

Annabella Cofino Molina.

"REFORMULACION Y ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACION  
DE UNA EMULSION ACEITE EN AGUA"

Te  
UVF  
Ing. Qui  
@68m  
1985

"REFORMULACION Y ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACION  
DE UNA EMULSION ACEITE EN AGUA"

Por Annabella Cofino Molina

MODELO DE TRABAJO PROFESIONAL

Universidad del Valle de Guatemala  
Facultad de Ciencias y Humanidades  
Departamento de Ingeniería Química .

1985

ESTE TRABAJO FUE ELABORADO POR EL AUTOR PARA OBTENER

EL GRADO DE:

Licenciatura en Ingeniería Química

ASESOR DEL TRABAJO:

Ingeniero Luis Pedro Cruz M.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Apartado Postal No. 82

Guatemala, Guatemala, C. A.

692563  
TELEFONOS: 692776  
692827

22 de octubre de 1984

Ingeniero  
Luis Pedro Cruz  
Presente

Estimado Ingeniero Cruz:

Tengo el agrado de informar a usted que el Consejo Directivo de la Universidad acordó nombrarlo asesor de la estudiante Anabella Cofiño Molina, en la elaboración de su trabajo de graduación.

La señorita Cofiño propuso el tema "Reformulación y estudio del proceso de fabricación de una emulsión aceite-en-agua en Fábrica La Luz, S. A." para el trabajo con el cual opta al grado de Licenciada en Ingeniería Química.

Muchas gracias por su colaboración.

  
J. Daniel Contreras  
Secretario



ommo.-  
CC-1072  
c.c./Estudiante


Guatemala, 20 de Septiembre 1985.

Lic. Daniel Contreras  
Universidad del Valle de Guatemala  
Guatemala.

Lic. Contreras:

Por este medio me es grato comunicarle que he supervisado el trabajo de la Srta. Anabella Cofiño Molina, y revisado el trabajo de graduación denominado "Reformulación y estudio del proceso de fabricación de una emulsión aceite en agua", para optar al grado de Licenciada en Ingeniería Química, y considero que técnicamente llena los requisitos, por lo cual doy mi aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, me suscribo atentamente.



Ing. Luis Pedro Cruz Martínez  
Colegiado No. 233

*Luis Pedro Cruz Martínez*  
Colegiado No. 233

DEDICATORIA

A MI MADRE:

Ileana Molina de Cofiño,  
por su motivación.

A MIS HERMANDOS:

Beatriz Cofiño Molina  
Carolina Cofiño Molina,  
por su espontánea y muy  
valiosa ayuda.

Ernesto Cofiño Molina  
Ileana Cofiño de Sales  
Isabel Cofiño de Cordón,  
por su confianza.

A MI ABUELA:

Carmen Girón de Molina,  
por su cariño.

A MI TIO:

Guillermo Evertsz Monge,  
por su colaboración especial.

A FABRICA LA LUZ:

por la oportunidad de llevar  
a cabo mi trabajo en la empresa.

## TABLA DE CONTENIDO

	página
I. INTRODUCCION .....	5
II. ANTECEDENTES .....	8
A. Aspectos Generales .....	8
1. Microemulsión .....	8
2. Preparación de una microemulsión .....	12
3. El producto .....	14
III. DESARROLLO .....	16
A. Procedimientos .....	16
B. Resultados .....	21
IV. DISCUSION .....	29
V. CONCLUSIONES .....	34
APENDICES (o Anexos) .....	35
A. Características químicas y físicas del aceite .....	35
B. Composición media del ácido graso total .....	36
C. Solubilidad del ácido graso satu- rado en agua .....	37
D. Características físicas y químicas del aceite de pino .....	38
E. Tanque mezclador .....	39
F. Aparatos utilizados .....	40
G. Análisis de error .....	41
BIBLIOGRAFIA .....	42

## SUMARIO

Las emulsiones son productos utilizados con mucha frecuencia en el comercio en un sin fin de formas. Los desinfectantes son una rama importante de estas emulsiones, por su gran utilidad como producto doméstico. Su aspecto visual tanto como la eficiencia son factores característicos que atraen al consumidor.

El objetivo primordial de esta investigación, fue reformular y estudiar el proceso de fabricación de una emulsión aceite en agua -- utilizada como desinfectante. Para llevar a cabo la reformulación -- se investigaron los parámetros que podían afectar la estabilidad de la emulsión y se empezó a controlar, como primer aspecto, el cambio en la concentración del jabón. Se varió la cantidad de jabón y se midió su conductividad hasta obtener un valor óptimo por medio de la gráfica "Conductividad específica vrs raíz cuadrada de la concentración". La modificación de este parámetro va en conjunto con el control del grado de alcalinidad, ya que los valores con mejores resultados debían estar entre 9-11 grados de alcalinidad (pH).

Partiendo de estos dos parámetros fijos; se empezaron a controlar las características visuales, que son fundamentales en el producto final; ya que son la base del consumo. En esta parte de la investigación se observaron aspectos como sedimentación, separación de fases y la relación surfactante-cosurfactante para lograr una mejora en la estabilidad.

Luego de obtener el producto que califica conforme a las normas de una óptima emulsión; se hicieron pruebas pertinentes de estabilidad. En donde una misma muestra se pasó por cambios bruscos en temperatura, centrifugación y alcalinidad.

El proceso de fabricación se estudió con bases de ahorro de tiempo y la búsqueda de una mejora en la formulación.

Fundamentada en el proceso anterior se logró una reformulación del proceso, en los aspectos posibles, dadas las limitaciones de material, equipo y costo. Se logró que la emulsión alcanzara un nivel óptimo de calidad dentro del rubro de desinfectantes y mantuviera un costo adecuado para su producción y consumo.

## INTRODUCCION

La emulsión, mezcla de dos compuestos insolubles, posee una variedad de aplicaciones dentro del campo de la industria. Entre las aplicaciones se cuentan los desinfectantes, limpiadores, productos de belleza, etc. Dada la amplia competencia que existe, cada uno de estos productos busca un perfeccionamiento en su fórmula para mejorar la estética y calidad, haciéndolo más atractivo al consumidor.

El trabajo de o con una emulsión tiende a ser complicado dada la naturaleza del caso, pues esta implica el control de varios parámetros con exactitud. Dichos parámetros afectan su estabilidad, que a la vez se relaciona con la durabilidad y condiciones del medio ambiente. Para alcanzar el grado adecuado en una emulsión es necesario poseer una formulación correcta; lograda a través de una preparación precisa. Esto es un requerimiento indispensable ya que el proceso implica mezclar tres compuestos; uno de ellos colabora en la unión de dos fases inmiscibles, con probabilidad de condiciones distintas, el otro actúa como solvente y el restante es una materia activa específica para cada uso o aplicación.

La idea generalizada, o el concepto definido de una emulsión, es la dispersión de dos o más líquidos insolubles, uno dentro del otro, unidos por medio de un surfactante. El surfactante, para el caso, es un "emulsificante" de bajo costo que requiere a su vez, dadas sus propiedades solubilizadoras, de un cosurfactante. Ambos compuestos unidos logran una mayor solubilidad del aceite en el agua.

Al iniciar el proceso de una formulación de aceite, agua, surfactante y cosurfactante se cuida la estabilidad, sujeta al control de los parámetros de cada compuesto. Una prueba importante que se utiliza para observar la estabilidad adecuada; es la temperatura, ya que la resistencia a cambios drásticos sin cambios en sus propiedades físicas confirma lo requerido. Ello conlleva a buscar una estrecha relación entre cada uno de los compuestos, para que éstos reaccionen en las cantidades necesarias. No sólo es necesaria la adecuada relación entre los compuestos, sino que es necesaria una agitación precisa, calor y enfriamiento adecuados para que el conjunto de estas tres variables, produzca una calidad óptima.

La presente investigación tiene como planteamiento inicial la reformulación de una emulsión pre-establecida, con modificaciones en el proceso de fabricación, en busca de un perfeccionamiento en cuanto a su uso y estabilidad como producto final. Esto se logra partiendo de un análisis de la formulación actual y controlando o modificando determinados aspectos de importancia que lo pueden llegar a desestabilizar. Ellos son: su pH, temperatura de preparación, sedimentación y concentración adecuada.

Dentro de los procedimientos posibles a seguir se encuentra: el control de la Conductividad Micelar; que ayuda a observar el comportamiento de las micelas en solución y el óptimo en la concentración. El control de el pH, ayuda a obtener el emulsificante en su mejor condición y su coincidencia con los requerimientos del aceite. Otro recurso, es el de trabajar pruebas en las que se observará qué producto se sedimenta y provoca algún cambio brusco de temperatura. Todas estas pruebas se llevarán a cabo al cambiar la concentración del emulsificante y la relación entre surfactante y cosurfactante.

A continuación se describirán detalladamente los instrumentos y procedimientos utilizados, haciendo la salvedad que la formulación -- trabajada es estrictamente confidencial.

Se partirá del hecho; en que además de lograr un óptimo resultado en cuanto a la formulación y concepto del producto en sí, se tomará en cuenta el minimizar costos en lo posible dentro del planteamiento que la formulación implica.

insoluble en agua, que puede ser cualquier tipo de aceite; que debe estar líquido a temperatura ambiente. Dichas emulsiones se dividen a causa del tamaño de su partícula en tres tipos: microemulsión, solución micelar y la variedad común llamada macroemulsión. A la vez la emulsión se subdivide su estado físico por lo general las más frecuentes, por su aplicación práctica, son aquellas de tipo "líquido-líquido". Las "líquido-sólido", son las suspensiones conocidas como sistemas de dos fases, la dispersa sólida y el solvente. Entre ellas encontramos la margarina, la crema de afeitar y otros tipos de "cremas".

