



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



ESTUDIO SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCION  
Y CALIDAD DEL MEZCAL

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERA QUIMICA

P R E S E N T A :

**ANA MARIA AGUILAR OLMOS**

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. RICARDO P. HERNANDEZ GARCIA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1993

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

Introducción	1
Capitulo I.- Generalidades	6
1.1.- Importancia del Agave	6
1.2.- Clasificación Botánica del Agave	7
1.3.- Siembra y Cultivo	9
1.3.1.- Actividades de Cultivo	11
1.3.2.- Reproducción de los Agaves	11
1.3.3.- Fertilizantes	15
1.4.- Cosecha	17
Capitulo II.- Fabricación	19
2.1.- Proceso de Fabricación Artesanal	19
2.1.1.- Cocimiento	21
2.1.2.- Molienda	24
2.1.3.- Fermentación	25
2.1.4.- Destilación	31
2.2.- Proceso Moderno	38
2.2.1.- Envasamiento	48
2.2.2.- Añejamiento	51
2.3.- Utilización del gusano de Maguay	52
Capitulo III.- Control de Calidad	53
3.1.- Materiales y Métodos	57
3.2.- Límites de Norma Oficial del Mezcal	66
Capitulo IV.- Resultados	68
Análisis Estadístico	80
Análisis de Resultados	99
Capitulo V.- Conclusiones y Recomendaciones	110
Conclusiones	110
Recomendaciones	111
Bibliografía	112
Anexos	114

## RESUMEN:

La tesis consta de una investigación de campo referente a los métodos de producción del mezcal en la zona del Estado de Oaxaca. Abarcando desde la siembra y cultivo del agave hasta la obtención del producto terminado (mezcal), pasando por el cocimiento, la molienda, la -- fermentación y la destilación.

También se efectuó una investigación bibliográfica que comprende - las diferentes Normas de Calidad para bebidas alcohólicas especialmente aquellas que se relacionan al mezcal; así como la forma de produc- ción del mezcal a nivel industrializado.

Se realizó un estudio experimental para determinar la calidad de - mezcales de diferentes regiones del país; dando mayor importancia al Estado de Oaxaca por ser el mayor productor nacional.

Las investigaciones realizadas en los centros de producción permititen afirmar que es posible incrementar la productividad y la calidad en el proceso de obtención del mezcal.

Existe una gran disparidad en la calidad de los mezcales analizados, pero en general los mezcales no cuentan con una calidad acepta- ble, debido a que la Norma Oficial del mezcal no se contempla como - obligatoria y a la falta de regulación del producto por ser considerado como Artesanal.

**OBJETIVOS:**

- 1.- Determinar las características de calidad del mezcal en el mercado nacional.
- 2.- Dar alternativas viables para el mejoramiento de la calidad.
- 3.- Mostrar el panorama actual de la producción del mezcal, tanto --  
Artesanal como Industrializada.

## INTRODUCCION

El propósito de este trabajo es dar a conocer el panorama actual - que presenta la industria mezcalera en el mercado nacional y contribuir de alguna forma para que los productores de mezcal investiguen y adopten métodos de fabricación que mejoren la calidad del mezcal, - así como la eficiencia de producción.

Este trabajo consta de dos partes primordiales:

A) Una investigación de campo, que está integrada por visitas a los palenques (regionalismo dado a las pequeñas fábricas de mezcal en Oaxaca); que mostraron un nivel de producción artesanal. Además de tratar de dar un análisis objetivo de las formas de producción del mezcal.

B) Un análisis experimental de la calidad del producto terminado "mezcal" de quince marcas existentes en el mercado nacional. Basado en las Normas Oficiales Mexicanas que establece la Dirección General de Normas perteneciente a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial destinadas a la calidad de bebidas alcohólicas.

Existen en la actualidad varias zonas productoras de mezcal ubicadas en los siguientes Estados del país: Guerrero, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas y Oaxaca. Siendo Oaxaca el productor del 75% de la producción total del mezcal, por esto la visita de campo fue realizada en este Estado. (5)

\*(Mezcal: bebida alcohólica que se obtiene por la destilación de líquidos fermentados que se hayan elaborado a partir de el jugo obtenido de las "cabezas" o "piñas" de los magueyes, en los que se haya sufrido una fermentación principalmente alcohólica y el destilado no haya sido rectificado.) (18)

El cultivo de agave, la elaboración de mezcal y la obtención de fibras se asienta en un área territorial definida, integrándola 146 localidades ubicadas en 9 Distritos de los Valles Centrales y parte de la Sierra Sur del Estado de Oaxaca (ver figuras 1 y 2). En el 60% de esas localidades las actividades económicas principales están ligadas al agave, que constituye la base económica y fuente principal de trabajo e ingresos. (1)

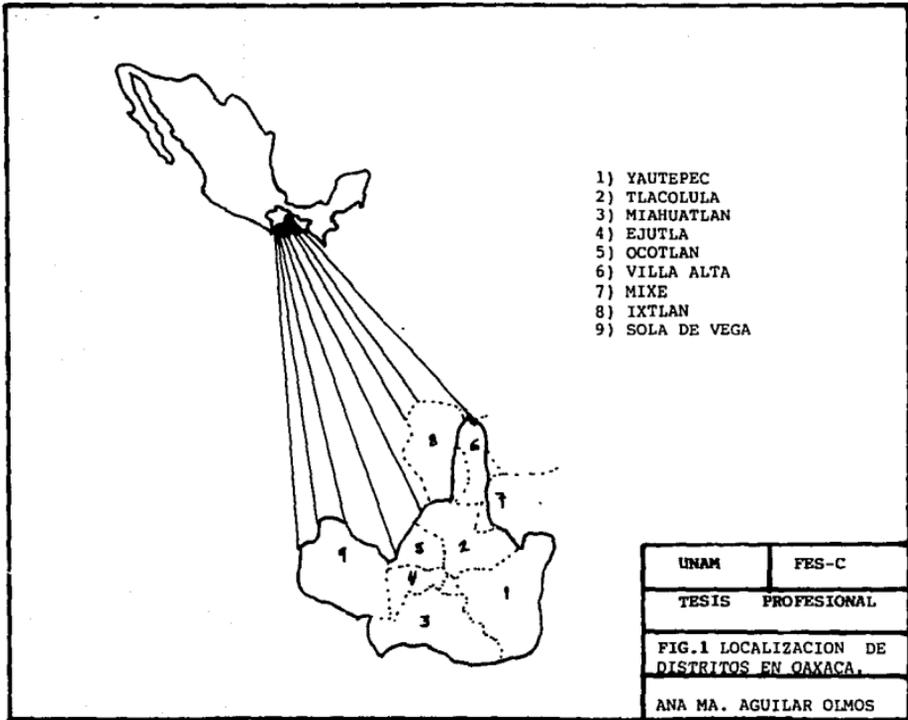
La producción de mezcal en el Estado de Oaxaca ha sido tradicionalmente artesanal desde la época colonial y no ha sufrido grandes cambios; la investigación de campo se realizó con el fin de obtener los conocimientos básicos en la producción del mezcal, debido a que existe muy poca información bibliográfica referente a este tema.

En los últimos años el mezcal ha sido adulterado principalmente con aguardiente de caña, el cual tiene un costo de producción mucho más bajo que el mezcal, esto ha venido desprestigiando la calidad del mezcal que se produce en el Estado de Oaxaca. Lo anterior muestra la gran necesidad de marcar parámetros de calidad que homogeneícen el nivel de calidad de las diferentes regiones productoras.

Por otro lado también en la comercialización se ha tenido problemas serios debido a los diferentes niveles de calidad del mezcal que se produce en las distintas regiones, así como las técnicas, procesos y materia prima diferente, lo que ha propiciado que esta bebida se coticice a precios muy bajos y se considere de calidad ínfima. Por esto se realizaron análisis químicos a distintas marcas de mezcal, que van directamente al público consumidor.

Existen varios subproductos en la producción del mezcal que en ocasiones son perjudiciales para la salud y deben ser eliminados, como lo son: el metanol, ésteres, aldehídos, furfural, acetona y alcoholes superiores.

La importancia del control de calidad en la actualidad es de gran relevancia no sólo por la competitividad con otros productos en el



- 1) YAUTEPEC
- 2) TLACOLULA
- 3) MIAHUATLAN
- 4) EJUTLA
- 5) OCOTLAN
- 6) VILLA ALTA
- 7) MIXE
- 8) IXTLAN
- 9) SOLA DE VEGA



mercado, sino fundamentalmente, para que no exista ningún tipo de --  
riesgo para el consumidor.

Los parámetros que se tomaron como aceptables son los autorizados  
por la Secretaría de Salud y la Secretaría de Comercio y Fomento In--  
dustrial.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES

#### 1.1.- IMPORTANCIA DEL AGAVE

Tradicionalmente las especies del género Agave (antes de la conquista y ahora cada vez más limitadamente) han sido aprovechadas en forma integral: elaboración de pulque, ixtle, miel, jarcias, dulce, vinagre, calzado, telas, papel y otros usos productivos y medicinales. (16)

Durante la época colonial los agaves comenzaron a ser utilizados en la elaboración de bebidas alcohólicas de alto grado, sin perder los usos a que eran destinados por los antiguos pobladores mexicanos. La producción de aguardiente de agave (tequila, mezcal, sotol, comiteco, bacanora), se inicia con la llegada de los españoles que habían aprendido de los moros en el siglo VIII el proceso de destilación. (15)

En términos generales la rama industrial elaboradora de bebidas alcohólicas en el siglo XX presenta la siguiente evolución: (14)

- La industria cervecera se consolida en 1920, desplazando al pulque en la década de 1940 como bebida de consumo nacional;
- Con el inicio de los años 40 el capital tradicional irrumpe en la elaboración de brandies, vinos y bebidas importadas, desplazando paulatinamente a las bebidas de agave;
- El proceso de centralización y concentración del capital y la transnacionalización alcanza a la industria productora de tequila poniéndola en manos extranjeras;
- La integración de la Cámara Regional de la Industria Tequilera permite consolidar esta industria, consiguiendo trato fiscal preferencial, mejores precios y una normatividad que protege el uso de la denominación tequila.

- Las campañas publicitarias consiguen incrementar la demanda nacional e internacional, lo que lleva a una insuficiencia de la materia prima;

- La situación anterior se resolvió comprando agaves en otros Estados de la República;

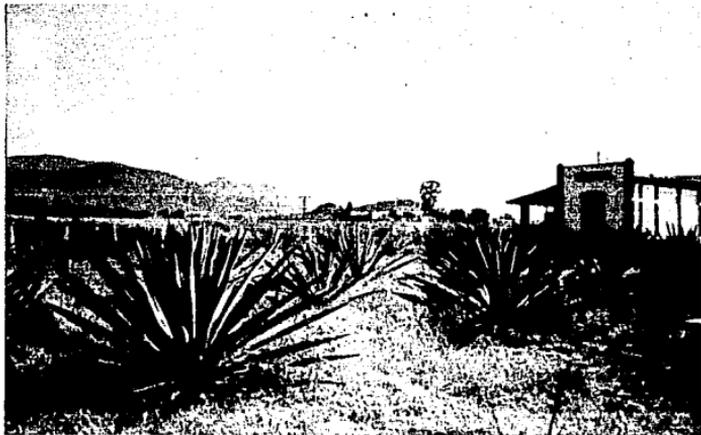
- Sin embargo, la normatividad se revierte en contra de la industria tequilera porque la norma oficial establece el uso del agave Taquilana Weber variedad azul, y parte del agave que utilizan actualmente es el agave Angustifolia Haw, procedente del Estado de Oaxaca.

La situación mostrada en forma general en líneas anteriores repercute en la elaboración del mezcal; a nivel nacional son desplazadas las pequeñas unidades familiares con producción no capitalista por medianas empresas industriales con trabajo asalariado y producto destinado al consumo regional o estatal y suministrado a envasadoras de mezcal (Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas); las acciones estatales de regulación y control no son tan precisas para la elaboración de mezcal, que se realizó sin considerar su verdadero proceso de elaboración. Actualmente se está llevando un proceso de actualización de la norma.

