

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CLASIFICACIÓN, DETERMINACIÓN Y PROCEDIMIENTOS PARA EL
ANÁLISIS QUÍMICO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BEBIDAS
ALCOHÓLICAS Y FERMENTADAS**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PILAR ALEJANDRA RUIZ DEL VALLE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1999



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**CLASIFICACIÓN, DETERMINACIÓN Y PROCEDIMIENTOS PARA EL
ANÁLISIS QUÍMICO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BEBIDAS
ALCOHOLICAS Y FERMENTADAS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química con fecha 16 de abril de 1997.


Alejandra Ruiz Del Valle

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL 1º.	ING. JOSE FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL 2º.	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
VOCAL 3º.	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIÉRREZ QUINTANA
VOCAL 4º.	BR. OSCAR STUARDO CHINCHILLA GUZMÁN
VOCAL 5º.	BR. MAURICIO ALBERTO GRAJEDA MARISCAL
SECRETARIA	ING. GILDA MARINA CASTELLANOS BAIZA DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR	ING. WILLIAMS GUILLERMO ÁLVAREZ MEJÍA
EXAMINADOR	ING. RODOLFO FRANCISCO ESPINOSA SMITH
EXAMINADOR	ING. TELMA MARICELA CANO MORALES
SECRETARIO	ING. GILDA MARINA CASTELLANOS BAIZA DE ILLESCAS

Guatemala, 29 de septiembre de 1,999.

Ingeniero
Otto Raúl de León de Paz
Director Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

Ingeniero de León.

Por medio de la presente hago constar que he asesorado el Informe Final de Tesis de la estudiante Alejandra Ruiz del Valle, denominada **CLASIFICACION, DETERMINACION Y PROCEDIMIENTOS PARA EL ANALISIS QUIMICO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BEBIDAS ALCOHOLICAS Y FERMENTADAS.**

Considero que el trabajo ha sido adecuadamente desarrollado, por lo que considero procedente que pase a revisión final previo a su aprobación como Tesis de Graduación.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Carlos Argueta Pinzón
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 28 de septiembre de 1,999

Ingeniero
Otto Raúl de León de Paz
Director Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Presente.

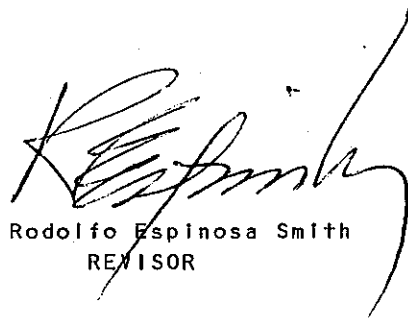
Estimado Ingeniero de León.

Por medio de la presente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado el Informe Final de Tesis de la estudiante **Alejandra Ruiz del Valle**, titulado: **CLASIFICACION, DETERMINACION Y PROCEDIMIENTOS PARA EL ANALISIS QUIMICO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BEBIDAS ALCOHOLICAS Y FERMENTADAS**, dejo constancia de aprobación para la autorización del respectivo trabajo.

Sin otro particular y agradeciéndole la atención que se sirva dar a la presente, le saluda.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Rodolfo Espinosa Smith
REVISOR



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química; Ing. Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis de la estudiante Pilar Alejandra Ruiz del Valle, titulado: **CLASIFICACION, DETERMINACION Y PROCEDIMIENTOS PARA EL ANALISIS QUIMICO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BEBIDAS ALCOHOLICAS Y FERMENTADAS**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Raúl de León de Paz
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA

Guatemala, octubre de 1,999.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

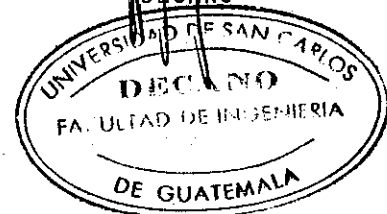


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ing. Otto Raúl de León de Paz, al trabajo de Tesis titulado: **CLASIFICACION, DETERMINACION Y PROCEDIMIENTOS PARA EL ANALISIS QUIMICO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BEBIDAS ALCOHOLICAS Y FERMENTADAS**, de la estudiante Pilar Alejandra Ruiz del Valle, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO



Guatemala, octubre de 1,999.

TESIS QUE DEDICO

A DIOS	GRACIAS
A mi madre	Dora Del Valle, con infinito agradecimiento por tu apoyo y paciencia
A mi hija	Alejandra (Bonnie), por la alegría que haz traído a mi vida.
A mis hermanos	Romeo y Paulo, con cariño.
A mi abuela	Amada Del Valle vda. de Ruiz, que este triunfo compense todos tus esfuerzos.
A mi tía	Silvia Del Valle de Búcaro y familia por todo el apoyo y cariño incondicional que me brindas.
A toda mi familia	Porque sé que siempre puedo contar con ustedes.
A mis catedráticos	En especial al Ingeniero Rodolfo Espinosa Smith por la ayuda brindada al presente trabajo.
A mis amigos	En especial a Corina Franco, Ana Rosa Paz, Mónica Gamas, Susy Romero, Víctor Mejía, Gerson Pérez, Juan Carlos Palma, Marco Chacón. Por todos los inolvidables momentos que compartimos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VI
INTRODUCCIÓN	VIII
RESUMEN	I
1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN	2
1.1 Bebidas alcohólicas destiladas	2
1.2 Aguardientes naturales	3
1.3 Aguardientes preparados	3
1.4 Licores	4
1.5 Bebidas alcohólicas fermentadas	6

2.	PROCEDIMIENTOS PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS Y FERMENTADAS	9
2.1	Azúcares reductores	9
2.1.1	Reactivos	9
2.1.2	Equipo	10
2.1.3	Procedimiento	11
2.1.4	Cálculos	12
2.1.5	Factor de calibración (F)	12
2.2	Carbohidratos totales	13
2.2.1	Reactivos	13
2.2.2	Equipo	13
2.2.3	Procedimiento	14
2.2.4	Curva de referencia	15
2.2.5	Preparación de muestra	16

2.3	Aldehídos	17
2.3.1	Reactivos	17
2.3.2	Equipo	17
2.3.3	Procedimiento	18
2.3.4	Cálculos	19
2.4	Alcoholes superiores	20
2.4.1	Reactivos	20
2.4.2	Equipo	21
2.4.3	Procedimiento	21
2.4.4	Cálculos	22
2.2.5	Cálculos del factor de calibración F	23
2.5	Esteres	24
2.5.1	Reactivos	24
2.5.2	Equipo	24
2.5.3	Procedimiento	25

2.5.4	Cálculos	25
2.6	Acidez total	26
2.6.1	Reactivos	26
2.6.2	Equipo	26
2.6.3	Procedimiento	26
2.6.4	Cálculos	27
2.7	Acidez volátil	28
2.7.1	Reactivos	28
2.7.2	Equipo	28
2.7.3	Procedimiento	29
2.7.4	Cálculos	29
2.8	Tiempo de reacción del permanganato	30
2.8.1	Reactivos	30
2.8.2	Equipo	30
2.8.3	Procedimiento	31