Entre las propiedades esenciales que debe poseer una emulsión se encuentran: la estabilidad a cambios de temperatura, baja viscosidad (cuya dependencia recae en la cantidad del emulsificante), una determinada apariencia en la superficie y calidad de aplicación y dispersión de las partículas dentro de la interfase (como mínimo un 74% -- del volumen total<sup>3</sup>).

Dada la base de la microemulsión, se detallarán algunas especificaciones importantes. Entre ellas está lo que respecta a los surfactantes (o agentes de superficie activa) que son compuestos que reducen la tensión superficial e interfacial y el trabajo de unión de -- dos fases inmiscibles. Se clasifican como detergentes y agentes humectantes, dispersantes, emulsificantes, etc.

La estructura del surfactante combina grupos hidrofílicos (o hidrófilos) con lipofílicos (o hidrofóbicos). Los grupos hidrofílicos tienen atracción hacia el solvente o agua y los lipofílicos repulsión por solventes y atracción por lipoides<sup>4</sup>. Se clasifican los surfactantes según su carga iónica; para el caso el surfactante utilizado es de tipo iónico-aniónico, cuya parte efectiva en la molécula es el anión.

La parte hidrofóbica en el presente caso es un carboxilato y el catión simple  $K^+$ , o parte hidrofílica. Dicho grupo hidrofílico se encuentra cerca o en la mitad de la cadena carboxilada.

3 Paul Becher, Principles of Emulsion Technology (New York: -- Ed. Reinhold, 1973), pp. 39.

4 En un surfactante el grupo lipofílico desordena la estructura del solvente y se da un aumento en la energía libre del sistema<sup>5</sup>.

5 Milton J. Rosen, "Surfactants: Designing Structure for Performance". Chemtech (5): 293. 1985.

La microemulsión trata de encontrar el tipo químico de surfactante que mejor combine con el aceite por medio de su HLB<sup>6</sup>. La medida de HLB significa que una parte de las moléculas está fuertemente -- atraída al aceite y la otra al agua. El balance en un estado correcto, provoca que ambos líquidos inmiscibles atraigan a su lado las moléculas de emulsificante, colocándolas perpendiculares a la interfase y paralelas unas a otras.

El arreglo ordenado de las moléculas se conoce como "película monomolecular" o "monocapa" y es responsable por la mayoría de las propiedades de una microemulsión. Para escoger el surfactante con el HLB adecuado, se observa si la proporción hidrofóbica es similar a la estructura química del aceite; se consideran los grupos polares y cambios en temperatura.

El alcohol es un cosurfactante lipofílico, que ayuda a la formación y solubilización de microemulsiones en soluciones de surfactantes iónicos.

El emulsificante debe permanecer disuelto durante largas temporadas de almacenamiento y bajo distintas condiciones. La solubilidad de un emulsificante es posible asegurarlo con el uso de un cosurfactante.

Para que una microemulsión sea estable es necesario un aumento en la concentración de electrolitos, porque esto disminuye los alcoholes insolubles en agua y reduce la tensión interfacial. Ahora bien, un aumento en la concentración de electrolitos también aumenta los requerimientos de alcohol soluble en agua.

La relación de aceite a agua y emulsificante es delicada en la preparación de una microemulsión; pues ésta es sensible a cualquier exceso. Si el exceso es de agua causa aumento en el área interfacial de las esferas de agua, por el contrario, una baja en la cantidad de agua causa que las fuerzas intermoleculares en la interfase aceite-agua no sean suficientes para mantenerla unida. Por lo tanto, el diluir la microemulsión de aceite y agua, se logra un aumento "exponencial" en la viscosidad.

---

<sup>6</sup> El HLB es el balance hidrofílico-lipofílico que mide las atracciones o solubilidades entre el medio acuoso o solvente y los lípidos o grasas, con un cierto surfactante.

Una teoría explica que la estabilidad depende de su movimiento Browniano<sup>7</sup>.

- 
- 7 Las pequeñas partículas están en constante movimiento y esto se - debe al bombardeo que reciben de las partículas de agua. Es probable que este movimiento, asociado con lo pequeño de las partículas, mantenga la estabilidad de la microemulsión<sup>8</sup>.
- 8 Paul Becher, Principles of Emulsion Technology ( New York: - Ed. Reinhold, 1973), pp. 24.

## 2. Preparación de una Microemulsión

Lo referente a equipo y condiciones, es un aspecto importante en relación a la preparación de la mezcla emulsificada. Entre el equipo de mezcla adecuado a utilizar se encuentra, el tanque de paletas; ello es así ya que se logra optimizar la eficiencia en la agitación y una excelente ventilación (que da mejores resultados en sistemas de baja viscosidad).

Además de esto es necesario un estricto control de temperatura, que implica un control previo y uno posterior a la emulsificación. Cuando el proceso se lleva a cabo en el laboratorio, el cambio de temperatura es acelerado, ya que el enfriamiento ocurre en una cantidad menor. La importancia con respecto al control de la temperatura durante el proceso, se debe a la naturaleza de los surfactantes, que desarrollan bruscos cambios de solubilidad y en consecuencia cambios en la temperatura. Dicho control es difícil de implementar en los tanques, dada su área y rango de agitación.

Las diferencias de solubilidad tienen una marcada influencia en la eficiencia de la emulsificación.

Otro aspecto importante que deberá tenerse en cuenta durante el desarrollo del proceso, es el calentamiento. El calentamiento deberá hacerse paulatinamente, para evitar un rompimiento termal en cualquiera de los ingredientes. La temperatura de calentamiento influye en cuanto a la combinación de los compuestos, que influirá a la obtención de una mejor emulsificación.

La razón de enfriamiento es de suma importancia dentro de la emulsión, pues de ésta dependerá el tamaño de partícula a obtenerse, y con ello la estabilidad. Otros aspectos que ayudan al control del tamaño adecuado de partícula son: la elección del emulsificante adecuado, el aumento en la cantidad de emulsificante, la selección del óptimo balance hidrofílico-lipofílico (HLB) en el emulsificante y una mejor agitación.

Lo delicado de trabajar con este tipo de mezcla; obliga a que los primeros dos días sea importante la temperatura del tanque y sus condiciones. El dejar fuera este punto, conlleva a una mala consistencia y estabilidad entre las producciones de invierno y verano.

Una regla que optimiza lo referente a mezclas de compuestos, es - el hecho de tener una fase aceitosa arriba del punto de fusión del ingrediente de más alto valor y una fase acuosa a la misma temperatura o algunos grados más arriba.

### 3. El Producto

La microemulsión seleccionada para trabajar como se mencionó con anterioridad, es un desinfectante. Para el caso el desinfectante -- utilizado es el aceite de pino, desinfectante versátil, cuyas propiedades de alta actividad bactericida y germicida, baja volatilidad, - penetrante, humectante y con un agradable olor final.

Los limpiadores con base aceite de pino se han utilizado durante mucho tiempo en casas y comercios, dada su clasificación de producto de saneamiento. El producto ha crecido en importancia ya que gracias a su formulación, evita la transmisión de enfermedades de una manera sencilla y rápida. Además el olor que provee el aceite de pino al desinfectante, otorga ciertos aspectos prácticos como: desodorizar el medio ambiente, se le asocia con frescura y limpieza y para la mayoría de los consumidores el olor se identifica entre el rango de desinfectante típico y seguro.

En el lado de los fabricantes de desinfectante, éste posee baja toxicidad para los que lo formulan, aplican o entran en contacto con el producto. Dicho aceite de pino contiene además del desinfectante, una completa actividad germicida inicial dentro de un tiempo de almacenamiento prolongado.

Se ha probado que el aceite de pino es compatible con otros compuestos usados como desinfectantes, sin necesidad de perder su alta actividad germicida contra organismos Gram positivos y negativos.

Dada la variedad de usos del aceite de pino, éste está regulado - por el National Bureau of Standards, con las siguientes especificaciones:

1. El producto deberá elaborarse con aceite de pino puro y destilado con vapor, o utilizando un aceite sintético que contenga un agente emulsificante.
2. Deberá permanecer claro y homogéneo bajo condiciones normales de almacenaje.
3. Debe contener
  - como mínimo el 60% en peso de aceite de pino
  - como máximo el 10% de agua.

4. No debe contener Kerosene u otros destilados de petróleo.
5. Debe hacer una emulsión estable en agua.

Todos los desinfectantes se basan total o parcialmente en un emulsificante, así dispersan y emulsifican su base aceitosa. Dentro de la formulación del desinfectante, no existe limitación en el nivel de pino a utilizarse. La formulación deberá contener suficiente emulsificante para dispersar el aceite y mantenerlo emulsificado al estar disuelto en agua.

Para los desinfectantes se prefiere el uso de los agentes aniónicos, en especial los jabones de metal alcalino con alta concentración de ácidos grasos y aceite vegetal.

La cantidad de emulsificante requerido dependerá de la cantidad y calidad de aceite en las formulaciones, de su propósito y del medio ambiente en que se utilizará.

Otro aspecto importante al formular del desinfectante, es la alcalinidad; ya que esto tiene efecto sobre la estabilidad del concentrado y la eficiencia en su funcionamiento al ser diluído en agua.

### III DESARROLLO

#### A. Procedimientos.

La presente investigación tuvo como planteamiento inicial la reformulación y estudio del proceso de fabricación de una emulsión aceite en agua. La implicación de "reformulación" conlleva el hecho de que, a mi juicio la formulación ya establecida descalifica ciertas propiedades que logran un grado óptimo en la emulsión. Dadas las características mencionadas anteriormente, que debe poseer una microemulsión para llenar los requisitos estándar, se puede hacer mención de los puntos que pueden afectarse o modificarse en busca de lograr un cambio en el producto final.

