 34.57   |