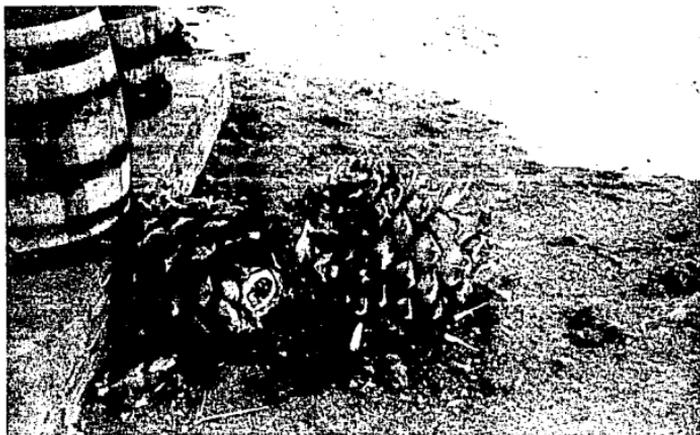
#### 1.2.- CLASIFICACION BOTANICA DEL AGAVE

En la variada flora mexicana, las especies perteneciente al género agave han sido históricamente de gran importancia. Actualmente se conocen 274 especies distribuidas en tres sub-géneros, 7 secciones y 18 series, las cuales se desarrollan en una zona del continente Americano, desde los 34 grados de latitud norte hasta los 6 grados de latitud sur. En Oaxaca se presenta una gran riqueza en agaves. (1)

En el Estado de Oaxaca existe una gran variedad de especies de Agaves silvestres y cultivados. Entre los cultivados se encuentran los agaves: Castilla (Agave Americana L., variante americana); Espadín (Agave Angustifolia Haw) (ver fotografía 1); Cinco-añero (Agave Catalana, a dejado de ser cultivado, desplazándolo el agave Angustifolia Haw); Barril (Agave Macroacantha); y entre los silvestres: Biliá (Agave Potatorum); Tabalá (Agave Potatorum Zucc); Tepextate (Agave Marmo-



Fotografía 1.- Agave Angustifolia Haw (Espadín)



Fotografía 1'- Piñas del Agave Mezcalero (Espadín)

rata), etc. Todos utilizados para la elaboración de mezcal, observándose la marcada tendencia a utilizar el Agave Angustifolia Haw para desplazar a las demás especies en un proceso similar al acontecido en el Estado de Jalisco, particularmente en la región tequilera, donde el agave Tequilana Weber desplazó a los demás agaves que se usaban para la elaboración de tequila. La causa de este desplazamiento del Angustifolia Haw, es el tamaño de la piña (parte del agave aprovechable para producir mezcal, que por su parecido a la fruta llamada piña los productores denominan así), además al contenido de azúcares.

Aunque existe la tendencia a desplazar a los agaves silvestres, aún se continúan usando especies silvestres en el Estado, sobre todo por las características organolépticas del producto.

### 1.3.- SIEMBRA Y CULTIVO

El cultivo debe contemplar la selección del terreno más propicio, tanto por las características que presenta como principalmente por las pendientes donde se siembra y la forma de hacerlo, ya que existe la posibilidad de acelerar la erosión como resultado de la siembra del agave en terrenos con pendientes pronunciadas.

En el Estado de Oaxaca se presentan cuatro formas diferentes en el cultivo del agave, considerando la manera de disponerlo en el terreno:

- a) siembra intensiva y extensiva
- b) siembra semi-intensiva y extensiva
- c) siembra no intensiva y especializada
- d) siembra dispersa y especializada

Siembra Intensiva y Extensiva. Bajo esta categoría se define a los cultivos que se realizan principalmente en terrenos con pendientes pronunciadas y que presentan densidad de 2000 a 2500 agaves por hectárea, sembrándose a una distancia aproximada de dos metros entre agaves. Cuando es la primera ocasión en que se va a sembrar se selecciona el terreno, procediendo a someterlo al tradicional sistema de roza, tumba y quema.

Característica importante en esta forma de cultivo es que en los - tres primeros años, y en la medida en que el terreno lo permite, se - siembra de manera asociada maíz y frijol, principalmente.

Siembra Semi-intensiva y Extensiva. En esta categoría se incluye a los cultivos que se realizan en terrenos de segunda y tercera clase, - en laderas, lomas y terrenos pedregosos no aptos para otros cultivos, que presentan una densidad no mayor de 1500 agaves por hectárea. La - siembra se realiza aproximadamente a 2 metros de distancia entre aga- ves, dejando un claro entre hileras de agave de 3.6 a 4.8 metros. Es- ta distancia y la densidad varían de lugar a lugar, porque aprovechan para sembrar de manera asociada maíz, frijol y calabazas. En algunos lugares debido a la disposición de los agaves, el cultivo asociado - sólo puede realizarse hasta los 4 años, pero en otros (por ejemplo: - San Marcos Tlapazola) se puede cultivar asociadamente durante toda la vida del agave, hasta que éste es aprovechado.

Siembra No Intensiva y Especializada.- En esta categoría se presen- ta un caso único en el Estado, que se da en el municipio de Amatengo, Distrito de Ejutla. Esta siembra se hace en terrenos que presentan - pendientes pronunciadas, donde por permitirlo la estructura del suelo (lomería de tierra) los campesinos siembran sus agaves en los límites de las terrazas, además de separarlos según su especie. Lo anterior - ha llevado a que en este lugar todos los agaves utilizados para la - elaboración del mezcal sean cultivados a excepción del agave Potato-- rum, mostrando no sólo mayores rendimientos por el tamaño que alcan- zan y los contenidos de azúcar sino que de esta manera el agave se - convierte en factor que contribuye a menguar los efectos de la ero- - sión. Por otro lado la densidad por hectárea es menor a 400 agaves.

Siembra Dispersa y Especializada. Esta forma de cultivo se caracte- riza por sembrarse en terrenos con pendientes, sembrándose en colo- - nias de agaves que no muestran un arreglo lineal, sin embargo, quie- - nes lo cultivan procuran tenerlos, además de identificados, en colo- - nias especializadas por especie.

### 1.3.1.- ACTIVIDADES DE CULTIVO

Para la preparación del terreno se utiliza el arado egipcio y/o tractor dependiendo de las posibilidades económicas del productor.

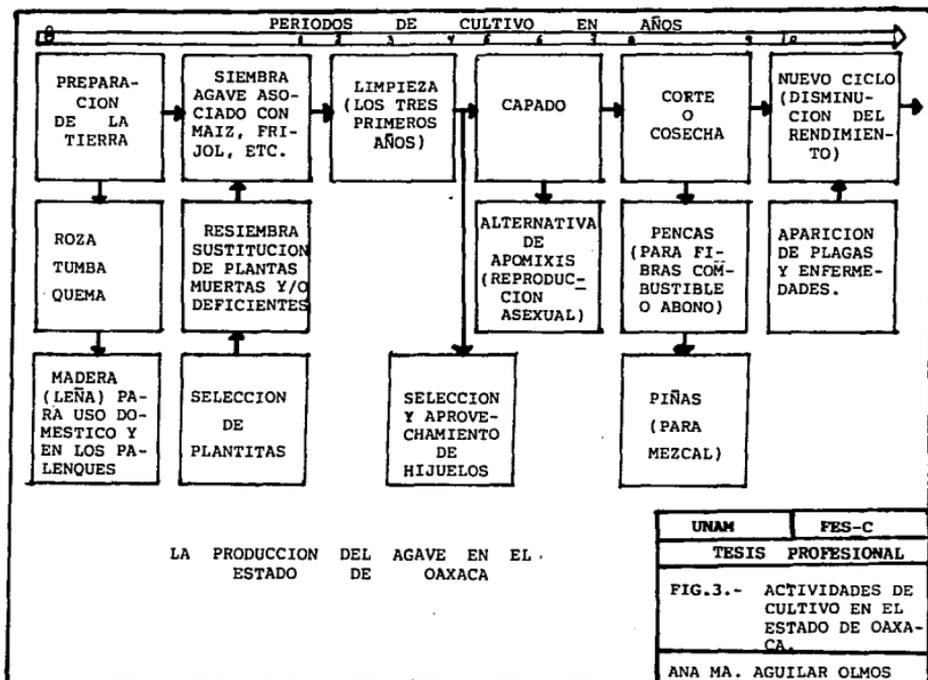
Para aprovechar el agave transcurren de 8 a 10 años desde que se siembra hasta su madurez; en este período se limpia de melaza y se afloja la tierra en su base alrededor en los primeros tres años. Se prefiere hacer cajetes (formar un pequeño bordo en torno a la planta con la finalidad de retener el agua), dos veces al año, al inicio y al final de la temporada de lluvias. A estas actividades se las conoce con el nombre de limpieas, realizándose planta por planta con el auxilio de una coa. Después del cuarto año sólo se limpia una vez al año el plantío, siendo necesario cultivarlo aunque no se siembre. Después del cuarto año las pencas han crecido tanto que obstruyen y pinchan las yuntas; por lo que en los últimos años la limpieza se realiza utilizando tractor y un implemento agrícola con rejas angostas surcadoras.

Al sembrar los agaves algunos mueren o muestran deficiencias por lo que hay que sustituirlos, lo que se hace en el ciclo agrícola siguiente y se conoce con el nombre de resiembra. No es recomendable volver a sembrar los terrenos inmediatamente después que se ha cortado el maguey porque el suelo se ha agotado. De aquí que sea necesario dejarlo descansar un mínimo de tres años.

Cuando han transcurrido de 6 a 8 años, o más al agave le crece el quiote el cual se corta, esperando uno o más años para que el agave madure, presentando así un color amarillento rojizo y con aspecto de envejecimiento, características que indican su plena maduración. Ver la figura 3 que muestra de manera general el diagrama del proceso de cultivo.

### 1.3.2.- REPRODUCCION DE LOS AGAVES

Existen dos formas de reproducción, que son las siguientes: la primera y la más generalizada en el cultivo del agave es en la que se obtiene normalmente las plantitas de las plantas madres existentes, -



cuando a partir del tercer año de vida comienzan a salir a la orilla del agave que son los llamados hijuelos. Esta forma de reproducción, la utiliza el campesino a través de un proceso de selección, mediante el cual separan hijuelos de primera, de segunda o de tercera dependiendo del orden de nacimiento alrededor de la planta madre. A la operación de retirar los hijuelos se le conoce como "desahije", procreando de 10 a 20 hijuelos la planta madre durante su ciclo de vida. Seleccionados y separados los agaves se les deja durante cierto tiempo expuestos al sol para que cicatricen sus heridas, hasta que llega el momento de sembrarlos.

La segunda forma de reproducción, conocida por un gran número de campesinos cultivadores de agave y que en últimos años ha recibido una atención especial, es la reproducción asexual (apomixis). Consiste en que el campesino selecciona por sus características de desarrollo a la planta y, cuando está próxima a desarrollar el escapo florar procede, o bien a dejar que desarrolle o antes de esto a separarla con mucho cuidado y con sus raíces transplantarla al patio de su casa para resembrarla y darle un cuidado especial en espera de que desarrolle su escapo y floree. (Ver fotografías 2 y 3)

Por sus características, el agave Angustifolia Haw es al que se somete a la forma de reproducción señalada. Los agaves obtenidos por este método tendrán todas las características de la planta madre, lográndose obtener de 2500 a 3500 agavitos por planta, los que son llevados a almácigos preparados con ese fin, hasta que alcanzan un tamaño adecuado para ser trasplantados en los campos.

Es importante resaltar que la problemática de la producción del agave no radica en la reproducción sino en el alto costo social que implica la ampliación inadecuada de la frontera agrícola, sin incrementar el volumen de la producción, erosionando y destruyendo la selva baja caducifolia.

Es conveniente establecer viveros para arrancar las plantas con el fin de que las madres se pueda desarrollar, pero también para tener semillas robustas, que aseguren una buena preparación mediante un --

Fotografía 2.- Reproducción  
Asexual del  
Agave (Apomixis)



Fotografía 3.- Desarrollo del  
quiote o escapo.

tratamiento correcto.

Diversos tipos de siembra en viveros pueden llevarse a la práctica, de preferencia en terrenos de riego, dependiendo de la consistencia del suelo y la variedad del agave. (Ver fotografías 4 y 5)

### 1.3.3.- FERTILIZANTES

El cultivo del agave requiere de una porción de tierra para que se desarrolle, además de nutrimentos y agua.