Los puntos cruciales que pueden provocar un cambio palpable en la calidad del producto final, y con los cuales efectué pruebas de laboratorio para probar el objetivo, fueron los siguientes:

- . Cambio en la concentración del jabón.
- . Medición de la conductividad.
- . Control del grado de alcalinidad.

- . Control de las características visuales.
- . Proceso de fabricación.

En todas las pruebas se utilizaron los siguientes compuestos, --- ellos son, según su función:

- . Fases inmiscíbles: aceite y agua.
- . Surfactante: jabón (actuando como emulsificante).
- . Cosurfactante: alcohol.

que conforman una cierta microemulsión, para el caso el desinfectante.

A continuación se da una explicación concisa del proceso seguido - en cada prueba.

#### 1. Cambio en la concentración del jabón.

La concentración del jabón es el factor esencial que une las dos fa-- ses inmiscíbles de una emulsión. La variación dentro del factor con-- centración puede implicar una enminente pérdida en solubilidad o bien una óptima solubilidad entre las fases.

La formulación ya establecida contiene un determinado porcentaje de - jabón con el cual se experimentó para obtener una serie de muestras y con ellas determinados resultados. Se tomó el porcentaje de jabón y se hicieron nueve pruebas, subiéndole la concentración en 4.5% de su porcentaje ya prestablecido, para observar su reacción a un aumento; hasta llegar a una sobreconcentración. Luego se efectuaron ocho prue-- gas, bajándole la concentración del jabón en un 4.5% ya que más de -- ocho pruebas implicaba disminuir todos los componentes a un grado po-- co significativo; por tanto se optó por observar las reacción a la -- disminución de hasta ocho grados (1.85%). Estas pruebas se llevaron a cabo luego de calcular teóricamente la cantidad necesaria para neu-- tralizar la grasa, por medio de su índice de acidez (ver anexos), y - dejándole un margen del 0.5% de exceso por seguridad. Las muestras - obtenidas se utilizaron para las pruebas que se mencionan a continua-- ción. Con cada una de las muestras se observó sedimentación, homoge-- nización y solubilidad completa.

#### a. Medición de la conductividad.

La conductividad se toma con el propósito de medir el punto críti-- co o cantidad óptima de micelas en solución. Ya que el punto ópti-- mo nos indica el rango de solubilidad con compuestos orgánicos; ya

sea arriba o bien debajo de dicho punto. Se mide con la intención de encontrar el CMC (Conductividad Micelar Crítica) que indica el punto crítico del inicio de solubilidad máxima.

La resistencia (1/conductividad) se midió en las muestras de jabón por medio del electrodo y del puente de conductividad.

Se limpió perfectamente el material a utilizarse, ya que el método es excesivamente sensitivo a contaminantes, que pueden interferir significativamente en la prueba o medición. Todas las muestras de jabón se colocaron en un "beaker" de 100 ml, para que la solución cubriera completamente el electrodo. Cada una de éstas se cubrió con papel "parafilm" que evitó la interferencia con el  $\text{CO}_2$  del medio ambiente. La resistencia se tomó luego de dejar los "beakers" en un baño térmico, por un mínimo de media hora, para lograr un valor estable en la lectura.

Antes de tomar las medidas de resistencia de las distintas muestras de jabón, se secaron 2 grs. de KCl y se preparó una solución --- 0.020N con la que se encontró la constante de la celda. La solución se preparó con agua de conductividad para evitar contacto con el  $\text{CO}_2$  del medio ambiente y lograr un valor más exacto en las lecturas.

Se ajustó el puente de conductividad según el manual del instrumento y se tomaron las medidas empezando con la solución de KCl. Los datos obtenidos se graficaron, por medio de un "ploteo" de los valores de la conductancia equivalente vrs. la raíz cuadrada de la concentración de la solución; para obtener la concentración óptima por medio del CMC; obtenido por extrapolación.

b. Control del grado de alcalinidad (pH)

Este aspecto es muy importante de controlar, pues tiene una relación directa con la estabilidad de la emulsión y la función del jabón como emulsificante.

A cada una de las muestras de diferentes concentraciones de jabón, se le midió el grado de alcalinidad para observar entre qué rango caían los valores. Este procedimiento se llevó a cabo con un potenciómetro calibrado en todos sus rangos; para así poder leer las

lecturas con exactitud. Se tomaron lecturas de cada una de las -- muestras varios días consecutivos, para observar cualquier posible cambio en el grado de alcalinidad.

c. Control de características visuales.

Las características visuales son esenciales para el producto final; pues son la base para el consumo. Dichas características deberán tratarse con especial atención pues ello determinará el éxito del producto.

Según datos encontrados en la literatura, un problema en las características visuales es la sedimentación de una de las fases que no es completamente soluble. Se tomó la misma concentración de jabón de la fórmula base y se cambió la relación de cosurfactante a jabón de la siguiente forma: 1:1, 2:1 y 3:1. Luego se volvió a hacer esta relación esta vez con el valor encontrado en la gráfica - de la conductividad micelar crítica (ver página 23).

Todas las muestras pasaron por pruebas de estabilidad como lo son: cambios bruscos de temperatura, centrifugación y grados de alcalinidad. El cambio brusco de temperatura se logró observando su estabilidad a 40°C y 12°C, con lo cual se comparó con la formulación base, que no resistía dichos cambios. La centrifugación se trabajó después del cambio de temperatura para observar si se había producido sedimentación. Ello se llevó a cabo con una centrifugadora manual, luego se tomó el grado de alcalinidad para ver en qué rango se colocaban.

Los jabones preparados en las concentraciones de jabón (ver inciso # 1), pasaron por la prueba de centrifugación, ya que se les observó un pequeño sedimento. Esto se llevó a cabo con un Kitasato y embudo buchner para poder recoger el precipitado (una especie de "pelusa") que se formó al hacerse el jabón. Este precipitado se corrió bajo un espectro infrarrojo, colocando la muestra en una -- celda de NaCl; para determinar cuál era el contenido del precipitado.

La última prueba que se llevó a cabo fue el cambio de cosurfactante, por uno de cadena más larga. Se utilizó la fórmula base y la concentración encontrada en la gráfica, con una relación- cosurfactante: surfactante- de 1:1.

## 2. Proceso de Fabricación.

La fabricación de una emulsión es un aspecto muy importante al trabajar, porque está directamente relacionado con las propiedades que logra la microemulsión. En este momento se logran propiedades tales como tamaño de la partícula (pequeña) y óptimas homogenización y agitación con control estricto de temperatura.

La modificación del proceso empezó con la mezcla jabonosa, la cual requirió calentamiento hasta  $55^{\circ}\text{C}$ ., para mezclar de forma eficiente los compuestos. La mezcla debe estar transparente, lo que se consigue 20 minutos después de haber iniciado la agitación. Se probaron dos velocidades en el motor, 1710 rpm y 875 rpm, para comprobar la adecuada agitación y homogenización. Inmediatamente se pasó agua fría por el serpentín de vapor; al mismo tiempo que se agitaba hasta bajar la temperatura a  $20^{\circ}\text{C}$ . (1 1/2 horas). A esta temperatura no es difícil --- agregar el cosurfactante y continuar agitando a la velocidad en que se está probando. Previo a agregar la fase aceitosa, se descontinúa el paso de agua fría por el serpentín, ya que la mezcla se encuentra fría (temperatura adecuada para completar la emulsificación).

El producto ya terminado se deja 30 minutos más, y se logra una mejor homogenización. (Ver anexo 5 ).

B. RESULTADOS.

- Resultados generales.

Nº	% jabón ( $\pm 0.05$ )	R ohms ( $\pm 3.0\%$ )	pH ( $\pm 0.05$ )
8B	7B - 7.5	48.0	10.75
7B	6B - 1.0	49.2	9.45
6B	5B - 1.0	43.5	9.15
5B	4B - 1.0	45.4	9.0
4B	3B - 4.5	39.5	9.2
3B	2B - 4.5	37.4	9.2
2B	1B - 4.5	34.0	9.8
1B	y - 1.0	33.1	9.4
f.b.	y	33.0	9.35
1A	y + 7.5	24.7	9.75
2A	1A + 4.5	22.4	10.0
3A	2A + 4.5	20.4	9.95
4A	3A + 4.5	23.6	10.4
5A	4A + 4.5	21.3	10.35
6A	5A + 4.5	20.9	10.1
7A	6A + 1.0	20.0	9.65
8A	7A + 4.5	18.9	9.6
9A	8A + 4.5	18.0	9.65

- Resultados para el inciso a.

Basándose en los datos necesarios para obtener el CMC de este tipo de jabón, se tiene que:

$$\text{Conductancia equivalente} = \Lambda = \frac{1000 \text{ (H)}}{Rc.}$$

donde (H) = constante de la celda ( $\text{cm}^{-1}$ )  $\pm 0.01$

R = resistencia (ohms)  $\Omega$

C = concentración de la solución (N)

(H) tiene el valor de  $1.39 \text{ cm}^{-1}$  ( (H) =  $\bar{L} \times R = \frac{.002768}{\Omega \text{ cm.}} \times 501 \Omega$  )

La CMC se determina por la gráfica  $\Lambda$  vrs.  $\sqrt{C}$

Donde "y" = Fórmula Base

Nº	$\sqrt{c}$ ( $\pm 0.05$ )	$\frac{1t}{cm \text{ eq}}$ ( $\pm 0.057$ )
8B	3.68	3.78
7B	2.90	3.36
6B	3.05	3.42
5B	3.20	2.98
4B	3.35	3.14
3B	3.41	3.18
2B	3.48	3.36
1B	3.55	3.32
f.b.	3.68	3.11
1A	3.78	3.93
2A	3.84	4.20
3A	3.90	4.48
4A	3.95	3.76
5A	4.01	4.04
6A	4.07	4.01
7A	4.39	3.60
8A	4.44	3.72
9A	4.49	3.82

(Ver figura Nº 1).