2.9	Furfuroles	32
2.9.1	Reactivos	32
2.9.2	Equipo	33
2.9.3	Procedimiento	33
2.9.4	Cálculos	34
	CONCLUSIONES	35
	RECOMENDACIONES	36
	BIBLIOGRAFÍA	37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

No.	Título	Página
I	Tabla de patrón A	15
II	Tabla de patrones	23
III	Índice de refracción	38
IV	Índice de refracción	39
V	Conversión de % de transmitancia (Tr) a densidad óptica (DO)	43

GLOSARIO

Acidez	Exceso de iones de hidrógeno en una solución acuosa.
Alcohol	Especie química llamada también etanol, alcohol etílico, espíritu de vino, metilcarbinol. Su fórmula es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$.
Azúcar	Sustancia formada por un hidrato de carbono, blanca, sólida, cristalizable, muy dulce que se encuentra en el jugo de muchas plantas.
Cromatografía	Método de análisis que permite la separación de gases o líquidos de una mezcla por adsorción selectiva, produciendo manchas diferentemente coloreadas en el medio adsorbente.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.
Destilación	Separación sucesiva de los líquidos de una mezcla aprovechando la diferencia entre los puntos de ebullición.

Fermentar	Transformar un cuerpo orgánico muy complejo en otros más simples por la acción de cuerpos llamados fermentos.
Levadura	Masa constituida por microorganismos capaces de actuar como fermentos.
Maceración	Extraer las partes solubles de una sustancia.
Melaza	Líquido espeso y dulce que queda como residuo de la cristalización del azúcar.
Mosto	Zumo exprimido de la uva antes de fermentar.
Neutralizar	Que no está ácida ni básica.
Reactivo	Sustancia que, por su capacidad de provocar determinadas reacciones, sirve en los ensayos y análisis químicos para revelar la presencia o medir la cantidad de otra sustancia.
Sacarímetro	Instrumento con que se determina la proporción de azúcar contenido en un líquido.
Titular	Valorar una disolución.
Volátil	Que tiene propiedad de volatilizarse.

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad se conoce de la elaboración y el consumo de las bebidas alcohólicas destiladas y fermentadas. El origen y la aplicación de la técnica de fabricación de bebidas alcohólicas es controversial. Mientras algunos historiadores y antropólogos aseguran haber encontrado en la Mesopotamia pinturas que datan de 4,200 años A.C. en las cuales hay escenas que denotan el conocimiento y uso de esta técnica de destilación, otros consideran que la fabricación fue utilizada en Egipto, donde, existieron los primeros alquimistas. De allí se trasladó a Arabia, para llegar después a España por medio de las Cruzadas, vulgarizándose más tarde a toda Europa, de donde fue traída a América (4). Guatemala no fue la excepción: se sabe que desde la época precolombina, los mayas las usaban en sus ceremonias religiosas (5).

Años atrás, en el interior del país, existían miles de pequeñas fábricas en caseríos y aldeas, que elaboraban las bebidas destiladas a partir de frutas de la época, para el consumo doméstico, sin ningún patrón de calidad, control de higiene y expendio, por lo que en el año de 1949, el Gobierno elaboró la *Ley, Reforma y Reglamento de Alcoholes, Bebidas Alcohólicas y Fermentadas*, basada en las normas internacionales del ramo, estableciendo así el control en el proceso de elaboración y expendio de dichas bebidas.

El Gobierno dictó que todo el alcohol producido por las fábricas permaneciera un año en añejamiento antes de ser puesto a la venta. El resultado de esta disposición fue la unificación de las pequeñas fábricas, las que quedaron reducidas en más de la mitad. Fueron establecidas en las cabeceras de los departamentos y existía un control en la producción y la calidad de las bebidas.

En la actualidad, cuando la producción de las bebidas alcohólicas destiladas y fermentadas se ha convertido en un importante soporte económico del país, es necesario cumplir con el estricto control para la elaboración de productos de alta calidad, el cual brinda plena seguridad a los consumidores.

RESUMEN

El trabajo realizado comprende la clasificación de las bebidas alcohólicas destiladas y fermentadas, así como la recopilación de los métodos de análisis químico cualitativo y cuantitativo utilizados en los diferentes laboratorios de análisis de bebidas con contenido alcohólico.

Se ha tomado como referencia lo establecido en la *Ley y Reglamento de Alcoholes, Bebidas Alcohólicas, y Fermentadas*, la cual está basada en patrones internacionales, y tiene por objetivo regularizar la producción, calidad del producto y el expendio de las mismas.

Se concluye que es absolutamente necesario cumplir con las disposiciones mencionadas en dicha legislación, debido a que el consumo es a nivel nacional, en todos los sectores de la población, y que la producción de estas bebidas proporciona un importante soporte económico al país.

1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Se denomina corrientemente alcohol a la especie química llamada también etanol, alcohol etílico, espíritu de vino, metilcarbinol, etc. Su fórmula es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}$. (1)

Las bebidas que poseen un contenido alcohólico se dividen en dos grandes grupos:

- Bebidas alcohólicas destiladas
- Bebidas alcohólicas fermentadas.

1.1 Bebidas alcohólicas destiladas

Las bebidas alcohólicas destiladas se dividen a su vez en: aguardientes y licores.

a) Aguardientes: Se obtienen (sin adición de ningún aroma) por destilación de líquidos fermentados naturalmente, tales como el vino, la sidra o bien de frutas, orujos, semillas o productos vegetales similares previamente fermentados.

Estos aguardientes se caracterizan por el hecho de conservar el sabor o aroma peculiar debido a la presencia de los componentes aromáticos secundarios (ésteres, aldehídos, ácidos, alcoholes superiores) inherentes a la propia naturaleza de la materia prima utilizada en la destilación.

Los aguardientes se dividen a su vez en:

- a) Aguardientes naturales
- b) Aguardientes preparados

1.2 Aguardientes naturales

Son aquéllos cuyo aroma y gusto particular se debe a la fermentación alcohólica y destilación de jugos o semillas y demás sustancias que hubieren servido de materia prima en su preparación o de los recipientes donde se almacenaron. Entre ellos se encuentran: Coñac, whisky, vodka, armañac, grappa y brandy.

En cuanto a su riqueza alcohólica, está comprendida entre 45 a 48 grados, pudiendo llegar a un máximo de 50 grados Gay Lussac según establece el decreto 536 del Reglamento de la ley de bebidas alcohólicas.

1.3 Aguardientes preparados

Son aquéllos elaborados con alcohol y agua por maceración de frutos, semillas o por adición de esencias naturales o artificiales y azúcares en una proporción mayor al 1% y que no exceda del 10% expresada en sacarosa. (3)

1.4 Licores

Son aguardientes aromatizados ya sea por maceración de sustancias vegetales o por destilación en presencia de dichas sustancias, por adición de esencias naturales o artificiales o por el empleo combinado de los mencionados procedimientos. Deben contener además, azúcares en cantidades mayores de 10 gramos por ciento expresados en sacarosa.