En la zona agrícola del Estado de Oaxaca debido a que recurren a la tradicional práctica de roza, tumba y quema; el terreno, además de la capa de abono que se forma por la presencia de vegetación, se fertiliza por la ceniza resultante de la quema de árboles y arbustos. Y cuando es necesario se utilizan fertilizantes naturales de desechos orgánicos de origen animal.

El agave al igual que otras plantas, requiere de nutrimentos para desarrollarse y madurar adecuadamente, los dividiremos en: nutrimentos mayores y nutrimentos menores.

#### a) Nutrimentos Mayores

**Nitrógeno.-** Su deficiencia provoca un bajo rendimiento en el peso del agave.

**Fósforo.-** Su ausencia puede tener efectos negativos en la reproducción de los hijuelos. La deficiencia de este elemento -- afecta el metabolismo produciendo un pobre sistema de reticulación y un exceso provocaría una maduración precoz de la planta.

**Calcio.-** Es uno de los nutrimentos principales, regula el pH; una sobre dosis provoca una pobre asimilación de potasio. El índice de calcio deberá ser mayor del 2% para evitar raquitismo de la planta.



Fotografía 4.- Vivero en zona de riego.



Fotografía 5.- Hijuelos de agave en el vivero.

- Magnesio.- Es un elemento esencial porque forma parte de la Clorofila.
- Potasio.- Ayuda al metabolismo de la planta; cuando se agrega adecuadamente beneficia el desarrollo de los tejidos y su deficiencia provoca algunas enfermedades en la planta.
- Azufre.- El azufre como el fósforo, se encuentra presente en las -- enzimas y juega un papel muy importante en las reacciones de oxidación y reducción, las plantas con deficiencia de -- azufre tienen un crecimiento muy raquítico.

#### B) Nutrimientos Menores

- Boro.- Controla el metabolismo de los carbohidratos y debe estar presente en pequeñas cantidades en la planta.
- Zinc.- No obstante el desconocimiento de su función se ha considerado necesario, debido a la relación que existe de este elemento con otros metales, como el Hierro.
- Cobre.- El cobre ha sido encontrado en las hojas en bajas concentraciones, pero un exceso encontrado en las hojas cloróticas hace suponer que actúa como tóxico.

#### 1.4.- COSECHA

Cuando los agaves, silvestres o cultivados, llegan a su estado -- adulto se procede a caparlos con la finalidad de que las reservas de la planta, que iban a ser utilizadas para el crecimiento del quito o escape floral, sean aprovechadas para la formación de azúcares.

Cuando el productor del agave considera que el agave está de sazón (maduro) procede a cortarlo. El procedimiento consiste en rasurar la planta, cortando una a una las hojas, comenzando con las superiores -

hasta llegar a la base (donde el agave empieza a engrosarse debido a la convergencia de las hojas, y que ya es propiamente la piña). Esta operación se realiza con machetes largos. Posteriormente auxiliados de barretas magueyeras (de boca angosta y con filo), se procede a cortar las raíces, procurando aprovechar la mayor cantidad de piña, cuidando de no lastimarla, lo que se consigue escarbando un poco hasta encontrar las raíces; se cortan, se palanquean con la barreta y la piña queda libre para ser transportada al palenque.

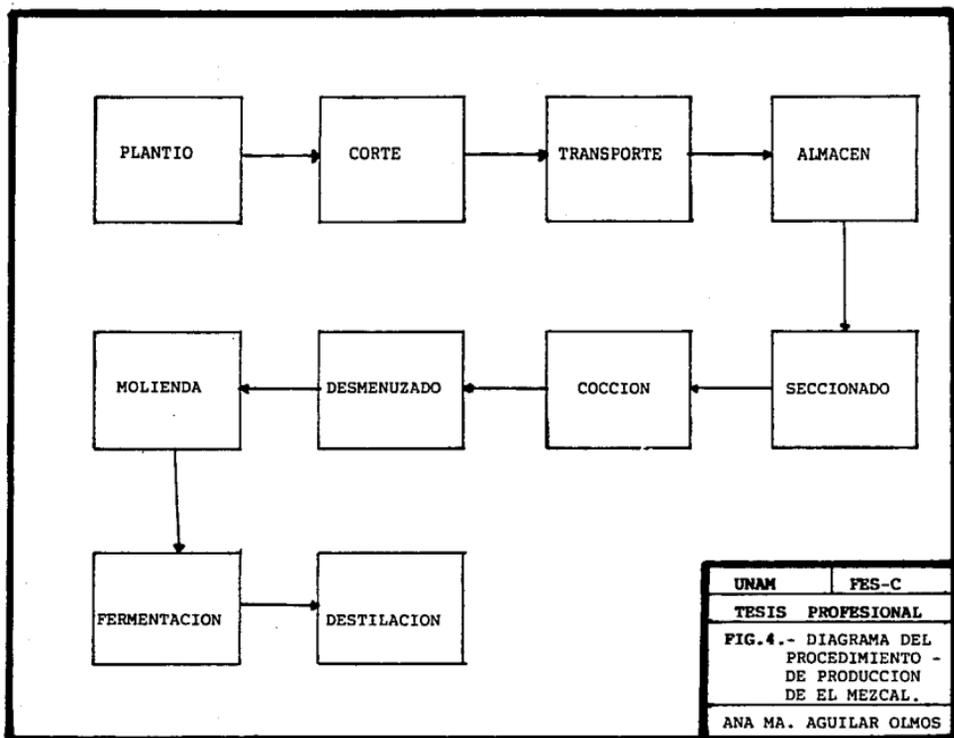
## CAPITULO II

### F A B R I C A C I O N

#### 2.1.- PROCESO DE FABRICACION ARTESANAL

En el Estado de Oaxaca se continúa produciendo mezcal como se hacía hace más de un siglo, es decir, continúan coexistiendo alambiques de construcción artesanal de cobre laminado, formado principalmente por ollas superpuestas. Sin embargo, los campesinos productores con gran ingenio han incorporado, adoptado y adaptado a sus equipos las soluciones que les han permitido sortear los problemas que presenta la destilación.

En la figura 4 se muestra el procedimiento general de la producción del mezcal, a partir del plantío del agave hasta la fase de destilación. Cuando el agave ha alcanzado su madurez, y ha sido previamente capado, se procede a cosechar las piñas separándolas de las hojas. Las piñas se transportan a las fábricas de mezcal a través de diferentes medios de transporte. Posteriormente dichas piñas se amontonan cerca del horno donde serán cocidas. Antes de iniciarse la cocción se seccionan en dos, cuatro o seis partes, dependiendo de su tamaño (el Agave Potatorum, por ser de tamaño pequeño, se cuece entero) y en sentido del eje mayor de la piña. La cocción se realiza en hornos rudimentarios de diferentes capacidades, revestidos de piedra, refractarios o no, de forma truncocónica (un agujero abierto a flor de tierra), los hornos se calientan usando leña como combustible (en algunos palenques usan petróleo). Al lograrse la plena combustión de la leña se cubre con piedras especiales (denominadas piedras de fuego) hasta que presentan un color rojo vivo (de 5 a 6 horas de exposición). Se procede a colocar una cama de bagazo húmedo, encima de la cual se colocan los pedazos de agave. Con la finalidad de que el calor se conserve y se logre el cocimiento del agave, se recubre de una capa de bagazo seco (se usan patates, hojas de platano, nylon, etc.) y se



\* VISITA DE CAMPO

recubre con tierra, dejándose un mínimo de tres días para lograr la plena cocción.

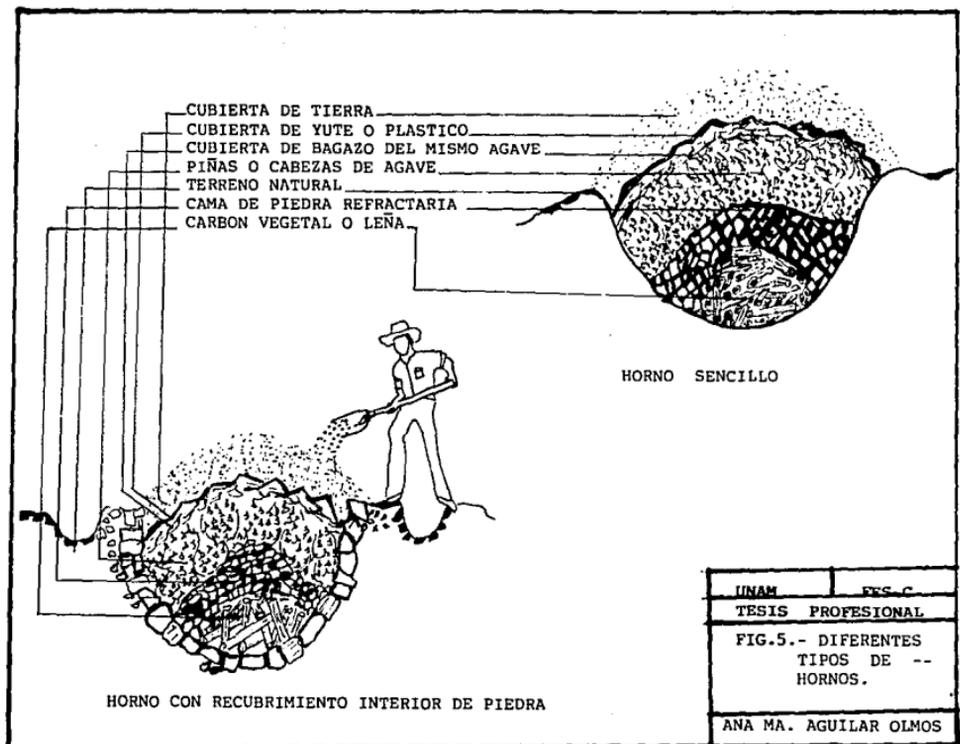
Al terminar la fase de cocción el agave ha cambiado de color blanco a "color caramelo", característica de un buen cocimiento (transformación de las sustancias amiláceas en azúcares por hidrólisis), procediéndose a sacarlo para ser desmenuzado auxiliándose con machetes. La siguiente fase es la molienda, que puede ser manual o mediante bestia de tiro. El agave molido se coloca en tinajas de fermentación (canaos, cueros, etc.), presentándose dos formas de fermentación: la natural, que se da sin que actúe sustancia alguna para acelerar el proceso de fermentación original, y la fermentación acelerada, que se logra disminuyendo el tiempo de fermentación al usar sulfato de amonio u otras sustancias.

Concluida la fermentación se pasa a la fase de destilación en destiladores de cobre, de ollas o de algunas combinaciones de parte de cobre (o hierro) y barro. El producto de la primera destilación se redestila (en algunos lugares no, dependiendo del tipo de destilador), obteniéndose el aguardiente conocido como mezcal.

#### 2.1.1.- COCIMIENTO

Lo que se pretende con la cocción del agave es la transformación de almidones contenidos en la piña, en azúcares.

La totalidad de las fábricas de mezcal en Oaxaca utilizan hornos rústicos excavados en forma trunco-cónica, con una base mayor en la superficie y otra menor en lo profundo del agujero. El diámetro y la profundidad varían en función de la importancia del volumen de producción de la fábrica. Dependiendo de la frecuencia de uso o de la propia iniciativa del productor, los hornos pueden estar recubiertos de piedra o no, según lo muestra la figura 5. Las dimensiones más comunes de un horno son: en su base mayor 4.0 a 5.0 metros, y de 3.0 a 4.0 en su base menor, con una profundidad de 2.0 a 2.5 metros; logrando hornear de 4 a 6 toneladas de agave crudo. (ver fotografía 6)



\* INVESTIGACION DE CAMPO.