Valores obtenidos de la figura Nº 1, por extrapolación:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{1t}{cm} = 3.95 \pm 0.057 \\ \sqrt{c} = 4.13 \pm 0.05 \end{array} \right\} \text{CMC.}$$

Las moléculas empiezan a asociarse en micelas solubles cuando la -- concentración alcanza un valor crítico, o sea el CMC. Por arriba de esta concentración, las soluciones de surfactantes son capaces de disolver cantidades considerables de muchos materiales orgánicos que son totalmente insolubles en agua.

Al valor de CMC, se le dió un margen del 1% de exceso para asegurar que todo el material orgánico fuera disuelto. Esta mezcla se usó para las pruebas de los incisos a continuación.

FIGURA No. 1

Conductancia equivalente vs. raíz cuadrada de la concentración.

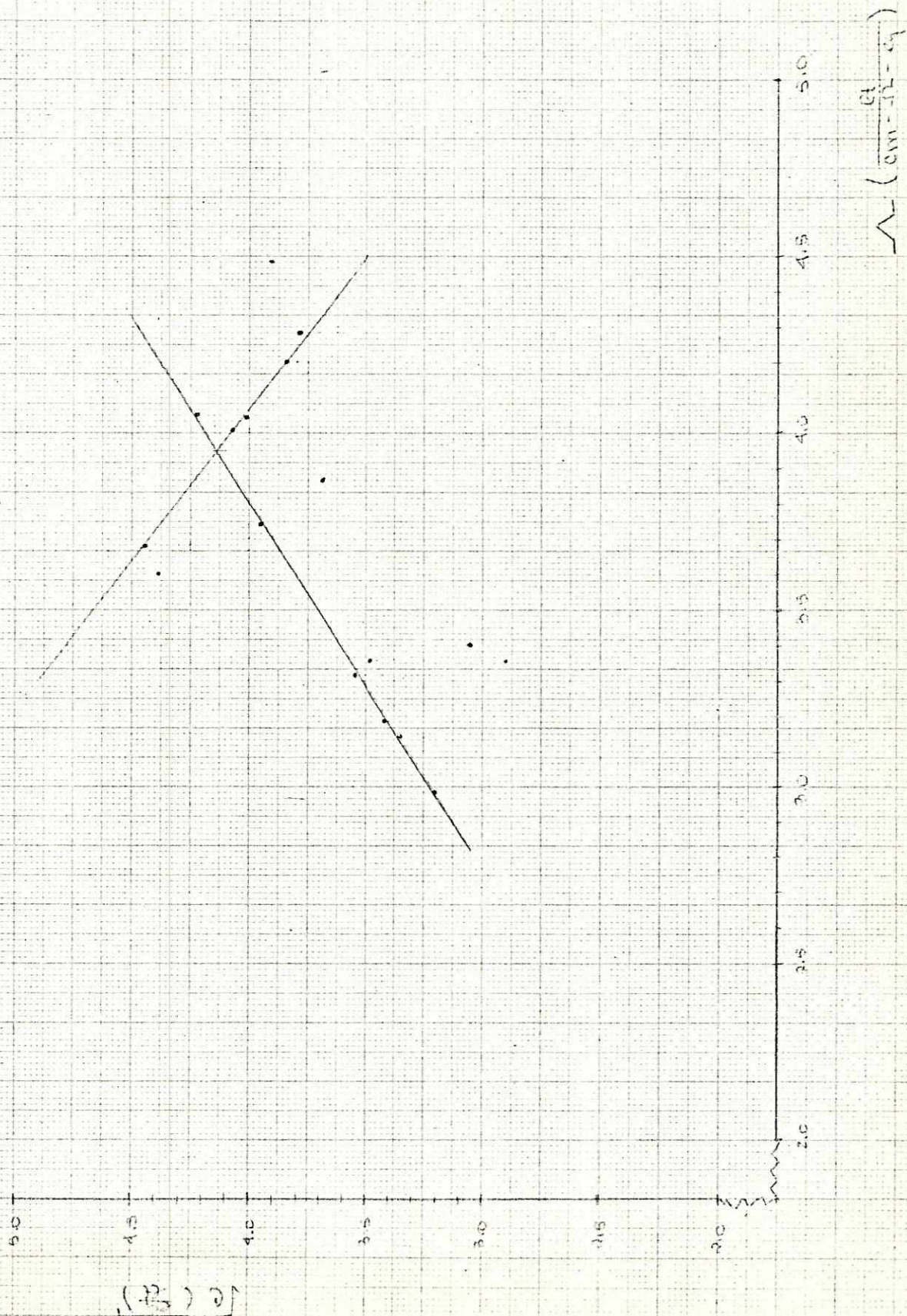
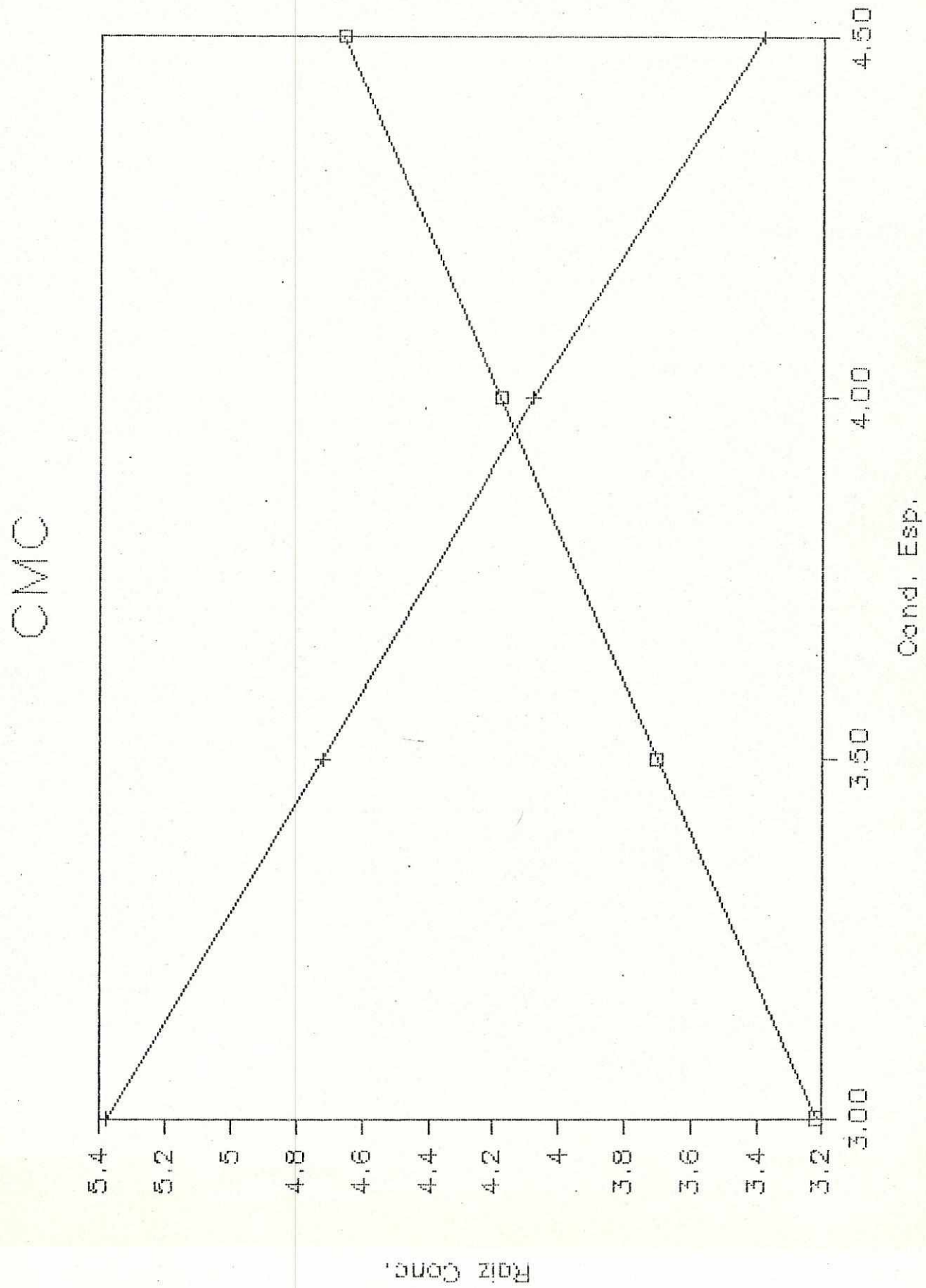


FIGURA No. 1a.



## - Resultados para el inciso b.

Se observó mayor homogeneidad en las concentraciones de alto pH, ya -- que un sedimento que se formó era menor. El jabón actuando como emulsificante dió mejores resultados a grados de alcalinidad altos, porque a pHs de 8.8 a 9.75 se podía observar una separación de fases; lo que hace inestable una microemulsión.

A pHs de 10 para arriba se observó buena homogeneidad pero a veces formación de sedimento. No se observaron dos fases en el producto final.