Dentro de las bebidas destiladas más conocidas tenemos: (2)

1. Aguardiente de vino o de orujo de uva: Como el coñac, armañac, grappa y el brandy; el cual es el producto obtenido de la destilación exclusiva del vino de uva.
2. Whisky, vodka y otros aguardientes obtenidos por fermentación y destilación de mostos de granos de cereales como cebada, avena, centeno papa.
3. Ron: Producto exclusivo de la fermentación alcohólica y destilación del jugo de caña de azúcar o de panela, así como los que se obtienen por destilación de melazas de remolacha azucarera.
4. Ginebra o Gin: Bebida alcohólica obtenida por la destilación de cereales sacarificados que han sufrido la fermentación en presencia de bayas de enebro, así como las bebidas espirituosas obtenidas por la destilación de alcoholes con frutos u otras partes de plantas: el aquavit, por ejemplo.

5. El aguardiente de sidra llamado calvados; de ciruela, llamado Mirabelle y Quetsche; de cereza llamado kirsch.
6. El arac: es el aguardiente de arroz o de vino de palma.
7. Los licores llamados cremas: Esta denominación se debe a su consistencia o color. En general, contienen poco alcohol y son muy azucarados. Entre ellas podemos encontrar la crema de cacao, de banano, de vainilla, de café, de grosella; así como los licores llamados emulsiones, principalmente los licores de huevos o de nata fresca.
8. Las ratafias: Especie de licor, obtenido con los zumos de frutos a las que suele añadirse una pequeña cantidad de sustancias aromáticas ajenas, entre ellas ratafias de cerezas, de grosella, de frambuesa y de albaricoque.
9. Aguardientes regionales: Entre ellos, la olla, que es el producto obtenido por la fermentación y destilación de mostos de panela en aparatos especiales que deben estar constituidos en su mayor parte de barro cocido, lo que le da el bouquet que lo caracteriza.

Según el reglamento de la ley de bebidas alcohólicas y fermentadas, la riqueza alcohólica de los aguardientes preparados y licores estará comprendida entre los 40 y 45 grados Gay Lussac, pudiendo fabricarlos con una riqueza alcohólica de menor grado alcohólico siempre y cuando no baje de 25 grados Gay Lussac. (1)

Además, según artículo 41 de dicha ley, si la bebida es imitada, o sea únicamente se utiliza la esencia para darle el toque, se añadirá al nombre en etiqueta la palabra *tipo o fantasía*. (1)

1.5 Bebidas alcohólicas fermentadas

Vinos: Es el producto obtenido de la fermentación espontánea del mosto de uvas sanas y maduras sin adición de levaduras. Los azúcares que contienen se convierten en alcohol. (2)

Los vinos se dividen en:

Vino espumoso: Es el vino obtenido por incorporación de anhídrido carbónico a vinos blancos, tintos o rosados.

Vino de frutas: Es el producto obtenido por la fermentación alcohólica normal de un mosto de fruta, excluyendo el de uva.

Vino generoso: Aquéllos cuyo contenido alcohólico elevado, se obtiene generalmente de mostos ricos en azúcar, la cual sólo una parte se ha transformado en alcohol por la fermentación. Se obtiene añadiendo mostos concentrados, mistelas o alcohol.

Vino de pasas: Resulta de la fermentación de zumos de frutas de la uva fresca (vino de higos, de dátiles, de bayas, sake o vino de arroz, vino de palma, etc.)

Vino tinto: Es el vino fabricado con variedades de uvas tintas o negras que contiene las materias colorantes del jugo, pulpa y cáscara de la uva.

Vino blanco: Es el vino fabricado con variedades de uvas blancas o con otras variedades. Se sigue una técnica de fabricación apropiada para evitar que las sustancias colorantes contenidas en la cáscara se disuelven en el mosto.

Vino clarete, rosado, tornasol o Schiller: Es el vino tinto claro obtenido con mostos elaborados con mezcla de uvas tintas y blancas, y muy poco contacto con los orujos o por cortes de vinos tintos y blancos.

Vino abocado: Es el vino que no puede calificarse como seco ni como dulce, y tiene un gusto semidulce agradable.

Vino de pasto: Es el vino común de poca edad que por su contenido alcohólico no muy alto y sabor seco, se consume habitualmente durante las comidas.

Vino seco: Es el vino que no contiene azúcar sin fermentar o contiene muy poca.

Vino vermut: Es el vino compuesto hecho con la mezcla de extractos de hierbas, especias y otros vegetales, con un contenido alcohólico máximo de 18 % en volumen a 15C, fabricado de tal manera que el producto posea el gusto aroma y características generalmente atribuidas al vermut.

Vino medicinal: Es el vino compuesto que tiene disuelta una o varias sustancias medicinales.

Un vino podrá llevar una denominación de origen de acuerdo a los siguientes requisitos:

- Si por lo menos, un 75% de su volumen procede de mosto de uva fermentado en la localidad o región correspondiente.
- Si las operaciones posteriores a la fermentación fueron efectuadas dentro de la misma localidad
- Si cumple con las leyes y regulaciones de la mencionada localidad en lo que se refiere a composición, método de fabricación y designación para los vinos de consumo local.

2. PROCEDIMIENTOS PARA ANÁLISIS QUÍMICO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS DESTILADAS Y FERMENTADAS

2.1 Azúcares reductores

El método Lane Eynan se aplica para determinar el contenido de azúcares reductores en materiales como melaza, mieles, azúcar invertido, etc. Si la sacarosa presente en el producto se invierte previamente, este método puede utilizarse para determinar el contenido total de azúcar. Para fermentación de melaza se asume que el 99 % de los azúcares reductores son fermentables.

2.1.1 Reactivos

- Reactivo de Fehling, parte A (solución de sulfato de cobre).
- Reactivo de Fehling, parte B (solución alcalina de tartrato sal de rochelle).

2.1.2 Equipo

- Baño María.
- Buretas (50 ml.).
- Pipetas de 10 ml.
- Balones aforados (100,250 y 1,000 ml.).
- Calentador /agitador magnético.

2.1.3 Procedimiento

- a) Pesar 10 g. de la muestra de melaza.
- b) Diluir con agua destilada hasta completar 1,000 ml.
- c) Tomar una alícuota de 100 ml e invertir la sacarosa, agregando 10 ml. de HCL concentrado.
- d) Calentar en baño María a 70 grados centígrados, durante 10 minutos.
- e) Agregar unas gotas de fenoftaleína y neutralizar la solución con NaOH.
- f) Completar la solución con agua destilada hasta 250 ml (solución C) y colocarla en una bureta de 50 ml.
- g) Mezclar 5 ml. de la solución de 250 ml (solución A +B).
- h) Agregar unas gotas de azul de metileno a la solución combinada (A+B).
- i) Titular la solución (A+B) con la solución de la bureta, hasta que la solución (A+B) cambie a un color rojo-ladrillo, La titulación debe llevarse a cabo a temperatura de ebullición.