La operación de calentamiento del horno se realiza de la siguiente manera:

a) se limpia el horno de residuos producidos por la anterior operación de cocción,

b) en el fondo del horno se coloca leña seca delgada, formando una capa; encima de ésta se coloca leña gruesa, de preferencia mezquite o encino;

c) se enciende la madera delgada que está en el fondo asegurándose que los troncos han encendido;

d) se recubre con piedras refractarias dispuestas de tal manera -- que la flama les comunique su calor hasta llegar al rojo vivo, lo que dura de 5 a 6 horas, cuidando que el combustible prácticamente se haya consumido (esta observación es importante porque si existe humo u olores pueden impregnar al agave)

e) Cuando el encargado del horneado considera que el horno está su ficientemente caliente se procede a taparlo. Antes de colocar los trozos de agave se acomoda una capa de bagazo húmedo sobre las piedras - calientes, con el propósito de que el maguey no se exponga directamente a las piedras y se quemé;

f) inmediatamente se procede a acomodar las rajadas del agave, formando un montículo; el cual es cubierto por una capa de bagazo de -- agave y hojas de agave según la región, a veces se le sobrepone petates o trozos de plástico, con la doble función de que no se llenen de tierra los pedazos de agave y conserven el calor;

g) se procede entonces a tapar el horno con una capa de tierra suficientemente gruesa, hasta que no escape el calor, vapor o humos.

Realizadas las operaciones anteriores se esperan aproximadamente - 72 horas como mínimo para que el agave se cueza; procediéndose a destapar el horno siguiendo las operaciones descritas anteriormente y en sentido contrario:

-se quita la tierra,

-se retiran los petates y/o plásticos,

-se retira el bagazo,

-se descarga el horno,

-se deposita el agave cocido en la fábrica cerca del molino. Si se trata del agave Potatorum, se deja en reposo de 15 a 20 días, antes -

de proceder a molerlo. Porque el proceso de fermentación debido a las características del agave comienza desde antes de molerlo.

En épocas de lluvias el tiempo de cocción se incrementa, aumentando los problemas en el cocimiento del agave, fase de singular importancia porque de ésta depende la transformación en azúcares de sustancias amiláceas (las que no fermentan directamente, haciéndose indispensable la hidrólisis, que se realiza catalíticamente aprovechando la acción del calor y la acidez propia del agave). Esta operación es muy importante ya que por exceso o defecto de cocción los rendimientos en azúcares pueden mermar y, consecuentemente, los rendimientos y utilidades de los productores.

#### 2.1.2.- MOLIENDA

Por los instrumentos usados, es posible caracterizar la molienda de las unidades productoras de mezcal en dos tipos:

-Molienda manual

-Molienda con tracción animal

La molienda manual se realiza con simples mazos de madera en forma de bate y de martillo; es característica de lugares con bajo volumen de elaboración de mezcal y producción no continua, pues exige un esfuerzo físico desgastador.

La molienda con tracción animal se realiza por medio de un procedimiento antiguo que consiste en la reducción del agave cocido utilizando el llamado molino chileno (también conocido como tahoma o molino egipcio); con tracción animal. El molino chileno consiste en una piedra amonedada de cantera o cemento, dentada o lisa con un peso aproximado de media tonelada, la cual rueda sobre un piso de piedra (mampostería) o cemento, labrada en forma que permite la formación de un círculo de aproximadamente 4 m. de diámetro y 20 a 30 cm. de profundidad. En el centro del círculo está colocado un eje vertical de madera de aproximadamente 20 a 25 cm. de diámetro, que sirve de eje a la rueda, los une un madero que atraviesa la rueda por su centro y funciona co-

mo eje horizontal, sirviendo de tiro para mover la piedra y utilizando como tracción un caballo o mula. (ver fotografías 7 y 8)

Para que se efectúe de mejor forma la molienda el operario debe tener cuidado en remover el agave con un bielgo, con la finalidad de -- lograr un mejor triturado, porque de esto depende que se logre una -- mejor utilización de los azúcares en la siguiente fase, la fermentación. En el proceso de molienda se registran pérdidas y, sobre todo -- contaminación del producto, tanto porque el animal usado como bestia de tiro en algunas ocasiones realiza sus necesidades fisiológicas, -- las cuales pueden pringar sobre el agave sometido a molienda, como -- porque algunos animales, incluyendo el de tiro, gustan de comer o lamer lo dulce del agave.

### 2.1.3.- FERMENTACION

La fermentación es una etapa importante en el proceso de producción de mezcal. Consiste en el desdoblamiento de los hidratos de carbono, por parte de microorganismos (cepa). La fermentación alcohólica produce alcohol etílico, bióxido de carbono, aldehídos, cetonas, metanol, etc., dependiendo de la materia prima y los microorganismos a -- que se expone. No se produce cuando existe fuerte concentración de -- azúcares, produciéndose cuando la solución azucarada está suficientemente diluída (14 o 15%).

La figura 6 muestra la variedad de recipientes utilizados para la fermentación en las diferentes zonas productoras en el Estado de Oaxaca, de acuerdo a sus necesidades y posibilidades económicas.

En el Estado de Oaxaca, la fermentación de agave previamente cocido y molido se realiza con bagazo, a diferencia de otros Estados de -- la República como San Luis Potosí, Zacatecas y Jalisco. Además, podemos distinguir dos formas de fermentación: 1) la fermentación natural y, 2) la fermentación acelerada.

La fermentación natural se realiza de diferentes maneras dependien



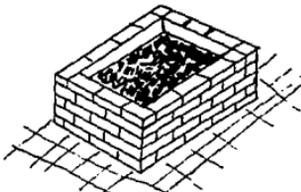
Fotografía 6 .- Horno recubierto de piedra, para Cocimiento del agave.



Fotografía 7.- Piso del molino Egipcio, en donde se coloca el agave cocido.



A) EL MOSTO SE FERMENTA EN UNA PIEL ENTERA DE RES VUELTA HACIA DENTRO.



B) SE USAN TAMBIEN PILETAS DE TABIQUE



C) CANOAS LABRADAS DE TRONCOS



D-1) SE USARON TINAS VERTICALES DE MADERA, PERO SE DESECHARON ANTE LA DIFICULTAD DEL VACIADO



D-2) LAS TINAS DE MADERA DE FORMA TRUNCOCONICA SON LAS MAS USADAS POR SU FUNCIONALIDAD.



E) CAJONES DE MADERA



LOS PIES DE LEVADURA SE LOGRAN EN BARRICAS DE MADERA



F) OLLAS DE BARRO DE 50 A 60 LTS. DE CAPACIDAD.

UNAM	FES-C
TESIS	PROFESIONAL

FIG. 6.- TINAS DE FERMENTACION USADAS EN OAXACA.

ANA MA. AGUILAR OLMOS

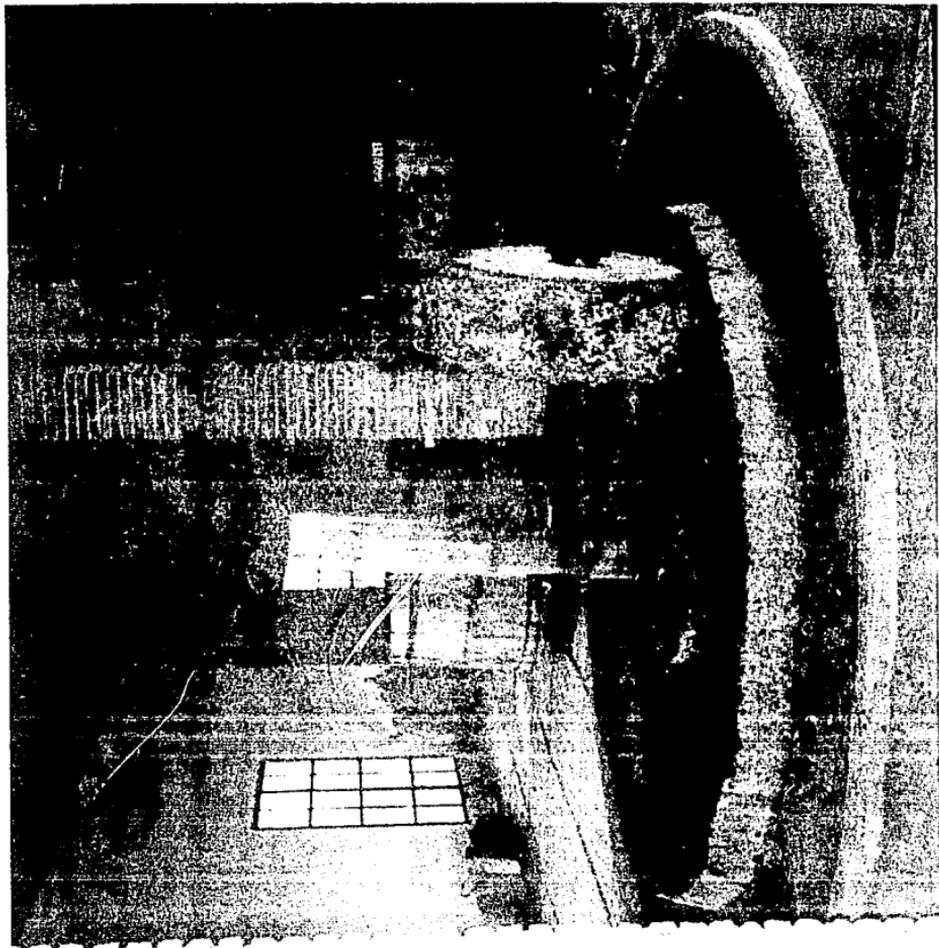
do de la o de las variedades de agave y la región en donde se ubican los palenques. Según las visitas de campo se observó que en los Distritos de Tlacolula y Yautepec, donde se produce mezcal con el agave llamado espadín (agave Angustifolia Haw), sin adicionar ninguna sustancia, el tiempo de fermentación está en función de la temperatura ambiente (a mayor temperatura menos tiempo de fermentación), variando entre los 8 y 15 días. También en otros Distritos como Ocotlán y Miahuatlán, donde se usa de manera natural. Sin embargo, cuando se elabora mezcal del agave conocido comúnmente como biliá o tabalá (agave Potatorum Zucc), después de cocido el agave se amontona para que repose 15 a 20 días según la temperatura ambiente, es decir, el proceso de fermentación se inicia sin moler el agave, siendo señal de que el agave debe molerse cuando presenta una asociación de hongos en forma de fieltro algodonoso blanco.

La fermentación acelerada, por su parte, se logra de dos maneras: adicionando sulfato de amonio (práctica común en Tlacolula) o una cáscara de árbol de talla mediana conocido con el nombre de timbre (en los Albarranas).

#### Procedimiento para la Fermentación

Se efectúa en tinajas de madera con capacidad de aproximadamente 200 litros (ver fotografía 9). Los palenques regularmente cuentan con 3 tinajas las cuales se llenan, con agave molido hasta el 75% de su capacidad aproximadamente. El proceso de fermentación comienza de manera espontánea las cepas que desencadenan la fermentación son nativas (existen en el lugar, no son cepas seleccionadas y se van reproduciendo a medida que el tiempo avanza y el contenido de las tinajas se encuentra expuesto al medio ambiente).

En los palenques existe un individuo llamado práctico, quien por su experiencia, conoce en que momento hay que agregarle agua hasta casi llenar la tina (90%), lográndose, con esto obtener el medio propicio para que los microorganismos transformen los hidratos de carbono a alcohol.



Fotografía 8.- Molino Egipcio o Chileno.

Según la experiencia del práctico a la tina se le debe agregar -- agua cuando:

- a) las tinas llenas de agave molido han reposado algunas horas o - días.
- b) cuando el olor sea bastante fuerte.
- c) cuando al meter la mano en la tina se siente caliente.
- d) cuando aparece un ruido que asemeja la ebullición dentro de la tina.

Observadas estas condiciones, se le debe agregar agua tibia hasta casi llenar la tina (dejando de 10 a 20 cm. libres), se deja reposar de 4 a 6 horas con la finalidad de que el agave molido se ablande, - procediendo después a revolver la tina por partes y de manera tal que se logre desmenuzar el agave insuficientemente molido y que el contenido se uniformice (en algunos lugares se le conoce a la operación - como bagaceado). Con lo anterior se logra dejar la fibra limpia de -- azúcares, mostrando ésta una coloración blancuzca. En la superficie - de la tina se observa una pasta de agave, a la que se le van apreciando pequeños agujeros en forma de cráteres que se incrementan al pasar el tiempo. Por estos agujeros se desprende bióxido de carbono. El -- práctico procede a tapar los agujeros formando una capa en forma de - costra con la finalidad de conservar una temperatura uniforme que -- ayude a la transformación de los azúcares en alcohol.