## - Resultados inciso c.

		pH	estabilidad		olor	sedimen	costo
			12 <sup>o</sup> C	40 <sup>o</sup> C	(respecto del olor a pino)	to.	
Fórmula base		13.2	No	No	fuerte	Si	x
Conc. según CMC óptimo	Rel 1:1	13.3	Si	Si	menos fuerte	No	x + 6.12%
	Rel 2:1	13.1	Si	Si	suave	Si	x + 22.61%
	* Rel 3:1	12.8	--	--	---	--	x + 39.09%
D.25 + CMC	Rel 1:1	12.8	Si	Si	menos fuerte	Si	x + 15.24%
	Rel 2:1	12.7	Si	Si	suave	Si	x + 36.34%
	* Rel 3:1	12.5	--	--	---	--	x + 57.4 %
**A	f.b.						x + 10.43%
	CMC 1:1						x + 22.75%

\* Ver discusión.

\*\*A Con cosurfactante cadena más larga.

El precipitado obtenido por filtración dió como resultado sales de ácidos grasos de Calcio y Magnesio, como se puede observar en las corridas de infrarrojo a continuación (Figuras 2 a 4). Para mayor seguridad, se tomó cada uno de los precipitados y se le hizo una prueba cualitativa para ver presencia de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup>; lo que dió positivo.

El pico de absorbancia para éstas sales insolubles se encuentra entre 1500 y 1600 cm<sup>-1</sup> de frecuencia.

SAMPLE

SPECTRUM NO.

BIOTECNOLOGIA DEL VALLE DE GUATEMALA

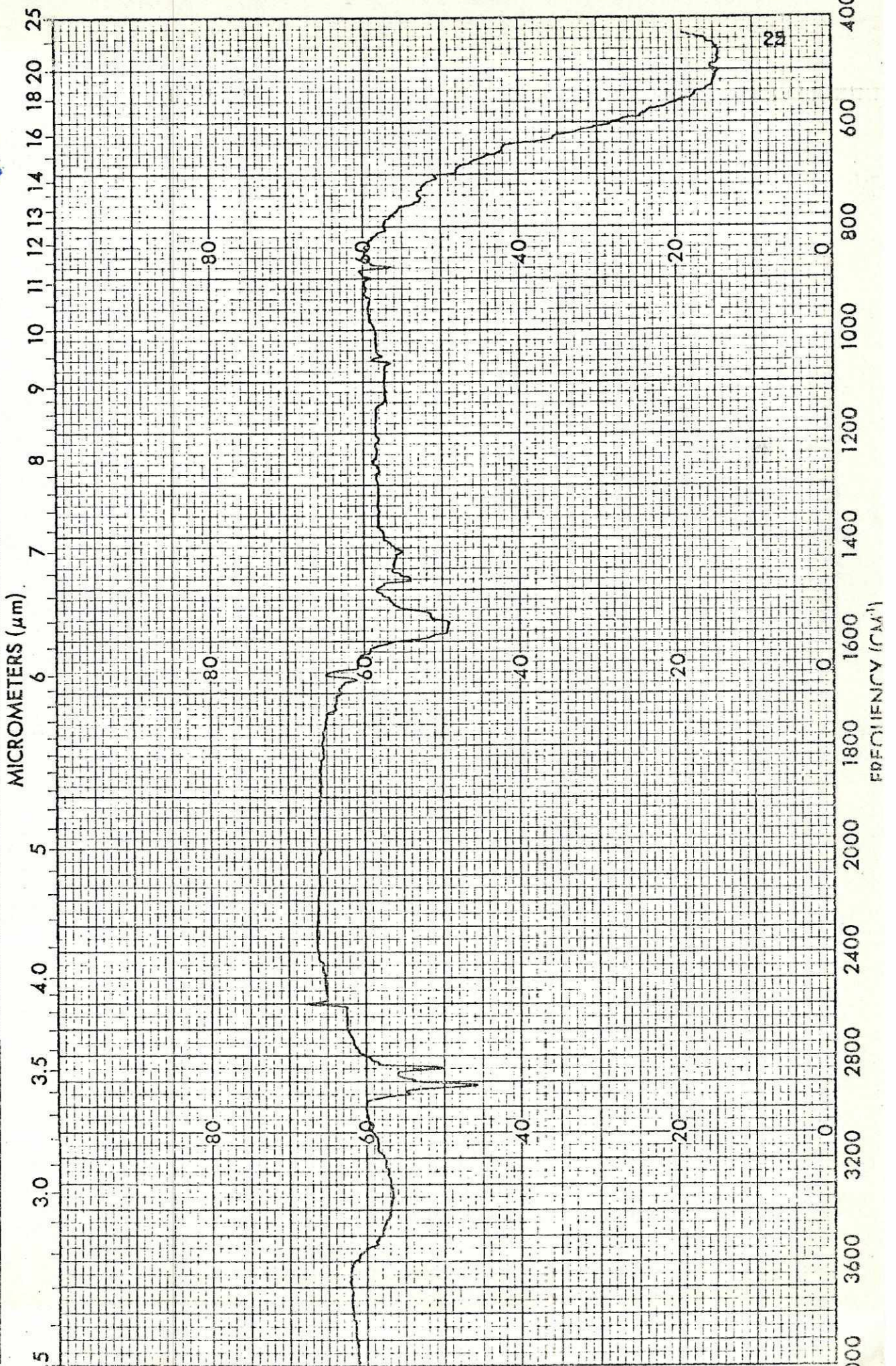
CONCENTRATION \_\_\_\_\_ SPECTRUM NO. \_\_\_\_\_

THICKNESS Placas salinas # 1 SAMPLE \_\_\_\_\_

PHASE gel RESOLUTION  SURVEY  ORIGIN La Luz

REMARKS \_\_\_\_\_ OPERATOR AC DATE 4/7/85

SCAN MODE HI ENERGY  CAL.



SAMPLE

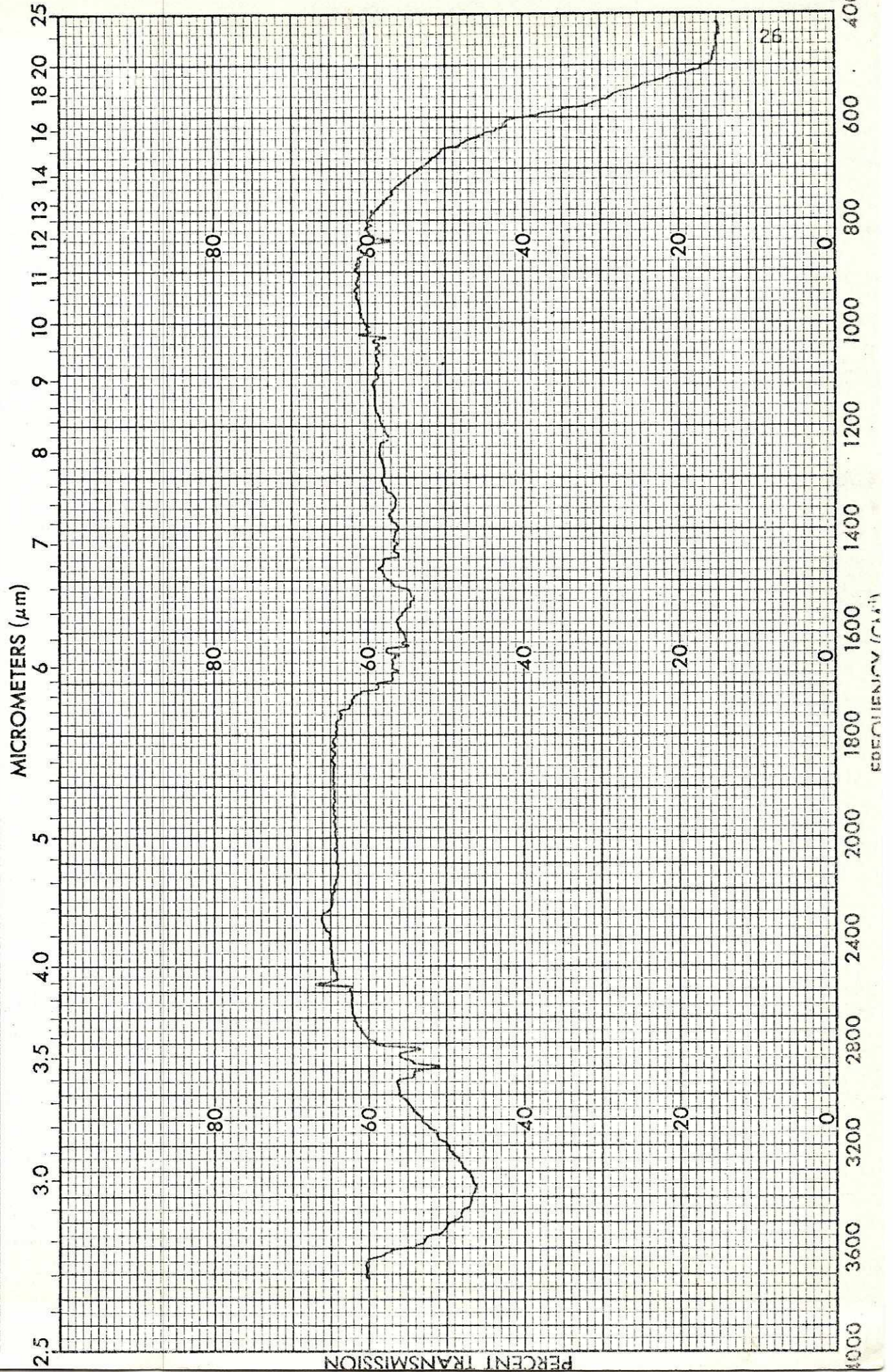
SPECTRUM NO.