2.1.4 Cálculos

$$\text{Porcentaje de azúcar} = \frac{F}{V * W}$$

Donde:

F= factor de calibración.

V= mililitros de la solución C utilizados.

W= Peso de la muestra en gramos.

2.1.5 Factor de calibración (f)

- Disolver 2.5 g. de glucosa pura en agua destilada y llevar a 1.000 ml.
- Titular la solución combinada (A + B) con la solución de glucosa.
- Luego: F = 625 g

Donde: G = ml de la solución de glucosa necesaria para completar la reacción con la solución combinada.

2.2 Carbohidratos totales

Método Colorimétrico: Fenol-Sulfúrico.

Este método se utiliza para determinar el contenido total de azúcares de un material de una forma simple, sensible y confiable, cuando se hace correctamente sólo tiene un error de más o menos de 2%.

2.2.1 Reactivos

- Solución al 5% de fenol. Disolver 50 g de fenol y llevarlo a 1,000 ml. con agua destilada.
- Ácido sulfúrico al 96 % grado reactivo.

2.2.2 Equipo

- Espectrofotómetro.
- Tubos de ensayo.

2.2.3 Procedimiento

- a) Pipetear 1 ml. de la muestra preparada en un tubo de ensayo (debe contener azúcar dentro del rango de 10 a 70 mg /ml.).
- b) Agregar 1 ml. de la solución de fenol al 5% y agitar bien.
- c) Simultáneamente preparar una muestra.
- d) Cuidadosamente pipetear 5 ml. de ácido sulfúrico concentrado al tubo de ensayo y agitar.
- e) Dejar enfriar durante 15 minutos en el baño de agua. Se desarrollará un color naranja.
- f) Medir el porcentaje de transmitancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 490 mU. (El espectrofotómetro se calibra a 100% de transmitancia, T con el blanco).
- g) El contenido de azúcar se determina relacionando el porcentaje de transmitancia de la muestra contra una curva de calibración previamente preparada para sacarosa.

2.2.4 Curvas de referencia

- Cuidadosamente, preparar un gramo de sacarosa y diluir a 1,000 ml. con agua destilada. Esta solución contiene 1,000 microgramos de sacarosa por ml. Con esta solución (patrón A) preparar las siguientes soluciones:

Tabla No. I Tabla de patrón A

ml de solución A	Volumen final	Sacarosa/ml
1.0	100	10
2.0	100	20
3.0	100	30
4.0	100	40
5.0	100	50
6.0	100	60
7.0	100	70
80	100	80
90	100	90
100	100	100

El método descrito se aplica a cada muestra para obtener su porcentaje de transmitancia (T) o densidad óptica, y luego se grafica contra la concentración de sacarosa.

$$\text{Densidad óptica} = 2 - \log. \text{ de } T$$

2.2.5 Preparación de la muestra

- **Pesar 10 gramos de melaza, diluir a 1,000 ml., y filtrar.**
- **Tomar 10 ml. de esa solución y diluir nuevamente a 1,000ml. para obtener una solución de aproximadamente 40 a 50 mg. de azúcar por ml.**

2.3 Aldehídos en alcoholes

2.3.1 Reactivos

- Tiosulfato de sodio, 0.05N.
- Solución de yodo, aproximadamente 0.05N.
- Solución de bisulfito de sodio. Aproximadamente 0.1N (no usarse si la muestra contiene más de 0.39/100 gl).
- Solución de almidón, aproximadamente 1%.

2.3.2 Equipo

- Aparato de destilación.
- Erlenmeyers de 125ml.
- Buretas de 100 ml.

2.3.3 Procedimiento

- a) **Agregar 10 ml. de la solución de bisulfito a 50 ml. de la muestra destilada y a 50 ml. de agua destilada (blanco). Dejar reposar durante 30 minutos agitando ocasionalmente.**
- b) **Agregar 25 ml. de solución de todo a yodo a ambas muestras.**
- c) **Al agregar yodo la solución debe permanecer roja, lo contrario significa que la solución de bisulfito está muy concentrada.**
- d) **Titular el exceso de yodo con la solución de tiosulfato de sodio, usando almidón como indicador. El almidón debe agregarse después de añadir algunos ml. de tiosulfato.**

2.3.4 Cálculos

$$\frac{\text{Mg. de acetaldehído}}{\text{-----}} = \frac{\text{V*11000}}{\text{-----}}$$
$$\text{100 ml. alcohol al 100} \qquad \qquad \qquad \text{V1*G}$$

En donde:

V = Diferencia en ml. de tiosulfato de sodio entre la muestra y el control.

V1 = Volumen de muestra en ml.

G = Grado alcohólico real (GL).

2.4 Alcoholes superiores

2.4.1 Reactivos

- P-Dimetilamino-benzaldehído (PDAB): Disolver 1 g. De DMAB en una mezcla de 5 ml. de H₂SO₄ y 90 ml. de agua: aforar a 100 ml
- Alcohol isobutílico de alta pureza para análisis de aceite de fusel (Grado analítico).
- Alcohol isoamílico de alta pureza para análisis de aceite de fusel (Grado analítico).
- Alcohol etílico de alta pureza (Grado analítico).
- Estándar sintético de aceite de fusel: pesar 2 g. de alcohol isobutílico y 8 g. de alcohol isoamílico, diluir a 1,000 ml. con agua destilada.
- Soluciones patrón: ver cálculo de factor de calibración F.
- Ácido sulfúrico concentrado.

2.4.1 Equipo

- Pipetas de 1, 2, 5, 10 ml.
- Balones aforados de 25, 100, 1,000 ml.
- Espectrofotómetro.
- Aparato de destilación.

2.4.2 Procedimiento

- a) Los añejos, blancos, rectificados, whiskys, brandies, rones, etc. requieren destilación: Diluir la muestra con solución de etanol al 40% de tal forma que la concentración de alcoholes superiores sea de 2 a 5 mg/100 ml.
- b) Tomar 2 ml. de muestra y 2 ml. de agua destilada, (para control) en tubos de ensayo.
- c) Colocar los tubos de ensayo en un baño de hielo y agregar 1 ml. de solución DMAB; agitar y agregar 5 ml. de H₂SO₄, agitar, de nuevo.
- d) Poner en baño de María durante 20 minutos (agua a 100°C).
- e) Enfriar y leer la transmitancia de 540 mU.

2.4.3 Cálculos

$$\frac{\text{mg. Alcoholes superiores}}{\text{-----}} = \frac{\text{D.O} * \text{F} * 10,000}{\text{-----}}$$
$$\frac{100 \text{ ml alcohol al } 100\%}{\text{-----}} = \frac{\text{G} * \text{D}}{\text{-----}}$$

En donde:

D.O = Densidad óptica de la muestra

F = Factor de calibración (obtenido de la curva estándar: es igual al inverso de la pendiente).