El tiempo de fermentación varía en función de la temperatura am-- biente y la calidad del agave (a mayor contenido de azúcares mayor -- tiempo de fermentación). El práctico considera que la fermentación a terminado cuando el ruido característico en la fase de fermentación - cesa, además de observar la capa en forma de costra que se abre en -- las orillas, es decir, que los mostos se separan en la pared de la -- tina, procediendo a recorrer el contorno de la misma. Entonces se procede a realizar un calado en la orilla de los mostos, llegando al te- pache observándose la formación de burbujas aperladas y grandes (tipo espuma), pero escasas. Finalmente con un probador construído de carrizo en forma de pipeta se obtienen pruebas en diferentes niveles de la tina cerciorándose, con el sentido del gusto, de que no existe dulce alguno, sino, al contrario, un sabor amargo y fuerte olor caracterís- tico a mezcal.

El proceso de fermentación descrito, sin la intervención de sustancia alguna como catalizador, ha sido modificado al añadirse sulfato de amonio (que enriquece el medio y favorece el crecimiento de las levaduras), siendo ésta una práctica que se generaliza cada vez más y persigue disminuir el tiempo de fermentación. El sulfato de amonio se adiciona de 3 a 5 kilogramos en el fondo de la tina el día que se deposita el agave molido, diluyendolo en, aproximadamente 200 litros de agua caliente; se deja reposar por 1 o 2 días, al termino de los cuales se revuelve, después de adicionarle en algunos casos, 2 o 3 kilogramos más.

#### 2.1.4.- DESTILACION

Concluída la fase de fermentación se procede a destilar el tepache. Como resultado de la fermentación se dan dos clases de productos: los sólidos, grasas y sales minerales, fibras, etc., no volátiles; y los alcoholes, ésteres, cetonas, aldehídos, etc., volátiles. En la diferencia de las volatilidades se basa el procedimiento para separarlos, es decir, la destilación.

Al someterse al tepache a la acción del calor se provoca la evaporación de alcoholes e impurezas, quedando separadas de los materiales sólidos. Si esos gases son colectados y condensados retornan a su estado natural y se obtiene un alcohol que en el caso del agave y en los Estados de Oaxaca, San Luis Potosí, Durango, Guerrero y Zacatecas recibe el nombre de mezcal.

La destilación o separación de las sustancias volátiles y no volátiles se efectúa en alambiques, que en el Estado de Oaxaca se han construído utilizando materiales de la región, usando la capacidad de adaptación e ingenio del productor para resolver el problema de la elaboración del aguardiente de agave. De manera general el proceso de destilación es el mismo, cambiando únicamente los elementos que constituyen el equipo, básicamente compuestos por tres partes:

- A) depósito del tepache, que se expone al fuego para lograr la evaporación.

- B) conductor para el transporte de los vapores alcohólicos;
- C) y condensador o serpentín para el enfriamiento de los vapores - que se han desprendido por la acción del calor sobre el depósito.

Los equipos utilizados para la obtencion de alcoholes presentan -- una gran variacion: desde los equipos de destilación continua, utilizados en la gran industria alcoholera, hasta los más rusticos de que podamos tener idea.

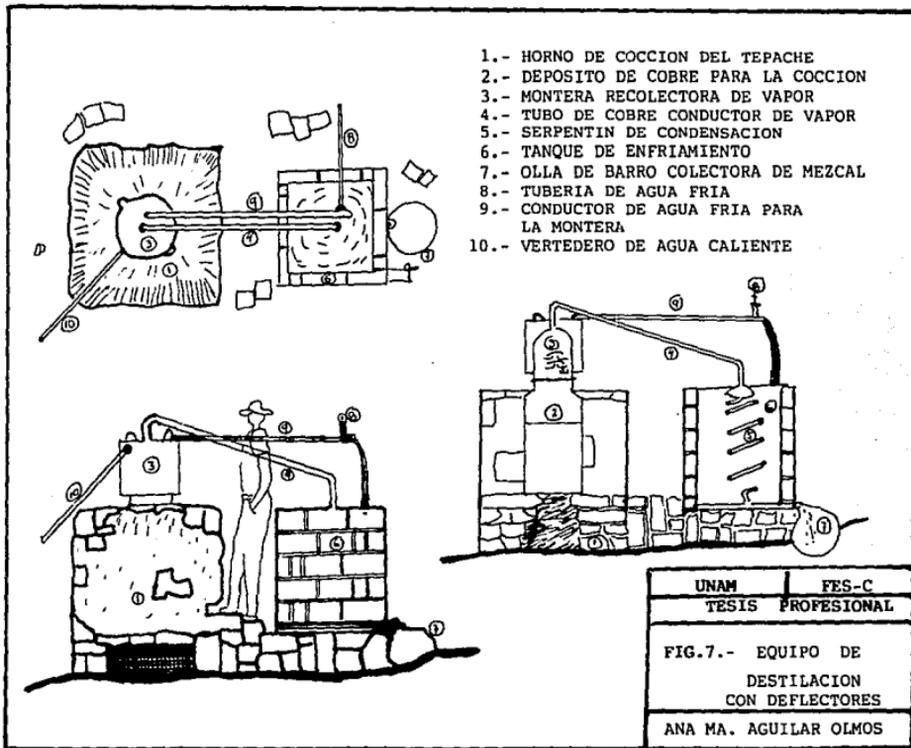
#### Equipo de Destilación con Deflectores

El principal propósito del diseño de este tipo de alambique es evitar la redestilación; sin embargo no siempre se obtienen buenos resultados. Este tipo de destilador se localiza principalmente en el Distrito de Ejutla.

La figura 7 muestra vistas generales de los equipos de destilación con dos deflectores; las partes que los constituyen son las siguientes:

- a) Depósito de cobre para cocción del tepache (olla).
- b) Montera con sistema de pre-enfriamiento (2 platos fraccionadores y un colector de líquidos)
- c) Turbante
- d) Serpentín.
- e) Conductor de agua fría para enfriamiento de la montera.
- f) Tanque de enfriamiento (una pila de concreto o una tina de fermentación).
- g) Horno o fogón (donde va colocada la olla y la montera), construido de adobe y piedra o ladrillo.

Como en todo el Estado de Oaxaca, la destilación del tepache se realiza con bagazo del agave, el cual se coloca en la olla sin llenarla. Se procede a colocar la montera, el turbante y el serpentín, sellando perfectamente las uniones con masilla del agave y trapos viejos. Lo interesante de este equipo es el sistema de pre-enfriamiento y los platos deflectores. Con este sistema combinado se pretende obtener mezcal sin someterlo a una segunda destilación.



UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
FIG.7.- EQUIPO DE DISTILACION CON DEFLECTORES	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

El sistema de pre-enfriamiento consiste en que la montera esta com- puesta no sólo por los platos fraccionadores sino por una cavidad cilíndrica que permite captar agua para un pre-enfriamiento, desalojándose ésta a través de un conducto de cobre que hace las veces de ver- tederero de agua caliente.

El proceso de destilación se inicia propiamente al evaporarse los compuestos alcohólicos más volátiles que al contacto con las paredes frías de la montera y los platos deflectores se condensan, dejando - pasar sólo a los que propiamente formarán el mezcal. Sin embargo, los productores han encontrado poco funcional este sistema, por lo que - han ido abandonándolo.

#### Equipo de Destilación Simple

Es el más usado en el Estado de Oaxaca, sobre todo en los distri- tos de Tlacolula y Yautepec. Sus componentes son los mismos que los - descritos en las líneas anteriores, pero sin los platos fraccionado- res y su sistema de pre-enfriamiento. Sus diseños son rústicos, sien- do discontinua la destilación obtenida. El procedimiento que se sigue para la destilación se inicia al cargar la olla con tepache y bagazo sin llegar a llenarla (a 10 o 15 cm. de la "boca" de la olla); reali- zada esta actividad se arma el equipo colocando la montera, el turbante y el serpentín, sellándolos con argamasa (masilla del agave), todo detenido con tiras de manta y amarrado con ixtle. A continuación la - hornilla\* donde se encuentra empotrada la olla se somete a la acción de fuego, producido con leña o petróleo. Por acción del fuego se for- man vapores que pasan a la montera, turbante y finalmente, al serpen- tín, donde se condensan los vapores obteniéndose un destilado. (ver - fotografías 10, 11, 12 y 13)

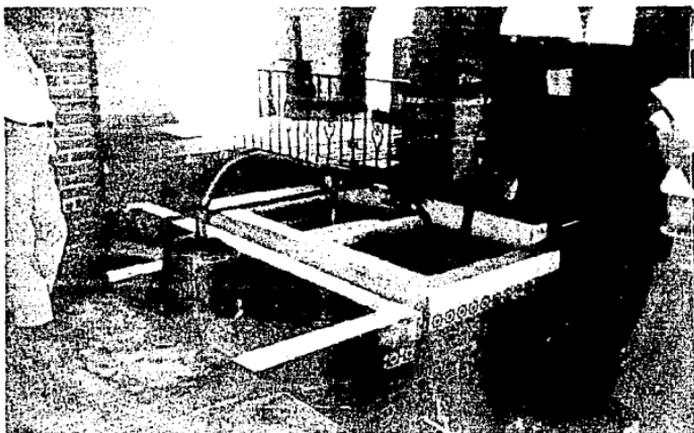
El destilado se divide en tres partes:

- a) Puntas o cabezas, primera fracción de la destilación de mayor - grado alcohólico 65 a 80°G.L. (de 25 a 30 litros a una tempera- tura mayor a 24°C)

\* Hornilla: Hueco hecho en el macizo de los hogares, con una rejuela horizontal en medio de la altura para sostener la lumbre.

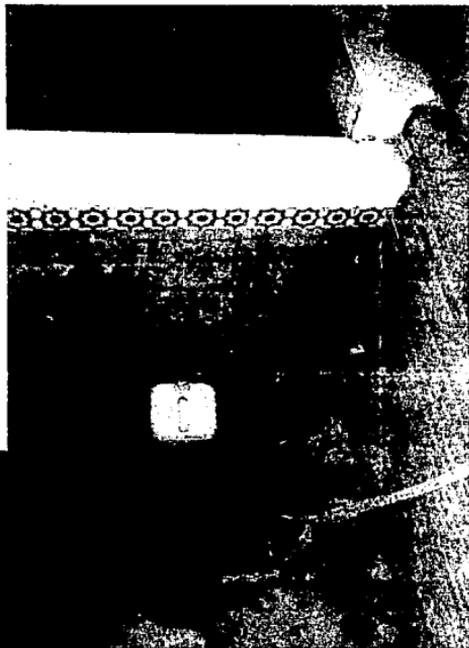


Fotografía 9.- Tinas de madera, que se utilizan para la Fermentación.



Fotografía 10.- Equipo de destilación simple.

Fotografía 11.- Parte recep-  
tora del mezcal.



Fotografía 12.- Tanque de  
Enfriamiento

- b) Shishe o común (de 30 a 60 litros, entre 20 y 40°G.L.)
- c) Colas (de 25 a 30 litros).

Las puntas o cabezas se separan en barricas, el shishe o común se deposita en otras barricas; siendo depositadas las colas en un lugar aparte, o se vuelve a la próxima olla para ser redestilado.

Cuando las llamadas colas se utilizan para ajustar el grado alcohólico del mezcal (darle el grado para su venta), se incurre en una -- adulteración del producto, al agregarle alcoholes pesados (estos alcoholes pesados son tóxicos, por lo que no se recomienda su consumo). Existen diferentes tipos de alcoholes: Metanol (ligero pero tóxico), el etanol (intermedio, es potable y por lo tanto, el más apto para su consumo), y alcoholes superiores (propanol, isopropanol, butanol, -- isobutanol, amílico, e isoamílico) los más pesados y tóxicos, de este tipo son los contenidos en las colas, olores desagradables y otros -- contaminantes que dichas colas contienen, lo cual implica también regtar la calidad del producto. Este ajuste del mezcal también se hace -- con agua, lo cual es más recomendable, pero comúnmente se prefiere -- hacerlo con las colas ya que contienen alrededor de 6°G.L., y al ajustar así su mezcal aumentan el volumen de su producto, con las consi-guientes ganancias económicas.