CONCENTRATION \_\_\_\_\_  
THICKNESS \_\_\_\_\_  
PHASE \_\_\_\_\_  
REMARKS \_\_\_\_\_

SCAN MODE  
ACCY.  SURVEY   
HI ENERGY  CAL.   
RESOLUTION

OPERATOR RC DATE 02/15/53

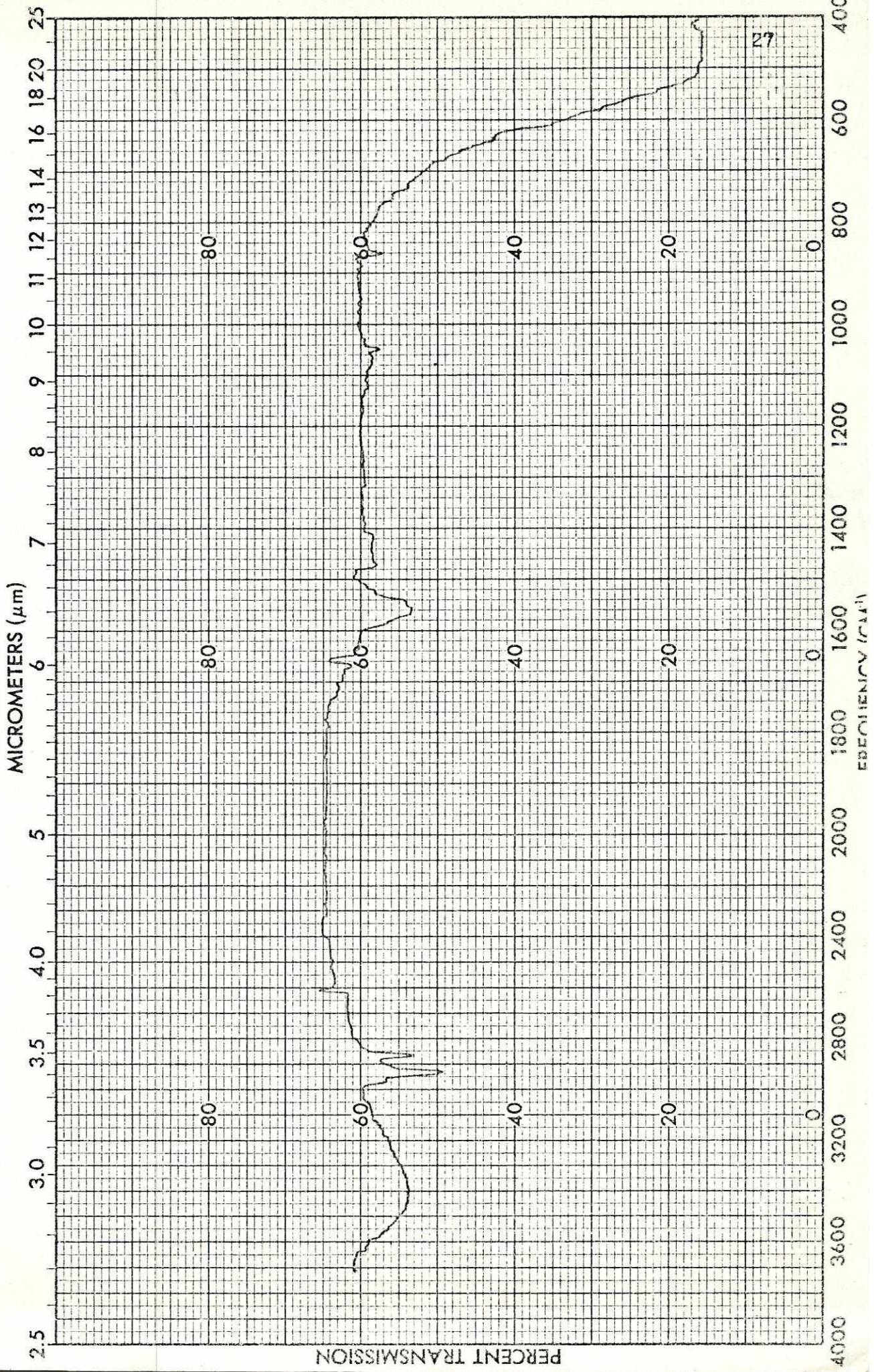
SPECTRUM NO. 11000A N 2  
SAMPLE # 41  
plasma 204  
ORIGIN \_\_\_\_\_



SAMPLE

SPECTRUM NO.

CONCENTRATION _____	ACCY. <input type="checkbox"/>	SURVEY <input type="checkbox"/>	SPECTRUM NO. _____
THICKNESS _____	HI ENERGY <input type="checkbox"/>	CAL. <input type="checkbox"/>	SAMPLE _____
PHASE _____	RESOLUTION <input type="checkbox"/>	DATE _____	ORIGIN _____
REMARKS _____	OPERATOR _____		



- Resultados inciso No. 2  
Tiempos de mezcla.

	Procedimiento actual (min).	Procedimiento modificado (min).
Agua	132.37	125.03
Emulsificante		
Coemulsificante	31.43	31.43
Aceite	103.72	85.72
Totales	<u>267.52</u>	<u>245.18</u>

El tamaño de partícula sólo se puede medir con aparatos muy especializados, de los cuales no se dispone. Por lo tanto, el tamaño de partícula se observó en función de la estabilidad del producto porque están directamente relacionados. La estabilidad se observó con los cambios de temperatura en el inciso anterior.

El motor que se usó tiene 2 velocidades y la de 1710 rpm dió mejores resultados porque acortó el tiempo de preparación, mejoró la agitación y homogenización, dando una emulsión más estable a cambios de temperatura bruscos.

La temperatura fue lenta en bajar a 20°C por la forma del serpentín en el mezclador (ver Apéndice No. 5), pero los resultados fueron óptimos.

Todos estos factores influyeron a obtener una buena estabilidad en el producto, además de usar la formulación modificada. Se consiguió un ahorro en tiempo de mezcla de 8.35%.

## DISCUSION

La mencionada "formulación base" que se utiliza dentro del proceso, cuyas razones de confidencialidad se especificaron con anterioridad, se identificó de la siguiente manera: la variable real "x" (para el caso) representará la "formulación base" (en lo que se refiere a costo).

Además la variable real "y" identifica el porcentaje de jabón en la formulación base.

Las pruebas del laboratorio se desarrollaron de la siguiente manera, haciendo mención de los puntos más importantes que se efectuaron en cada una de ellas.

Dentro del primer punto, se elaboraron las pruebas de cambio de concentración. El cambio de concentraciones se llevó a cabo para obtener un rango amplio de muestras, en las cuales se efectuaron pruebas para calcular su grado de alcalinidad y conductividad. Dicho rango se trabajó partiendo de la fórmula base (f.b.) para lograr un patrón de comparación, con  $\pm 4.5\%$  de la concentración, para cubrir con ello una mayor área de análisis.

Partiendo de la fórmula base, tomé los valores y calculé teóricamente (gr. de grasa x índice de acidez x conversión = gr. de neutralizante) la cantidad necesaria de compuesto neutralizante, para tener un emulsificante en condiciones normales. Se encontró que la cantidad utilizada tenía un 0.5% de alcalinidad en exceso, lo que garantiza la saponificación completa (neutralización) de cualquier ácido graso.

Para las mediciones de cambio de conductividad lo importante fue la obtención de los datos a utilizar. Los datos de conductividad obtenidos por medio del electródo, pueden ser afectados por la inestabilidad de alguna interferencia (tal como: CO<sub>2</sub>, impurezas del ácido graso, metales en el agua, etc.), al hacer la mezcla. De aquí se derivaron algunos datos que fueron descartados, por medio del análisis de error.

La conductividad micelar crítica (CMC) conlleva a encontrar el número óptimo de micelas en solución. La micela consiste en cientos de moléculas surfactantes cuyo aspecto característico es: ayudar a solubilizar los compuestos insolubles y contener un grupo hidrofílico y otro lipofílico. Estos grupos, son cationes o aniones que dependen del tipo de emulsificante que se de en ese momento<sup>9</sup>. El conjunto de micelas da mejores resultados de forma esférica, ya que el grupo lipofílico está hacia adentro y fuera del contacto del solvente. La molécula de surfactante en la interfase generalmente se orienta con el grupo lipofílico del lado opuesto al solvente.

La cantidad de agua solubilizada es proporcional al número y tamaño de micelas, y depende del tamaño y tipo de los grupos hidrofílicos. La cantidad de aceite solubilizado, es proporcional al número y tamaño de micelas; pero no depende del tipo de grupos lipofílicos sino del volumen molecular de los aceites. El CMC da el valor en la cantidad necesaria de micelas, para que esta solución logre solubilizar todos los aceites presentes en la fase acuosa. Las micelas son de jabón, su valor se encuentra en la gráfica de conductividad específica vrs. raíz cuadrada de la concentración (ver pág. 23). Del punto encontrado se derivó la serie de pruebas necesarias para obtener la estabilidad adecuada.

---

9 Son partículas coloidales, de coloides liófilos que se mantienen juntas por las fuerzas de cohesión de Van der Waals. La formación de micelas es un aspecto característico de los surfactantes<sup>10</sup>.

10 Milton J. Rosen, "Surfactants: Designing Structure for Performance", Chemtech (5) : 292. 1985.

Algunos de los datos obtenidos se salieron del rango deseado, dada su inestabilidad, que causaron los compuestos que interfieren en la solución jabonosa y en las materias primas; pues éstas se utilizaron de la misma forma que las utilizadas a nivel proceso. El valor de CMC dió 1.1% arriba del utilizado en la fórmula base, lo que brinda ventajas en cuanto al factor costo que se menciona a continuación.