G = Grado alcohólico real (G.L.).

D = Factor de dilución = $\frac{\text{ml muestra}}{\text{-----}}$
Vol. final con etanol a 40%

2.4.5 Cálculo del factor de calibración F

- Tomar 10 ml. de estándar sintético de aceite de fusel, aforar a 1,000 ml.
- Esta nueva solución contiene 0.1 mg. de alcoholes superiores/ ml.

Preparar los siguientes patrones:

Tabla No. II Tabla de patrones

ml de sol 0.1 mg/ml	Aforar a ml. (*)	Concentración de las soluciones patrón
0	100	0
10	100	$1 \cdot 10^{-2}$ mg/ml
20	100	$2 \cdot 10^{-2}$ " "
30	100	$3 \cdot 10^{-2}$ " "
40	100	$4 \cdot 10^{-2}$ " "
50	100	$5 \cdot 10^{-2}$ " "
60	100	$6 \cdot 10^{-2}$ " ""

Para diluir usar solución de etanol grado reactivo al 40% (v/v). A cada una de las soluciones patrón aplicarles el método de determinación, luego plotear la densidad óptica contra la concentración de alcoholes superiores. "F" es el inverso de las pendientes de la recta.

2.4 Esteres

2.5.1 Reactivos

- Solución de NaOH 0.1N.
- Solución de ácido sulfúrico 0.1N.

2.5.2 Equipo

- Aparato de destilación.
- Aparato de reflujo.
- Buretas de 100 ml.
- Erlenmeyers de 125 ml.

2.5.3 Procedimiento

- a) Tomar 50 ml. de muestra destilada y neutralizar con solución de NaOH .
- b) Usando fenoftaleína como indicador (usar la muestra utilizada para acidez volátil) correr en control usando agua destilada.
- c) Agregar 10 ml. de NaOH a ambas destiladas.
- d) Calentar a reflujo durante 2 horas.
- e) Enfriar y titular el exceso de NaOH con ácido sulfúrico 0.1 N.

2.5.3 Cálculos

$$\frac{\text{mg acetato de etilo}}{\text{-----}} = \frac{N * V * 880\ 000}{V' * G}$$

100 ml. de alcohol al 100%

En donde:

N = Normalidad del ácido sulfúrico.

V = Diferencia en ml. De ácido sulfúrico gastada entre la muestra y el control.

V' = Volumen de muestra (ml).

2.6 Acidez total

2.6.1 Reactivos

- Solución de fenoftaleína.
- Solución de NaOH 0.01 N.

2.6.2 Equipo

- Erlenmeyers de 125 ml.
- Bureta de 25 ml.

2.6.3 Procedimiento

- a) Colocar una alícuota de la muestra alcohólica en un Erlenmeyer de 125 ml.
- b) Agregar 2 gotas de fenoftaleína y titular la solución de NaOH 0.01 N.

2.6.3 Cálculos

$$\frac{\text{mg de ácido acético}}{\text{-----}} = \frac{N * V * 600\,000}{V'' * G}$$

100 ml alcohol 100 %

En donde:

V = Volumen utilizado de NaOH.

N = Normalidad del NaOH.

V'' = Volumen de muestra.

G = Grado alcohólico real (G.L).

2.7 Acidez volátil

2.7.1 Reactivos

- Solución de NaOH 0.01N.
- Solución de fenofaleína.

2.7.2 Equipo

- Equipo de destilación.
- Buretas de 25 ml.
- Erlenmeyer de 125 ml.

2.7.3 Procedimiento

- a) Destilar 250 ml. de muestra.
- b) Tomar 50 ml. del destilado.
- c) Titular con NaOH 0.01 N usando fenoftaleína como indicador.

2.7.4 Cálculos

$$\frac{\text{g. ácido acético}}{\text{-----}} = \frac{N * V}{\text{-----}}$$
$$\frac{100 \text{ ml alcohol anhidrico}}{\text{-----}} = \frac{V'' * S}{\text{-----}}$$

En donde:

V = Volumen utilizado de NaOH.

V'' = Volumen de muestra.

N = Normalidad del NaOH.

G = Grado alcohólico real (G.L).

2.8 Tiempo de reacción del permanganato

Este es un método que indica el contenido global de impurezas. Es una indicación rápida de la calidad del alcohol final. Se conoce con el nombre de Test de Darbet.

2.8.1 Reactivos

- Permanganato de Potasio solución 0.1N.

2.8.2 Equipo

- Probeta graduada 50 ml.
- Cronómetro.
- Baño de hielo o refrigerador.

2.8.3 Procedimiento

- a) Colocar 50 ml. del producto final (alcohol) en cada una de las 2 probetas y bajar su temperatura a 15°C en el refrigerador.
- b) Agregar 2 gotas de solución de permanganato al contenido de una de las probetas (la otra, es el blanco de referencia) y mezclar. La solución se tornará rosada. Iniciar el conteo de tiempo.
- c) Cuando el color rosado desaparezca totalmente, parar el cronómetro y anotar el tiempo transcurrido.
- d) Entre más neutro el alcohol (menos impurezas), más largo será el tiempo de reacción.

Rango: 1 a 50 minutos

Alcohol pesado: 0-15 minutos

Alcohol fino: 15-25 minutos

Alcohol extrafino (neutro) 25-50 minutos

2.9 Furfuoles

2.9.1 Reactivos

- Furfuol redestilado.
- Soluciones patrón: pesar 1 g de furfuol redestilado y diluir a 100 ml. con alcohol libre de furfuol.
- Preparar soluciones que contengan concentraciones entre 0 y 1×10^{-2} mg/ml. de furfuol. Debe usarse alcohol a un grado similar al de la muestra. (40% v/v).
- Añilina redestilada.
- Solución de ácido clorhídrico al 50%.

2.9.2 Equipo

- Pipetas 1, 2, 5, 10 ml.
- Balones aforados de 25, 50, 100, 1,000 ml.
- Espectrofotómetro.
- Tubos de ensayo.

2.9.3 Procedimiento

- a) Coloque 10 ml. de muestra (o dilución y un control de etanol a grado similar a la muestra en tubos de ensayo).
- b) Agregar 2 ml. de añilina redestilada.
- c) Agrega 1 ml. de ácido clorhídrico al 50%.
- d) Dejar reposar hasta que el color rosado cambie a amarillo.
- e) Leer transmitancia a una longitud de 346 mU.
- f) Las soluciones patrón llevan el mismo tratamiento plotear mg. de furfurool/ml. en las abscisas y densidad óptica en las ordenadas.