Al terminar el enriquecimiento alcohólico se desarma el equipo de destilación, quitando en primer término el turbante y después la montera. Las demás partes del equipo se encuentran fijas. Desarmado se -- procede a limpiar la olla, utilizándose un bieldo metálico para remo-  
ver el bagazo, desechando los líquidos a través de un desagüe que tie-  
ne la olla en un costado de su fondo. Al terminar de limpiar la olla  
se reinicia la operación descrita.

Concluída la fase de destilación se procede a una segunda destila-  
ción, conocida como refinado, la cual se realiza en el mismo equipo --  
de destilación. En esta fase se usan shishes o comunes, que fueron --  
separados en barricas; recibiendo los mismos nombres las partes del --  
destilado: puntas (de resaque), cuerpos y colas.

A las puntas del resaque y cuerpos de la segunda destilación se --  
deja reposar algunos días, procediéndose a ajustar el mezcal a un  
grado alcohólico de 50°G.L. a 15°C de temperatura.

En la figura 8 se observan las partes que componen al destilador -  
de cobre simple de uso generalizado en las zonas productoras.

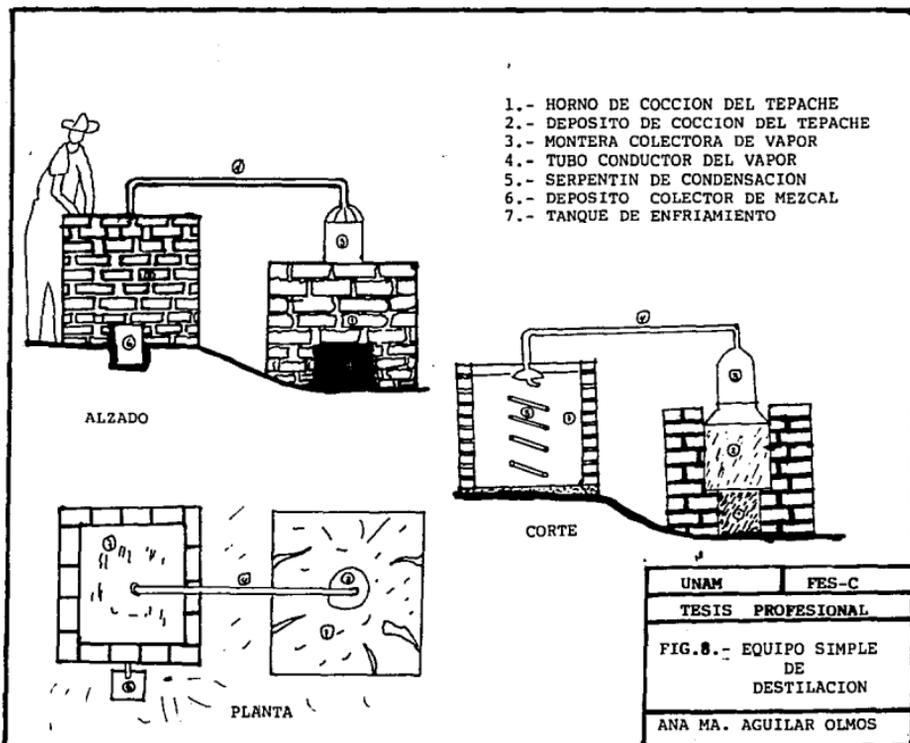
Cuando ha finalizado el proceso de fabricación, la producción de -  
mezcal se pasa a barricas de roble blanco o encino, para su añejamiento  
por lo menos dos años (ver fotografía 14) o también se vende mez--  
cal natural (blanco).

La mayoría de la producción artesanal de mezcal se vende en cerá--  
mica de barro negro o a granel a compañías envasadoras que lo distri--  
buyen tanto en el mercado nacional como internacional, con sus marcas  
comerciales debidamente registradas.

## 2.2.- PROCESO MODERNO

Las fases del proceso en la obtención de alcoholes es básicamente  
el mismo, tanto para el procedimiento moderno como para el artesanal,  
lo que ha cambiado es la incorporación de tecnología, expresada en -  
los instrumentos y equipos tecnificados con que se cuenta. Las fases  
en que se divide la obtención de aguardiente son las siguientes: coc--  
ción, molienda, fermentación y destilación.

El equipo es totalmente tecnificado, llevándose un control inicial  
de la calidad de la materia prima. Básicamente la cocción se realiza  
en autoclaves de grandes dimensiones (para 30 o 40 toneladas de mate--  
ria prima), mediante vapor de agua a una presión de 0.5 kg/cm<sup>2</sup>. La --  
molienda se realiza en primer lugar en una desgarradora, para poste--  
riormente pasar a un conjunto de molinos separándose jugos de bagazo  
(fibra) al adicionar agua. Los jugos se depositan en tinas de acero -  
inoxidable de gran capacidad. A las tinas de fermentación se les adi--  
ciona el pie de levadura (comunmente conocido como cepa; que se refie  
re a la solución concentrada de microorganismos que posibilita la --  
fermentación alcohólica) con la finalidad de activar la fermentación.

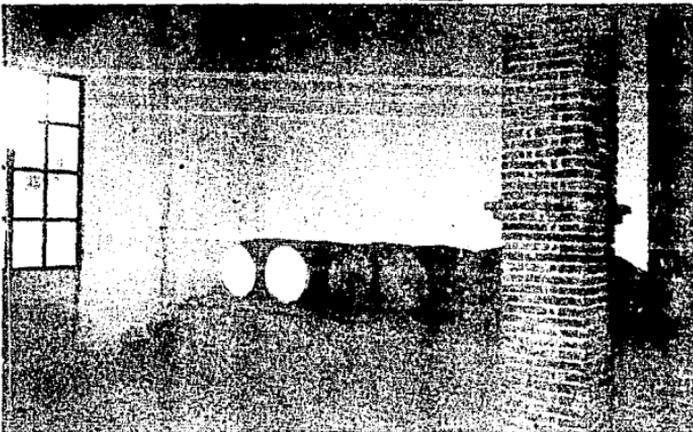


\* TODOS LOS ELEMENTOS UTILIZADOS EN LA DESTILACION DESDE EL DEPOSITO DE COCCION HASTA EL COLECTOR DE MEZCAL, SUELEN SER DE COBRE.

\* EL TANQUE DE ENFRIAMIENTO ES ABASTECIDO MEDIANTE POZO Y BOMBA ELECTRICA.



Fotografía 13.- Alambique  
para la desti-  
lación del --  
Mezcal.



Fotografía 14.- Barricas para afejamiento.

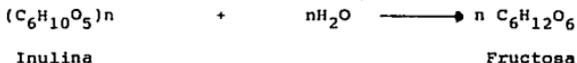
Concluida la fase de fermentación se pasa a la destilación, usando - alambiques de destilación continua para de ahí pasar a un rectificador de alcoholes.

La figura 9, es el diagrama de bloques del proceso moderno de producción de mezcal.

#### Cocimiento

Las piñas son seleccionadas previamente por el año de maduración, - y su tamaño. Una vez seleccionadas, se introducen en los hornos y se distribuyen de tal manera que se consigue la mayor área de contacto - posible. Se cierra el horno y se suministra vapor a una presión de -- 16 lb/in<sup>2</sup> (110,315.7 Pa); requiriendose 24 horas para la cocción completa del agave.

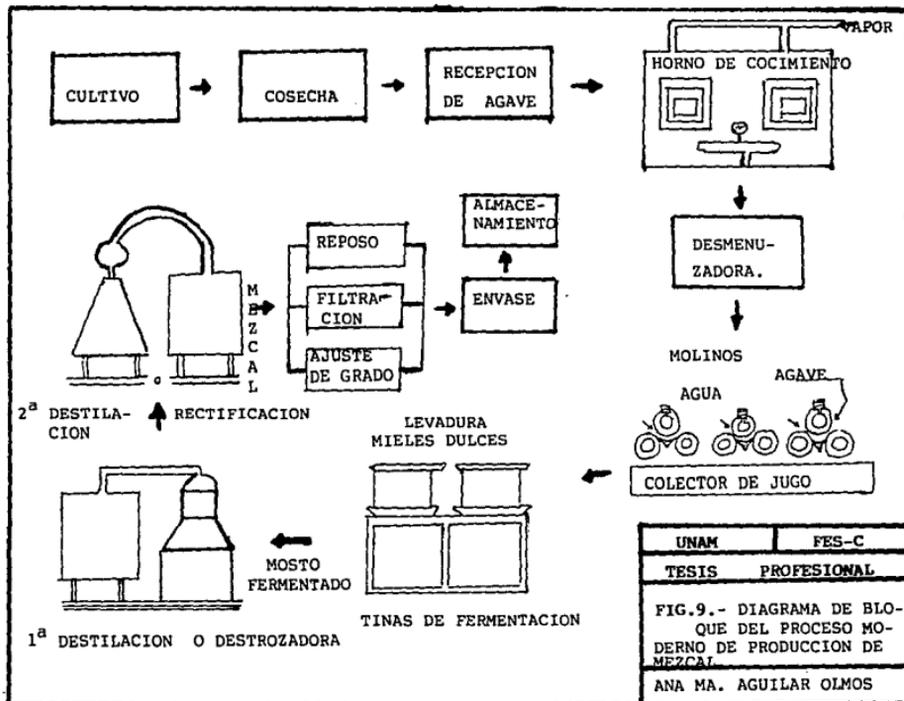
Durante el cocimiento, la inulina (principal polisacárido) sufre - un desdoblamiento hidrolítico, produciendo azúcares que son utilizados en las tinas de fermentación. (20)



Realizado el cocimiento total de las piñas en los hornos, éstos se descargan, desechando al drenaje los primeros 100 litros por cada carga, que se les conoce como mieles amargas y las mieles dulces, se bombean a una fosa de depósito, en donde se mezclarán con el jugo diluido que proviene de la molienda.

#### Molienda.

Las piñas ya cocidas que provienen de los hornos, se desmenuzan y pasan a la desgarradora, para que de ahí pasen a los molinos tipo -- trapiche, en donde se les extrae todo el jugo del agave o mostos, --- utilizando agua potable para tener una mejor imbibición esto se hace para disminuir la cantidad de azúcar que lleva el bagazo húmedo.



El jugo diluído que se obtiene de la molienda, pasa por un filtro colector que separa el bagazo del jugo, para que éste continúe directamente a la fosa, donde se mezcla con las mieles dulces provenientes del horno, para ser bombeados posteriormente a las tinas de fermentación.

#### Fermentación.

La fermentación es la etapa del proceso que más atención y cuidado requiere, ya que es la clave para producir un mezcal de calidad.

Con los azúcares y demás sustancias extraídas de la molienda se -- preparan los mostos, entre 9 y 12 °Brix, son cargadas las tinas de -- fermentación con dichos mostos, ajustando el pH entre 4 y 4.5. Se debe agregar a las tinas de fermentación 1 kilogramo de sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  por carga, que es la fuente inorgánica que enriquece el medio que favorece el desarrollo de las levaduras, se recomienda que la temperatura no sea mayor de 28°C. (5)

Los mostos por lo regular se inoculan con 2 a 6% de levadura ---- "Saccharomyces Cerevisae" (pie de cuba) según sea el volumen de carga de cada tina (14).

Una vez que se ha fermentado todo el alcohol, aproximadamente a -- las 48 horas, dichos mostos se convierten en "mostos muertos" los cuales se bombean más tarde a los alambiques.

#### Destilación.

Para llevar a cabo la destilación, se emplean tres alambiques, dos en la primera destilación y el otro en la segunda destilación o rectificación.

Los alambiques son de acero inoxidable, con serpentín de cobre, -- por donde circula el vapor proveniente de las calderas a una presión de 16 lb/in<sup>2</sup> y una temperatura máxima de 90°C, el vapor se inyecta -- por la parte media del alambique.

Algunos de los componentes del mezcal durante la destilación son: alcoholes superiores y ésteres que pasan progresivamente durante la destilación, no por orden de volatilidades, sino por las tensiones -- superficiales que resultan de la solubilidad que tienen en el agua y en el alcohol, otras sustancias presentes en la destilación son: aldehídos, ácidos volátiles, furfural, metanol y etanol. (3)

Los aldehídos se destilan al principio y comunican a las porciones de cabezas del mezcal un olor muy penetrante; como sucede en el caso de los ésteres, se forman aldehídos durante la destilación y añeja--- miento, por la oxidación de alcohol etílico.