Dentro del proceso de emulsificación, que incluye sólo líquidos, - las fuerzas de la tensión superficial en las fronteras entre los líquidos inmiscibles, son libres de ejercer su influencia de igual forma en todas direcciones. La fase dispersa de micelas asume la forma esférica, que es la forma geométrica que posee la menor área de superficie por unidad de volumen. Dichas esferas cuando son de agua, se les denomina agua-en-aceite (ó "w/o"), o bien se les llama aceite-en-agua (ó "o/w") cuando son de aceite. A concentraciones de 10 a 50 veces su Normalidad el CMC, la estructura de las micelas pierde su forma esférica y adopta una cristalina que no ayuda a solubilizar el aceite.

En el siguiente inciso, se habla sobre medición de alcalinidad; como una relación directa con la estabilidad de la microemulsión. Para el caso fue difícil medir el grado de alcalinidad con precisión, pues el compuesto neutralizador no es del todo estable a la humedad del medio ambiente o solución en sí. Se probaron otros compuestos como bases alcalinas, los jabones obtenidos no fueron de óptima calidad. Los porcentajes bajos y altos con los que se prepararon, las muestras a diferentes concentraciones de jabón, se utilizaron para llevar un control más adecuado de la alcalinidad dentro de un rango pequeño (9 a 11 de pH), con lo que se observó la relación del jabón con la estabilidad de una microemulsión.

El por qué del rango de la medición de los grados de pH está relacionado en forma directa con la estabilidad y es la siguiente: el HLB del jabón depende del pH, ya que a un pH de 10.5 o mayor, todos los ácidos grasos existen como iones carboxilato. En un pH de 8.8, la mitad de los ácidos grasos están libres y actúan como un alcohol en la interfase de la emulsión; en un pH de 6.8; dos moles de ácido graso están líbres y uno todavía es carboxilato<sup>11</sup>. Esto da el amplio rango de trabajo que luego se disminuye a los límites, de 9 a 11.

El rango de alcalinidad entre 9 y 11 también se escogió por los datos encontrados en los catálogos de proveedores del aceite de pino. -- Ellos encontraron los mejores resultados en cuanto a estabilidad (del aceite de pino) entre 10.5 y 11 de pH y los rangos abajo de 8 de pH en el jabón no logran los resultados deseados; por lo tanto éstos se descartaron. Los mejores resultados se encontraron en un pH de 10.5 y mayor; porque la solubilidad del aceite era rápida y se mantenía estable.

Las características visuales son aspectos muy importantes porque tienen que ver tanto con la estabilidad y calidad del producto final, como con las exigencias del consumidor. El primer punto que se trató fue la razón -cosurfactante:surfactante-, pues esto ayuda de forma directa a la estabilidad. Una razón menor de 1:1 no forma una microemulsión estable; pero en relaciones mayores, las moléculas de agua determinan el área y están presentes en las películas ricas en alcohol.

Las interacciones moleculares en la interfase se basan en la suposición que el arreglo hexagonal del cosurfactante y el jabón producen el empacamiento más cercano en dos dimensiones. Las únicas configuraciones planas y estables se consiguen a razón de 3:1, 2:1 y 1:1; dado que cuando hay más de tres moléculas de cosurfactante por jabón en la interfase, el empacamiento óptimo se destruye indicando la estructura limitante para la máxima solubilidad del agua <sup>12</sup>.

Normalmente, para usar un jabón como emulsificante se tiene que bajar su HLB al rango adecuado de emulsificación (el rango de HLB adecuado es, el de 4-7 solubilidades para emulsiones "w/o" y el rango alto de 9-20 solubilidades para emulsiones "o/w"), combinándolo con un cosurfactante que reduce el alto HLB del jabón. Unidos sirven para disminuir la tensión interfacial entre los dos líquidos insolubles.

Las tres relaciones de cosurfactante a surfactante dieron buenos resultados en cuanto a grados de alcalinidad y estabilidad (cambios bruscos de temperatura). Ello los coloca en una posición importante como posibles productos finales. La relación 3:1 no fue posible debido a su costo, por lo que no se hicieron pruebas posteriores. Entre las otras dos pruebas (2:1 y 1:1), la razón 2:1 tiene la desventaja del olor, pues éste es débil; por lo que para mejorarlo se tendría que aumentar la cantidad de aceite y ello incrementaría los costos. Entre ma

por sea la relación -cosurfactante:surfactante-, más tenue será su olor a desinfectante. El producto se caracteriza por su olor, pues los consumidores entonces lo asocian con desinfectante. Las pruebas que se hicieron con 0.25% + CMC también caen dentro del mismo caso que el anterior, sólo que el costo es más elevado (como puede observarse en los resultados, página 24). El uso de un cosurfactante de cadena larga no fue factible, también debido al costo más elevado de las materias primas, lo que incrementa el precio del producto final. La diferencia con el cosurfactante utilizado actualmente no fue significativa, por lo que se descartó la posibilidad.

Otro aspecto que influyó en lo referente al aspecto visual es el sedimento que se formó en todas las muestras. El agua con la que se hicieron las microemulsiones fue tomada del lugar de preparación del aceite de pino, y su dureza está entre 60 y 85 ppm. Esta dureza afecta el producto formando sales de ácidos grasos insolubles (específicamente  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ ). Se utilizó agua desmineralizada y se comprobó su efecto, ya que no se formó sedimento.

En el caso fue más económico utilizar como emulsificante el jabón, pues además de ser aniónico tiene altos valores de HLB (menores de 40 - solubilidades, pero mayores que 20) y bajo costo. El tipo de jabón utilizado fue el de corozo (variedad de las Palmas Americanas, ver Anexos para propiedades), que tienen su composición de ácidos grasos adecuados para manufacturar soluciones jabonosas.

El corozo posee una adecuada actividad tensoactiva debido a su alto porcentaje en ácido láurico y oléico. Los jabones de grasas vegetales son buenos emulsificantes, por su neutralización de grasas, ello los hace más suaves.

Dentro del último paso, en el proceso de fabricación lo importante es que la partícula sea pequeña, (que se logra durante el proceso de calentamiento-enfriamiento) pues hace a una microemulsión transparente y estable. La agitación rápida ayuda a la mezcla para homogeneizarla y ayuda a que el proceso de enfriamiento se lleve a cabo en un tiempo menor.

## CONCLUSIONES

1. La concentración de jabón más favorable, por su costo, estabilidad y buenas propiedades, se encuentra 1.1% arriba de la concentración utilizada actualmente.
2. El rango de pH de 10.5 o mayor, es el más adecuado por la resonancia del ion carboxilato no disociado, lo cual aumenta la estabilidad al cambio de temperatura.
3. El dato de CMC encontrado en la figura Nº 1,  $x + 1.1\%$  dió el valor en la cantidad necesaria de micelas para que la solución jabonosa solubilizara todos los aceites en el medio acuoso.
4. La razón -cosurfactante:surfactante- 1:1 en el punto óptimo de la gráfica (o sea en el CMC) es el más adecuado por su costo más bajo, estabilidad a cambios bruscos de temperatura y olor a desinfectante.
5. La relación con un cosurfactante de cadena más larga no se puede llevar a cabo, por un factor muy importante como lo es el costo.
6. La dureza del agua forma sales insolubles de  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , por lo tanto es conveniente utilizar agua desmineralizada.
7. Se obtuvo un ahorro en tiempo de preparación del 8.35%, además de buena estabilidad, con agitación a 1710 rpm y calentamiento-enfriamiento en un período corto.
8. La formulación actual y el proceso de fabricación fueron modificados, con las especificaciones anteriores, logrando un nivel óptimo en calidad, con un incremento mínimo en el costo.

## RECOMENDACIONES

1. Se aconseja el uso de Agua Desmineralizada en el proceso; -- pues se probó que el agua sin tratamiento o de "chorro" dada su dureza, forma sales insolubles de ácidos grasos que producen características visuales no deseadas.
2. Se recomienda una modificación en el tanque mezclador, parte del equipo utilizado para fabricar emulsiones. La modificación consiste en una "chaqueta" con entrada de vapor y agua de enfriamiento; que facilitaría el proceso de calentamiento-enfriamiento, ahorrando tiempo y optimizando calidad del producto final.

Características Químicas y Físicas del Aceite

	COROZO		COCO
	Teórico	Experimental*	
Pto. de solidificación	15-21°C	---	14-25°C
Título(Pto.solid. del á.graso)	19.7-21°C	---	20-24°C
# de yodo	11-14	---	8-10
# saponificación	252-267	276.16 ± 0.005	246-268
% insaponificables	0.47	0.42 ± 0.005	0.15-0.30
# ácidos grasos volátiles	Solub. 6.8-8.3 Insolub. 12.5-15.4	---	6-8.5 15-18
Peso específico	0.868-0.871 (a 100°C)	---	0.925-0.926 (a 15°C)
Indice de refracción	1.4496 (a 40°C)	---	1.4474-1.4995 (a 40°C)
Nombre botánico	Attalea Cohune o Orbignya.	---	Cocos Nucifera
Características organolépticas	Semi-sólido, blanco, análogo al aceite de coco.	---	Semi-sólido, blanco.
Densidad	0.893	---	---
Pto. fusión	27-30°C	---	23-26°C
% ácidos grasos libres	---	96.60 ± 0.005	86-92
Indice de acidez	---	261.58 ± 0.005	---

Referencia<sup>1</sup>

\* Los datos del corozo trabajados en forma experimental fueron aquellos de vital importancia para llevar a cabo la presente investigación.