2.9.4 Cálculos

$$\frac{\text{mg furfurool}}{\text{-----}} = \frac{\text{D.O. *F * 10000}}{\text{-----}}$$
$$\frac{\text{100 ml de alcohol a 100\%}}{\text{-----}} = \frac{\text{G * D}}{\text{-----}}$$

En donde:

D. O. = Densidad óptica de la muestra.

F = Factor de calibración (obtenido de curva estándar, es igual al inverso de la pendiente).

G = Grado alcohólico real (G.L).

D = Factor de dilución = $\frac{\text{ml .muestra}}{\text{vol. final con etanol}}$

CONCLUSIONES

1. Debido a que el consumo de bebidas con contenido alcohólico es parte de la cultura del país, es necesario el control minucioso de dichas bebidas para asegurar la calidad del producto en beneficio de los consumidores.
2. La presente tesis contiene información básica sobre la clasificación y los procedimientos de análisis químico, basados en la recopilación de las normas establecidas por el Estado, para el aseguramiento de la calidad de las bebidas con contenido alcohólico.
3. Siendo las bebidas alcohólicas un importante soporte económico, es indispensable la verificación de la calidad del producto elaborado y expendido.

RECOMENDACIONES

1. Que se promuevan charlas, conferencias y visitas técnicas a las empresas que elaboran bebidas alcohólicas, para que el alumno se forme una mejor idea de los recursos y las necesidades de nuestro medio.
2. Se sugiere que cuando se lleve a cabo una revisión de la Ley , se incluya en la misma, los niveles permisibles de congenéricos para cada bebida alcohólica, en particular.
3. Se recomienda realizar un estudio a nivel de laboratorio, con los alumnos, el cual tendría por objeto establecer la calidad del producto elaborado en Guatemala.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tipografía Nacional, Guatemala, 1949. *Ley de Alcoholes, Bebidas Alcohólicas y Fermentadas*. Decreto 536 del 31-8-48.
2. *Association of official methods analytical chemist. Methods of analysis. 12 Ed.* Washington, D.C., 1975
3. *Norma oficial de nomenclatura para la industria de bebidas alcohólicas*. Ministerio de Industria y Comercio. San José, Costa Rica, 1969.
4. Kirk-Othmer. *Enciclopedia of chemical technology*, Vol. 1, 2° Ed., John Wiley & Sons, New York, 1963.
5. Hernández S.,(et. al.). *Anteproyecto de decreto sobre el "caldo de frutas de Salcajá y olla de San Jerónimo"*, presentación ante el Congreso de la República agosto, 1972.

Tabla No. III Índice de refracción

INDICE DE REFRACCIÓN	TEMPERATURA EN ° C								
	17.5	18	19	20	21	22	23	24	25
1.33250									0.00
3257									0.18
3265								0.14	0.35
3273							0.10	0.31	0.53
3281						0.08	0.28	0.49	0.70
3288					0.04	0.24	0.45	0.67	0.88
3296					0.21	0.41	0.63	0.84	1.06
3304				0.16	0.38	0.59	0.80	1.02	1.24
3312			0.14	0.34	0.55	0.77	0.98	1.19	1.40
3319	0.00	0.10	0.31	0.52	0.73	0.94	1.16	1.36	1.55
3327	0.17	0.27	0.48	0.69	0.91	1.12	1.32	1.51	1.71
3335	0.34	0.44	0.85	0.85	1.07	1.29	1.47	1.66	1.86
3343	0.51	0.60	0.82	1.03	1.24	1.44	1.62	1.82	2.01
330	0.68	0.78	0.99	1.21	1.40	1.60	1.77	1.97	2.17
3358		0.94	1.17	1.36	1.55	1.75	1.92	2.12	2.33
	0.84								
3366	1.02	1.12	1.32	1.51	1.70	1.90	2.08	2.27	2.48
3374	1.18	1.29	1.47	1.66	1.85	2.05	2.24	2.43	2.62
3381	1.34	1.43	1.62	1.81	2.00	2.20	2.39	2.57	2.77
3389	1.49	1.57	1.77	1.96	2.15	2.35	2.53	2.72	2.92
3397	1.63	1.72	1.92	2.11	2.30	2.50	2.69	2.87	3.06
3405	1.77	1.87	2.06	2.26	2.45	2.65	2.82	3.02	3.21
3412	1.92	2.01	2.21	2.41	2.59	2.79	2.97	3.17	3.36
3420	2.07	2.16	2.36	2.56	2.74	2.94	3.12	3.22	3.51
3428	2.21	2.31	2.51	2.70	2.89	3.09	3.27	3.46	3.66
3435	2.36	2.45	2.66	2.85	3.04	3.23	3.42	3.61	3.81
3443	2.50	2.60	2.81	3.00	3.19	3.37	3.57	3.76	3.96
3451	2.65	2.75	2.90	3.15	3.34	3.52	3.71	3.91	4.11
3459	2.80	2.09	3.10	3.30	3.48	3.66	3.86	4.06	4.26
3466	2.95	3.05	3.25	3.45	3.63	3.81	4.01	4.21	4.41

TOMADA DE A.O.A.C. 12 ED. WASHINGTON D.C. 1975

Tabla No. IV Índice de refracción

INDICE DE REFRACCION	TEMPERATURA EN ° C								
	17.5	18	19	20	21	22	23	24	25
3474	3.10	3.19	3.40	3.59	3.77	3.96	4.16	4.36	4.56
3482	3.25	3.34	3.55	3.73	3.92	4.11	4.31	4.51	4.70
3489	3.39	3.48	3.70	3.88	4.07	4.26	4.46	4.65	4.85
3497	3.53	3.63	3.84	4.03	4.22	4.41	4.61	4.80	5.00
3505	3.68	3.78	3.98	4.17	4.37	4.56	4.75	4.95	5.15
3513	3.83	3.93	4.13	4.32	4.52	4.72	4.90	5.10	5.29
3520	3.97	4.07	4.27	4.47	4.66	4.87	5.05	5.24	5.44
3528	4.12	4.22	4.42	4.61	4.82	5.01	5.20	5.38	5.58
3536	4.26	4.36	4.56	4.75	4.96	5.15	5.34	5.52	5.72
3543	4.41	4.51	4.70	4.90	5.10	5.29	5.48	5.67	5.87
3551	4.56	4.65	4.85	5.04	5.24	5.44	5.62	5.82	6.02
3559	4.70	4.80	4.99	5.19	5.39	5.58	5.77	5.96	6.16
3566	4.84	4.94	5.14	5.33	5.53	5.72	5.91	6.11	6.30
3574	4.99	5.09	5.28	5.47	5.67	5.87	6.06	6.25	6.44
3582	5.13	5.23	5.43	5.61	5.82	6.01	6.20	6.39	6.59
1.33590	5.27	5.37	5.57	5.76	5.96	6.15	6.34	6.54	6.73
3597	5.41	5.51	5.71	5.90	6.11	6.29	6.49	6.68	6.87
3605	5.56	5.65	5.85	6.05	6.25	6.43	6.63	6.82	7.01
3613	5.70	5.80	6.00	6.19	6.39	6.57	6.77	6.96	7.16
3620	5.85	5.94	6.14	6.33	6.53	6.71	6.91	7.10	7.31
1.33628	5.99	6.08	6.28	6.47	6.67	6.86	7.06	7.24	7.45
3636	6.13	6.22	6.42	6.61	6.81	7.00	7.20	7.39	7.59
3643	6.27	6.36	6.56	6.75	6.95	7.14	7.34	7.53	7.73
3651	6.41	6.50	6.70	6.90	7.09	7.28	7.48	7.67	7.87
3659	6.55	6.64	6.85	7.04	7.23	7.42	7.62	7.81	8.00
3666	6.69	6.78	6.99	7.18	7.38	7.56	7.76	7.95	8.14
3674	6.83	6.92	7.13	7.32	7.52	7.70	7.90	8.09	8.28
3682	6.97	7.06	7.27	7.46	7.66	7.84	8.04	8.23	8.42
3689	7.11	7.20	7.41	7.60	7.80	7.98	8.17	8.37	8.55
3697	7.25	7.35	7.55	7.74	7.93	8.12	8.31	8.51	8.69