La presencia de acetaldehído, añade un olor peculiar indeseable en el producto.

La formación de aldehídos debido a la oxidación del alcohol es:



El alcohol y el acetaldehído, pueden reaccionar lentamente para -- formar acetol\*. (20)

Los ésteres son los constituyentes de los compuestos que añaden el olor y sabor característico del mezcal, siendo más oloroso que los aldehídos, pasan sobre todo en las cabezas y al final de la destilación; esto se debe principalmente a la diferencia que existe entre -- las volatilidades y las temperaturas de ebullición de los diferentes ésteres presentes en el destilado.

Una parte de los ésteres se formarán por la acción de los ácidos -- sobre el aceite fusel, también es posible la formación de otros ésteres provenientes del alcohol etílico o propílico.

\* Acetol: componente de olor pronunciado, líquido incoloro, p. eb. -- 146°C, soluble en alcohol, agua y éter.

Algunos otros ésteres se forman durante la destilación como: acetato de etilo, caproato de etilo, laurato de etilo y lactato de etilo.  
(14)

- a) Acetato de etilo.- Líquido incoloro, p.eb. 77.1°C. Pasa enteramente al inicio de la destilación y es muy oloroso.
- b) Caproato de etilo.- Líquido incoloro o amarillento de olor agradable, p.eb. 167°C; miscible con alcohol y éter, insoluble en agua, peso molecular 144.2. Pasa igualmente en el calentamiento.
- c) Laurato de etilo.- Líquido oleoso, soluble en alcohol y éter, p.eb. 269°C. Pasa en el corazón del producto.
- d) Lactato de etilo.- Líquido incoloro, p.eb. 154°C. miscible con -- agua (con descomposición parcial), alcohol y -- éter. Pasa al final de la destilación. (20)

Los ácidos láctico, fórmico y acético se expresan en acidez total que comprende la acidez fija y la acidez volátil. Todos los ácidos -- mencionados, son arrastrados durante la destilación, sobre todo al -- final, los que tienen masa molecular elevada pasan en la primera parte de la destilación.

El furfural se produce en cantidades muy débiles, igual que la -- glicerina.

La cantidad de metanol o alcohol metílico, de los mostos fermentados proviene de la pectina (extracto concentrado de un grupo de sustancias de elevada masa molecular, afines a los carbohidratos) y se -- encuentra en diferentes cantidades en las frutas y en las plantas.

Dicha pectina se encuentra presente en la fermentación (se produce en los tejidos vegetales por hidrólisis) en donde una vez que son hidrolizadas las pectinas por acción de las enzimas de levaduras, se -- libera el alcohol metílico que ya no es posible eliminar en forma --

práctica y económica, porque forma con el alcohol etílico una mezcla azeotrópica.

El alcohol etílico es el constituyente principal del mezcal, representa del 40 al 55% en volumen, dependiendo del mezcal que se elabore, ya sea añejo o blanco.

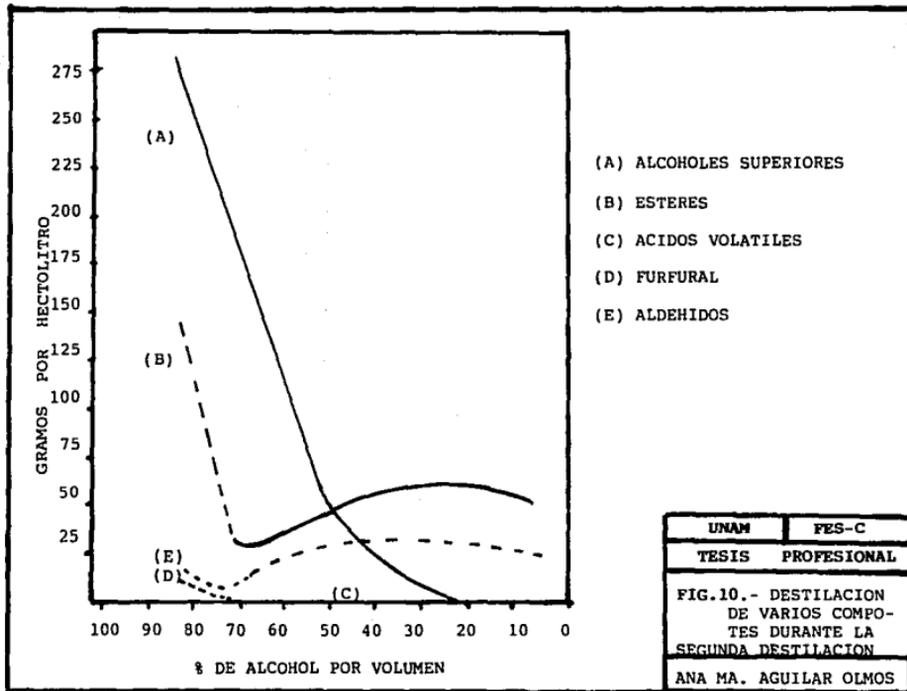
Los alcoholes superiores de alta masa molecular, son abundantes al principio de la destilación, con mayor temperatura de ebullición que el alcohol etílico. A los alcoholes superiores también se les conoce como aceite fusel, representando del 0.3 a 0.4% en peso (17), algunos de los más importantes son:

ALCOHOL	TEMPERATURA DE EBULLICION (°C)	DENSIDAD (g/l)
n-Butílico	117	0.810
b-Fenil-Etílico		1.024
Héxilico	157	0.819
Isoamílico	102	0.813
Isobutílico	108	0.806
Isopropílico	82.5	0.785
Propílico	98	0.804

Los principales constituyentes de estos alcoholes superiores, son los alcoholes isobutílico e isoamílico.

La presencia del aceite fusel o alcoholes superiores en pequeñas cantidades, añade un sabor y olor desagradable, incrementándose cuando se encuentran ésteres de alta masa molecular. (4)

La destilación debería de eliminar a los alcoholes superiores, -- puesto que en la segunda destilación, el líquido tiene una temperatura de ebullición de 91.5°C, y que en todo caso solamente el alcohol isopropílico cae dentro de este intervalo de temperatura de ebullición, sin embargo en la práctica no es así, como se puede apreciar en la figura 10 a medida que el producto se condensa, es rico en alcohol, en aceite de fusel y en ésteres.



En la figura 11, se observa que al principio de la destilación, se obtiene la riqueza alcohólica más alta, lo que ocurre a baja temperatura. (14)

La segunda destilación es análoga a la primera destilación, pero la selección de los componentes es más refinada, en razón de una destilación más suave y de riqueza alcohólica más elevada.

Esta segunda destilación dura un tiempo de 6 horas. Una vez destilado todo el mezcal éste pasa a los condensadores a 80°G.L. llevándose a cabo la condensación del producto.

Se toman los primeros 10 litros (se les conoce como cabezas) que se recirculan al destilador y las colas que se mandan directamente a la fosa de jugos diluido y de mieles dulces.

Los productos de cabeza tienen una concentración elevada, un olor fuerte y a veces bastante desagradable, todo exceso de aldehído etílico o de acetato de etilo, se considera fuertemente perjudicial y sólo mente en el corte, es cuando el olor comienza a ser agradable, pero las sustancias que pasan después del corte, tienen un olor en general débil y poco agradable.

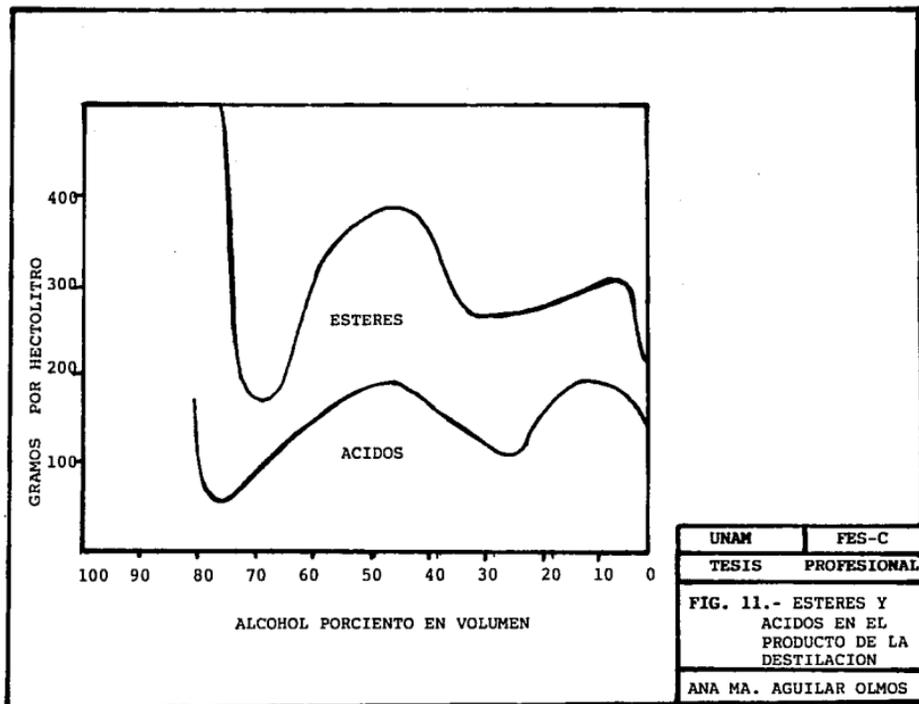
Otros compuestos presentes en la destilación son: cenizas, azúcares, cobre, fierro, 5-(hidroximetil)-2-furfural y otros cationes.

Posteriormente el producto final (mezcal natural) se diluye o rebaja con agua destilada, ajustando el grado alcohólico a 46°G.L., después se pasa a unas barricas de madera para su añejamiento.

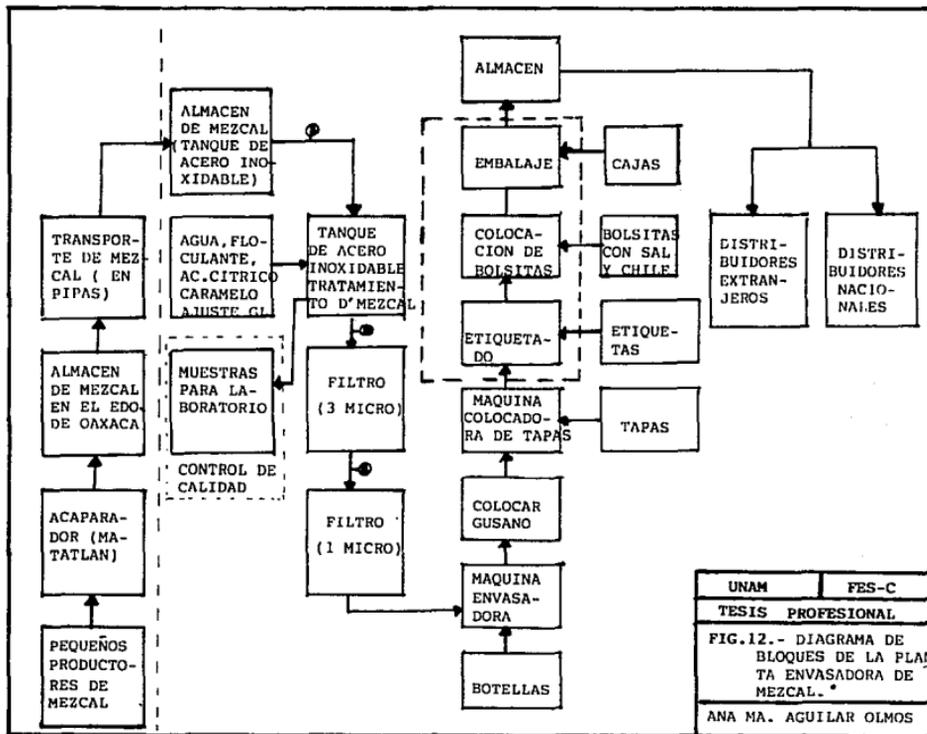
#### 2.2.1.- ENVASAMIENTO

La empresa Monte Albán cuenta con un sistema completo para envasar el producto, el cual se muestra en la figura 12.