1 G.B. Martinenghi, Tecnologia Chimica Industriale Deoli Oil, Grassi E Derivati  
(Milano: Editore Ulrico Hoepli, 1963), pp. 530.

APENDICE NO 2

Composición media del ácido graso total

	Corozo	Coco	Fórmula	Punto ebullición °C (1 atm.)
Acido caprónico	trazas	trazas	$C_6H_{12}O_2$	202
Acido caprílico	7.5	7-10	$C_8H_{16}O_2$	237
Acido caprínico	6.6	4-11	$C_{10}H_{20}O_2$	270
Acido láurico	46.4	45-51	$C_{12}H_{24}O_2$	298.8
Acido mirístico	16.1	17-20	$C_{14}H_{28}O_2$	351.5
Acido palmítico	9.3	4-9	$C_{16}H_{32}O_2$	326.2
Acido Steárico	3.3	1-3	$C_{18}H_{36}O_2$	376.1
Acido oléico	9.9	2-11	$C_{18}H_{34}O_2$	----
Acido límoléico	0.9	1-2.5	$C_{18}H_{32}O_2$	----

Referencia<sup>2</sup>

2 K. Mattil, F. Norris, A. Stirton y D. Swern, Bailey's Industrial Oil and Fat Products (3era. edición; New York: Interscience Publishers, 1964), pp.180.

Solubilidad del ácido graso saturado en agua

	0°C	20°C	40°C	60°C
Acido caprónico	0.864	0.968	1.095 (45°C)	1.171
Acido caprílico	0.044	0.068	0.0843	0.1071
Acido ceprínico	0.01	0.015	0.0072	0.01
Acido láurico	practicamente	insoluble	0.00077	0.0012
Acido mirístico	practicamente	insoluble	----	0.00056
Acido palmítico	practicamente	insoluble	insoluble	insoluble
Acido Steárico	practicamente	insoluble	insoluble	insoluble

Referencia<sup>3</sup>

---

3 Ibid., p. 124.

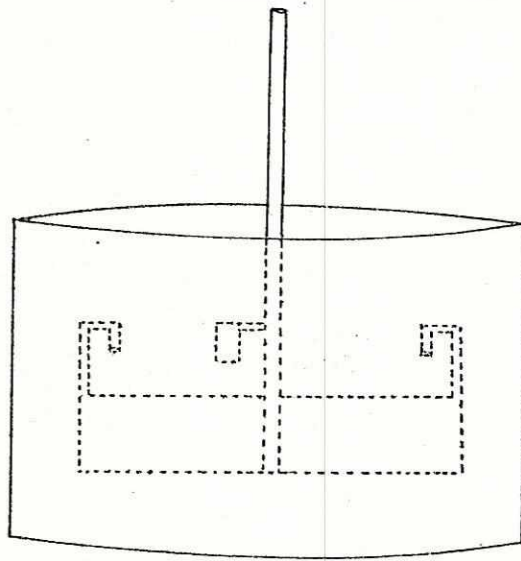
Características físicas y químicas del aceite de pino

Gravedad específica (15.5°C)	0.93 min.
Humedad	0.5% max.
Color - APHA	30 max.
Alcoholes terpénicos por deshidratación (ASTM D-802-57)	89.0%
Indice de refracción (20°C)	1.479-1.489
# ácido	1
Valor Kauri-Butanol	500
Rango de destilación	
Destilado abajo de 195°C	5.0% max.
Destilado abajo de 230°C	95.0% min.

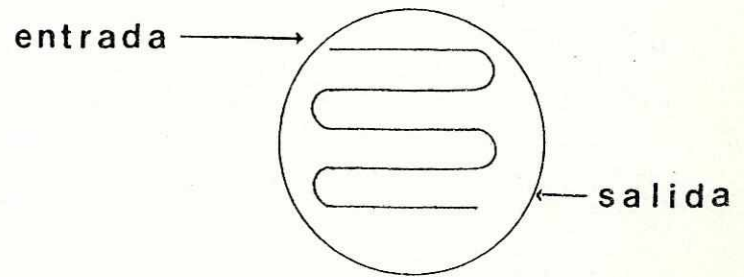
Referencia<sup>4</sup>

4 Product Data Sheet Organics, (Florida: Gliden Organics, 1973).

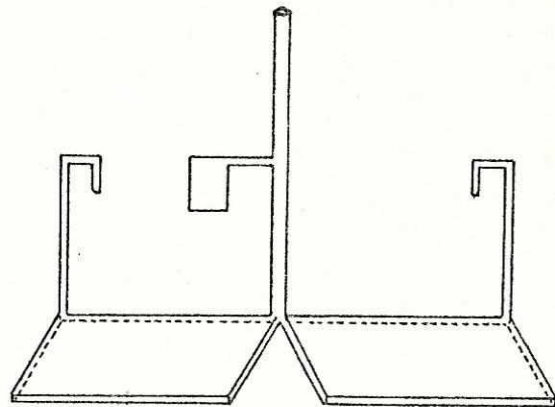
apéndice no.5  
tanque mezclador



rpm. = 1710  
hp. =  $\frac{1}{2}$   
mat. = hierro galvanizado



serpentín de vapor  
con entrada de agua  
de enfriamiento



agitador de dos paletas

## APENDICE Nº 6

## Aparatos utilizados

- Puente de Conductividad  
PM-70CB Conductivity Bridge  
Sybron/Barnstead
- Celda de Conductividad  
YSI 3400
- Baño Térmico  
Fisher versa bath  
Catalog 15-458-3  
Serie 136  
Modelo 131
- Balanza  
Triple Beam Balance  
Ohaus Series 700,800  
Nº 2,729,439
- Potenciómetro  
Beckman Zeromatic 553
- Electodo de pH  
Orion  
Cat Nº 91-01
- Infrarrojo  
Perkin-Elmer  
Serie Nº 1493

## APENDICE Nº 7

### Análisis de error

Los valores obtenidos para la Figura Nº 1 fueron tratados por el método del Q crítico para rechazar algunos de los datos, que se salían del patrón lineal. El método utilizado fue el siguiente:

$$Q = \frac{\text{más cercano-sospechoso}}{\text{más lejano -sospechoso}},$$

con un Q crítico a 90% de confianza. Los valores unitarios en sí, estaban medidos con precisión, por lo que no se rechazó ninguno. Los valores ya como un total, en la gráfica, sí fueron descartados porque el patrón que siguieron no coincidía con los otros puntos.

Las medidas tomadas con el puente de conductividad, como se había mencionado con anterioridad, son muy susceptibles a materias que interfieren en las lecturas; además del cambio de temperatura al alcanzar estabilidad térmica. Lecturas que se tomaron con 1°C de diferencia en el baño térmico pudieron afectar su valor de la conductividad específica, ya que la constante de la celda (tomada a 25°C) tiene una relación directa.

Substancias ajenas a la solución pudieron introducir compuestos que interfirieron con las lecturas del electrodo, como lo es la dureza variable del agua, impurezas en el emulsificante e impurezas en la base utilizada. El CO<sub>2</sub> es otro factor importante porque la muestra pudo estar en contacto con él, y así variar un poco la medida.

El puente de conductividad y su electrodo son aparatos muy sensibles, los cuales en un momento pudieron variar de lectura, por los aspectos anteriormente mencionados. Las lecturas variaron, algunas veces, hasta en 8 ohms.

## VII BIBLIOGRAFIA

Becher, Paul. Emulsions: Theory and Practice. 2da. ed.; New --  
York: Ed. Reinhold, 1965.

Becher, Paul. Principles of Emulsion Technology. New York: Ed.  
Reinhold, 1973.

Beerbower, A. y Hill, M.W. Detergents and Emulsifiers. 3era. -  
ed.; Ridgewood New Jersey: Allured Pub. Corp., 1971.

Burns, John D. "Tendencias en Tensioactivos Aniónicos". España:  
IX Jornadas del Comité Español de la Detergencia, 1983.

Clayton, W. The Theory of Emulsions and Their Technical Treat--  
ment. 5ta. ed.; New York: Mc Graw-Hill, 1954.

Hierrenz, P. Principles of Colloid and Surface Chemistry. ---  
U.S.A.: Dekker Inc., 1977.

König, H. "Análisis de Productos Tensioactivos por Medio de Méto-  
dos Fisico-químicos". España: IV Jornadas del Comité Español de la De-  
tergencia, 1980.

Laguardia, Jorge M. y Luján, Jorge. Guía de Técnicas de Investi-  
gación y cuaderno de trabajo. 12va. ed.; Guatemala: Editorial Servi--  
prensa Centroamericana, 1980.

Martinenghi, G.B. Tecnologia Chimica Industriale Degli Oli, Gra-  
ssi E Derivati. Milano: Editore Ulrico Hoepli, 1963.

Mattil, K.; Norris, F.; Stirton, A. y Swern, D. Bailey's Indus--  
trial Oil and Fat Products. 3era. ed.; New York: Interscience Publi--  
shers, 1964.

Prince, L.M. The Chemistry and Manufacture of Cosmetics. Vol.3;  
U.S.A.: Continental Press, 1975.

Puttnam, N.A. "Análisis Infrarrojo de Tensioactivos". España:  
IV Jornadas del Comité Español de la Detergencia, 1980.

Rosen, Milton J. "Surfactants: Designing Structure for Performan-  
ce". Chemtech (U.S.A.), May 1985.

Willard, H.; Merritt, L.; Dean, J.; Settle, F. Instumental Me---  
thods of Analysis. 6ta. ed.; U.S.A.: D. Van Nostrand Co.. 1981.