TOMADA DE A.O.A.C. 12 ED. WASHINGTON D.C. 1975

Continuación tabla IV

INDICE DE REFRACCION	TEMPERATURA EN ° C								
	17.5	18	19	20	21	22	23	24	25
3743	8.07	8.16	8.36	8.55	8.75	8.95	9.14	9.34	9.53
3751	8.21	8.30	8.50	8.69	8.89	9.09	9.28	9.48	9.67
3758	8.34	8.44	8.63	8.82	9.03	9.22	9.42	9.61	9.81
3766	8.48	8.57	8.77	8.96	9.16	9.36	9.55	9.75	9.95
3774	8.62	8.71	8.91	9.10	9.30	9.49	9.69	9.89	10.09
3781	8.75	8.85	9.05	9.23	9.44	9.63	9.83	10.03	10.23
3789	8.89	8.98	9.18	9.37	9.58	9.76	9.97	10.17	10.37
3796	9.02	9.12	9.32	9.51	9.71	9.90	10.10	10.31	10.51
3804	9.16	9.26	9.45	9.65	9.85	10.03	10.24	10.45	10.65
3812	9.29	9.39	9.59	9.79	9.98	10.17	10.38	10.58	10.79
3820	9.43	9.53	9.72	9.92	10.12	10.31	10.51	10.72	10.93
3827	9.57	9.66	9.86	10.06	10.25	10.45	10.65	10.86	11.06
3835	9.70	9.80	9.99	10.19	10.39	10.59	10.79	11.00	11.20
3842	9.84	9.93	10.13	10.32	10.52	10.72	10.93	11.13	11.33
3850	9.97	10.07	10.26	10.46	10.66	10.86	11.06	11.27	11.47
3858	10.1	10.19	10.40	10.59	10.79	11.00	11.20	11.40	11.61
3865	10.24	10.33	10.52	10.73	10.93	11.13	11.33	11.54	11.75
3878	10.36	10.46	10.66	10.86	11.06	11.27	11.47	11.67	11.88
3881	10.50	10.59	10.79	10.99	11.20	11.39	11.60	11.81	12.01
3888	10.63	10.72	10.93	11.12	11.33	11.58	11.64	11.94	12.15
3890	10.76	10.86	11.05	11.26	11.46	11.66	11.87	12.08	12.29
3904	10.89	10.99	11.18	11.38	11.59	11.79	12.00	12.21	12.42
3911	11.02	11.12	11.31	11.51	11.72	11.93	12.13	12.34	12.56
3919	11.15	11.25	11.44	11.64	11.85	12.06	12.27	12.48	12.70
3926	11.28	11.38	11.58	11.78	11.99	12.19	12.40	12.61	12.84
3934	11.41	11.51	11.71	11.91	12.12	12.32	12.54	12.75	12.97
3942	11.54	11.64	11.84	12.04	12.25	12.46	12.67	12.89	13.11
3949	11.66	11.77	11.97	12.17	12.38	12.59	12.81	13.02	13.24
3957	11.79	11.90	12.10	12.30	12.51	12.72	12.94	13.15	13.37
3964	11.92	12.03	12.23	12.43	12.64	12.85	13.07	13.29	13.51

Continuación tabla IV

INDICE DE REFRACCION	TEMPERATURA EN ° C								
	17.5	18	19	20	21	22	23	24	25
4010	12.69	12.79	13.01	13.22	13.43	13.64	13.86	14.09	14.31
4018	12.82	12.92	13.13	13.35	13.56	13.78	13.99	14.22	14.44
4025	12.95	13.05	13.05	13.48	13.69	13.91	14.13	14.35	14.58
4033	13.08	13.18	13.16	13.61	13.82	14.04	14.26	14.48	14.71
4040	13.20	13.30	13.30	13.74	13.95	14.17	14.39	14.62	14.85
1.34048	13.33	13.43	13.43	13.86	14.08	14.90	14.52	14.75	14.98
4056	13.45	13.56	13.56	13.99	14.21	14.43	14.65	14.88	15.11
4063	13.58	13.68	13.68	14.12	14.34	14.57	14.78	15.01	15.25
4071	13.70	13.81	13.81	14.25	14.47	14.70	14.91	15.14	15.38
4078	13.83	13.94	13.94	14.37	14.59	14.83	15.05	15.28	15.51
4086	13.96	14.06	14.06	14.50	14.72	14.96	15.18	15.41	15.65
4004	14.08	14.19	14.19	14.62	14.85	15.09	15.31	15.54	15.78
4101	14.21	14.31	14.31	14.75	14.97	15.22	15.44	15.67	15.91
4109	14.33	14.44	14.44	14.87	15.10	15.34	15.56	15.80	16.05
4116	14.46	14.56	14.56	15.00	15.23	15.47	15.69	15.93	16.18
4124	14.58	14.69	14.69	15.13	15.35	15.59	15.82	16.06	16.31
4131	14.71	14.81	14.81	15.25	15.48	15.72	15.95	16.19	16.44
4139	14.83	14.94	14.94	15.38	15.61	15.85	16.08	16.32	16.56
4146	14.96	15.06	15.06	15.51	15.73	15.97	16.21	16.45	16.69
4154	15.08	15.19	15.19	15.63	15.86	16.10	16.34	16.58	16.82
4162	15.20	15.31	15.31	15.76	15.99	16.23	16.47	16.71	16.95
4169	15.33	15.44	15.44	15.89	16.11	16.35	16.60	16.84	17.08
4177	15.45	15.56	15.56	16.01	16.24	16.48	16.72	16.97	17.21
4184	15.57	15.69	15.69	16.14	16.37	16.61	16.85	17.09	17.34
4192	15.70	15.81	15.81	16.26	16.49	16.73	16.98	17.22	17.46
4199	15.82	15.94	15.94	16.39	16.62	16.86	17.11	17.35	17.59
4207	15.94	16.06	16.06	16.51	16.75	16.99	17.23	17.47	17.72
4215	16.07	16.18	16.18	16.64	16.87	17.11	17.36	17.60	17.85
4222	16.19	16.31	16.31	16.76	17.00	17.24	17.48	17.73	17.97
4236	16.31	16.43	16.43	16.89	17.13	17.36	17.61	17.85	18.10

Continuación tabla IV

INDICE DE REFRACCION	TEMPERATURA EN ° C								
	17.5	18	19	20	21	22	23	24	25
4275	17.05	17.16	17.40	17.63	17.88	18.12	18.36	18.61	18.86
4282	17.17	17.29	17.52	17.76	18.00	18.24	18.49	18.74	18.99
4290	17.29	17.41	17.64	17.88	18.12	18.37	18.61	18.86	19.11
4298	17.41	17.53	17.77	18.01	18.25	18.49	18.74	18.99	19.24
4305	17.54	17.65	17.89	18.13	18.37	18.61	18.86	19.11	19.37
4313	17.66	17.77	18.01	18.25	18.49	18.74	18.99	19.24	19.49
4320	17.78	17.90	18.13	18.37	18.62	18.86	19.11	19.36	19.62
4328	17.90	18.03	18.26	18.50	18.74	18.99	19.24	19.49	19.75
4335	18.02	18.14	18.38	18.62	18.86	19.11	19.36	19.61	19.87
4343	18.14	18.26	18.50	18.74	18.99	19.23	19.48	19.74	20.00
4350	18.27	18.38	18.62	18.87	19.11	19.36	19.61	19.86	20.13
4358	18.39	18.50	18.74	18.99	19.23	19.48	19.73	19.99	20.25
4365	18.51	18.62	18.87	19.11	19.36	19.60	19.86	20.11	20.38
4373	18.63	18.75	18.99	19.23	19.48	19.72	19.98	20.24	20.50
4380	18.75	18.87	19.11	19.36	19.60	19.85	20.10	20.36	20.63
4388	18.87	18.99	19.28	19.48	19.72	19.97	20.23	20.49	20.75
4395	18.99	19.11	19.35	19.60	19.85	20.09	20.35	20.61	20.88
4403	19.11	19.23	19.47	19.72	19.97	20.21	20.47	20.74	21.01
4410	19.23	19.35	19.59	19.85	20.09	20.34	20.60	20.86	21.13
4418	19.35	19.47	19.72	19.97	20.21	20.46	20.72	20.99	21.25
4426	19.46	19.59	19.84	20.09	20.34	20.58	20.84	20.11	21.38
4433	19.58	19.71	19.96	20.21	20.46	20.71	20.96	21.23	21.50
4440	19.70	19.83	20.08	20.33	20.58	20.83	21.09	21.36	21.63
4448	19.82	19.95	20.20	20.45	20.70	20.95	21.21	21.48	21.75
4456	19.94	20.07	20.32	20.58	20.82	21.07	21.33	21.60	21.88

Tabla No. V Conversión de % de transmitancia (Tr) a densidad óptica (DO)

	1	2	3		1	2	3
	(0.25)	(0.50)	(0.75)	DENSIDAD OPTICA	(0.25)	(0.50)	(0.75)
1	1.903	1.824	1.757	51	1.2924	1.2903	1.2882
2	1.648	1.602	1.561	52	1.2840	1.2819	1.2798
3	1.488	1.455	1.426	53	1.2756	1.2736	1.2716
4	1.372	1.347	1.323	54	1.2676	1.2656	1.2636
5	1.280	1.260	1.240	55	1.2596	1.2577	1.2557
6	1.204	1.187	1.171	56	1.2518	1.2499	1.2480
7	1.140	1.126	1.112	57	1.2441	1.2422	1.2403
8	1.083	1.071	1.059	58	1.2366	1.2347	1.2328
9	1.034	1.022	1.011	59	1.2291	1.2273	1.2255
10	1.989	1.979	1.969	60	1.2218	1.2200	1.2182
11	1.949	1.939	1.930	61	1.2147	1.2129	1.2111
12	1.912	1.903	1.894	62	1.2076	1.2059	1.2041
14	1.846	1.838	1.831	64	1.1939	1.1922	1.1905
15	1.817	1.810	1.803	65	1.1871	1.1855	1.1838
16	1.789	1.782	1.776	66	1.1805	1.1788	1.1772
17	1.763	1.757	1.751	67	1.1739	1.1723	1.1707
19	1.716	1.710	1.704	69	1.1612	1.1596	1.1580
20	1.694	1.169	1.683	70	1.1549	1.1534	1.1518
21	1.673	1.668	1.663	71	1.1487	1.1472	1.1457
22	1.653	1.648	1.643	72	1.1427	1.1412	1.1397
23	1.634	1.629	1.624	73	1.1367	1.1352	1.1337
25	1.598	1.594	1.589	75	1.1249	1.1235	1.1221
26	1.581	1.577	1.573	76	1.1192	1.1177	1.1163
27	1.565	1.561	1.557	77	1.1135	1.1121	1.1107
28	1.549	1.545	1.542	78	1.1079	1.1065	1.1051
30	1.520	1.516	1.512	80	1.0969	1.0955	1.0942
31	1.505	1.502	1.498	81	1.0915	1.0901	1.0888
32	1.491	1.488	1.485	82	1.0862	1.0848	1.0835
33	1.478	1.475	1.472	83	1.0809	1.0796	1.0783
34	1.465	1.462	1.459	84	1.0757	1.0744	1.0731
36	1.441	1.438	1.435	86	1.0655	1.0642	1.0630
37	1.429	1.426	1.423	87	1.0605	1.0593	1.0580
38	1.417	1.414	1.412	88	1.0555	1.0543	1.0531
39	1.406	1.403	1.401	89	1.0505	1.0494	1.0482
40	1.395	1.392	1.390	90	1.0458	1.0446	1.0434
41	1.385	1.382	1.380	91	1.0410	1.0398	1.0386
42	1.374	1.372	1.369	92	1.0362	1.0351	1.0339
43	1.364	1.362	1.359	93	1.0315	1.0304	1.0292
44	1.354	1.352	1.349	94	1.0269	1.0257	1.0246
45	1.344	1.342	1.340	95	1.0223	1.0212	1.0200
46	1.335	1.332	1.330	96	1.0177	1.0166	1.0155
47	1.325	1.323	1.321	97	1.0032	1.0121	1.0110
48	1.317	1.314	1.312	98	1.0088	1.0077	1.0066
49	1.308	1.305	1.303	99	1.0044	1.0033	1.0022
50	1.299	1.297	1.295	100	1.0000	1.0000	1.0000

TOMADA DE A.O.A.C. 12 ED. WASHINGTON D.C. 1975