El producto se bombea del almacén a un tanque de acero inoxidable, en el cual se le da un tratamiento al mezcal; agregándole: agua, flocculante, ácido cítrico y caramelo; después es bombeado a través de --



UNAM	FES-C
TESIS	PROFESIONAL
FIG. 11.- ESTERES Y ACIDOS EN EL PRODUCTO DE LA DESTILACION	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	



\* CHICHOLOAPAN, ESTADO DE MEXICO (SE INCLUYE DESDE LA ETAPA DE PRODUCCION EN EL ESTADO DE OAXACA)

● BOMBA

filtros hasta la máquina envasadora, se emplean botellas de vidrio -- de 500, 750 y 1000 ml. de capacidad.

Una vez llenadas las botellas, se coloca el gusano, se etiquetan, se les ponen bolsitas con sal y chile, después se revisan minuciosamente todas las botellas antes del embarque. Ya revisadas las botellas, éstas se colocan en cajas de cartón y pasan al almacén; para -- después ser distribuidas en el mercado nacional e internacional.

### 2.2.2.- AÑEJAMIENTO

Para llevar a cabo el añejamiento del mezcal, se utilizan barricas de roble blanco o de encino, recomendándose que el producto permanezca en reposo, un mínimo de un año, para que adquiriera las características organolépticas, peculiares del mezcal. Según sea el tiempo de -- añejamiento, ocurren varios cambios físico-químicos, tales como: pérdidas por evaporación, oxidación de algunos componentes originales, -- reacciones entre compuestos que ya se han oxidado con el producto -- original.

En términos generales, puede decirse que aumenta la concentración alcohólica, disminuye el pH, aumentan los ésteres, los alcoholes superiores, el furfural y los aldehídos.

Se debe verificar muy cuidadosamente las concentraciones de los -- componentes del mezcal añejo, con el objeto de que estas concentraciones se mantengan en los límites convenientes, para evitar que varíen las características peculiares del producto, como son: el sabor, olor y color.

El color amarillo del mezcal añejo, se desarrolla durante el tiempo de añejamiento que permanece el mezcal en las barricas.

### 2.3.- UTILIZACION DEL GUSANO DE MAGUEY

El Hipopta Agavis, también conocido como "gusano rojo" o "gusano - maguey" , es un lepidoptero de la familia Cossidae que perfora las bases de las hojas y forma galerías en los tallos de algunos agaves.

Por el alto precio que alcanza este gusano y la gran aceptación, - por el gusto que le imprime al adicionarsele al mezcal, también a la sal picante, y por servir de alimento, esta plaga se puede considerar benigna.

Por las características organolépticas que proporciona al mezcal, sal y salsas, y su gran escasez, suelen los grandes envasadores de -- mezcal sustituirlo gradualmente (aprovechando el desconocimiento del mercado al que destinan el mezcal) por un gusano blanco que se reproduce en el agave Atrovirens; incluso han llegado a incorporar gusanos de plástico en las botellas de mezcal con fines comerciales, lo que - significa un fraude al público y un desprestigio para el aporte Oaxaqueño al gusto del mezcal.

### CAPITULO III

#### CONTROL DE CALIDAD

La importancia de obtener productos con buena calidad en los últimos años a marcado la pauta para establecer métodos que ayuden al desarrollo de técnicas para el mejoramiento de los productos terminados que van directamente al consumidor.

Hablar de la calidad actualmente no es sólo marcar parámetros o -- intervalos de normas establecidas, sino tratar de analizar el proceso en general. No basta encontrar los defectos y fallas y corregirlos. - Lo que hay que hacer es encontrar las causas de los defectos y corregirlas.

En este trabajo experimental no se pretende abarcar lo que sería - un análisis global de calidad; realmente lo que pretende es mostrar - la calidad de un producto (mezcal), que se encuentra en el mercado -- nacional y con base en los resultados de análisis químicos, así como de la investigación de la forma de producción tratar de dar alternativas para mejorar la calidad.

La agroindustria mezcalera a ido creciendo en años recientes y el mezcal tiende a trascender el mercado regional y aun el nacional, convirtiéndose en una bebida de consumo internacional.

En el Estado de Oaxaca por las características propias de la entidad ( eminentemente rural, lugar turístico, etc.) el consumo de mezcal está generalizado en particular en las zonas rurales, y tiene una demanda por el turismo nacional e internacional que llega a Oaxaca.

La característica fundamental en el proceso de comercialización de mezcal la constituye la existencia de grandes intermediarios, la mayoría de los cuales no son productores de mezcal y no radican en los

lugares de producción. Estos recorren los centros productores y colegtan su mezcal para distribuirlo y venderlo en todo el Estado y el -- país.

Los precios por litro de mezcal, tanto al menudeo como al mayoreo son tradicionalmente bajos, en la actualidad el mezcal en el país, se cotiza entre N\$4.0 y N\$22.0, dependiendo de si es a granel o envasado.

Debido a que el mezcal, como se ha mencionado está adquiriendo -- proyección internacional debe ser regulada su calidad. Actualmente en el caso de la producción artesanal no existe un control de calidad de la materia prima, lo que provoca un decremento notable de la productividad y calidad en el proceso de obtención del mezcal. Así como tampoco existe un control de calidad del producto terminado (mezcal), sólo se realiza el ajuste del grado alcohólico; de la siguiente forma empírica:

1) A los alcoholes con grado alcohólico menor de 50°G.L. (entre 40 y más) se agregan cabezas de destilado que contienen entre 60 y 80 -- grados.

2) A los mezcales de alta graduación (cabezas) se les ajusta con - las colas del destilado. Es decir, se utilizan cabezas, cuerpos y co- las del destilado. Su grado alcohólico (entre 50 y 52°G.L.), es cote- jado empíricamente utilizando una pipeta de carrizo con que se absor- be mezcal, el cual se deposita en un recipiente pequeño: si el conjunto de burbujas o perlas que se forman es cerrado, con perlas pequeñas, y tarda en desaparecer algunos minutos, los productores consideran -- que es de calidad.

Para el caso del proceso moderno se lleva a cabo un control de ca- lidad a materia prima y al producto terminado en base a normas prees- tablecidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Para tener un panorama general de la calidad del mezcal en el mer- cado nacional se realizó un análisis experimental a las siguientes -- quince marcas existentes en el mercado:

- 1.- Gusano de Oro (Añejo)  
Envasado por Nacional Vinícola  
G.A.R. 38°G.L. Contenido: 1000 ml.
- 2.- Gusano Rojo (Añejo)  
Envasado por Nacional Vinícola  
G.A.R. 38°G.L. Contenido: 1000 ml.
- 3.- Gusanos (Añejo)  
Envasado por Nacional Vinícola  
G.A.R. 38°G.L. Contenido: 1000 ml.
- 4.- Mezcal Fénix de Oaxaca (Añejo)  
VIFEMEX, S.A. de C.V.  
G.A.R. 38°G.L. Contenido: 1000 ml.
- 5.- Mezcal Donaji (Añejo)  
Envasado por Productos Agroindustriales de Oaxaca  
G.A.R. 40°G.L. Contenido: 1000 ml.
- 6.- Mezcal Regional de Oaxaca (Añejo)  
Envasado por Licorería Oaxaqueña  
G.A.R. 40°G.L. Contenido: 1000 ml.
- 7.- Mezcal Zapata (Añejo)  
Envasado por Hector M. González (Estado de México)  
G.A.R. 44°G.L. Contenido: 1000 ml.
- 8.- Mezcal Zacatecano (Añejo)  
Envasado por Mezcales de Zacatecas  
G.A.R. 40°G.L. Contenido: 500 ml.
- 9.- Mezcal Supremo "Jaral" (Blanco)  
Envasado por Manuel Villa Ledesma (San Luis Potosí)  
G.A.R. 38°G.L. Contenido: 930 ml.

- 10.- Mezcal "Peña" (Blanco)  
Elaborado en San Luis Potosí  
Envasado por Bodegas Queretana  
G.A.R. 45°G.L. Contenido: 1000 ml.
- 11.- Mezcal Cananas (Blanco)  
Envasado por Mezcales de Zacatecas  
G.A.R. 38°G.L. Contenido: 930 ml.
- 12.- Muipil Mezcal con gusano (Añejo)  
Envasado por Mezcales Monte Albán  
G.A.R. 38°G.L. Contenido: 950 ml.
- 13.- Mezcal Huitzila (Blanco)  
Envasado por Mezcal Huitzila (Zacatecas)  
G.A.R. 40°G.L. Contenido: 1850 ml.
- 14.- Mezcal "Sta. Teresa" (Blanco)  
Envasado en Zimapán Hidalgo  
G.A.R. 43°G.L. Contenido: 500 ml.
- 15.- Mezcal Pendencia (Blanco)  
Envasado en San Luis Potosí  
G.A.R. 40°G.L. Contenido: 500 ml.

Se realizaron las siguientes determinaciones:

- 1.- Grado Alcohólico (2 repeticiones ~~que~~ dieron valores iguales)
- 2.- Metanol (4 repeticiones)
- 3.- Alcoholes Superiores (6 repeticiones)
- 4.- Extracto Seco (2 repeticiones)
- 5.- Cenizas ( 2 repeticiones)

- 6.- Esteres (2 repeticiones)
- 7.- Aldehídos (acetaldehído) (2 repeticiones)
- 8.- Acidez Total (acético) (2 repeticiones)
- 9.- Acidez Fija (acético) (2 repeticiones)
- 10.- Furfural (2 repeticiones)
- 11.- Azúcares Reductores (2 repeticiones)
- 12.- Acetona (2 métodos cualitativos, por no contar con el equipo necesario)

Debido a que se considera mezcal, aquel que se obtiene por destilación de líquidos fermentados que se hayan elaborado a partir de el jugo obtenido de las "cabezas" o "piñas" de los magueyes, en los que la totalidad o una parte de los azúcares fermentados provenientes de los hidratos de carbono que contenga, hayan sufrido como principal fermentación la alcohólica, siempre y cuando el destilado no haya sido rectificado totalmente, por lo que, el producto deberá contener las sustancias secundarias formadas durante la fermentación y destilación y que son características del Mezcal (18); el mezcal tendrá que tener productos secundarios de proceso, pero en cantidades no nocivas.

### 3.1.- MATERIALES Y METODOS

#### 1.- Grado Alcohólico.

La determinación de por ciento de alcohol en volumen en la escala de Gay-Lussac a 15°C, está dada por la norma oficial Mexicana NOM-V-13-1984 y se basa en el principio de Arquímedes. Es decir, cuando se introduce el alcoholímetro dentro de la probeta que contiene la muestra, la cantidad desplazada de líquido, por el alcoholímetro, será proporcional a la cantidad de alcohol etílico existente en la muestra,

como los alcoholímetros están calibrados en grados Gay-Lussac, la --  
medición del por ciento de alcohol aparente se lee en esta escala.

#### Material y Equipo:

Juego de alcoholímetros certificados con la escala Gay-Lussac, graduados en 0.1°G.L. y referidos a 15°C.

- Termómetro certificado con escala de 0 a 50°C graduados en 0.5 de --  
grado.
- Material común de laboratorio.

#### Procedimiento:

Ver Diagrama de bloques para la determinación de Grado Alcohólico  
(Anexo A)

#### 2.- Extracto Seco y Cenizas.

EL método de prueba para la determinación de extracto seco y cenizas está dado por la norma oficial mexicana NOM-V-17-1984, éste es un método de secado. En los métodos por secado se incluyen las mediciones de la pérdida de peso debida a la evaporación de agua a la temperatura de ebullición o cerca de ella, aunque tales métodos se usan -- frecuentemente debido a que dan resultados exactos cuando se consideran sobre una base relativa, hay que tener en mente que el resultado obtenido puede no ser una medición verdadera del contenido en agua de la muestra.

La proporción de agua libre perdida, aumenta al elevar la temperatura, por lo que es importante comparar únicamente los resultados obtenidos a las mismas condiciones de secado.

Material y Equipo:

- Cápsulas de porcelana de 50 ml.
- Balanza analítica (Balanza electrónica digital OHAUS Modelo G-160).
- Estufa con regulador de temperatura (BOEKEL modelo 1079)
- Mufla con control de temperatura (Thermolyne modelo FA1730)
- Equipo y material común de laboratorio.

Procedimiento:

Ver Diagramas de Bloques para determinación de Extraxto Seco y Cenizas (Anexo B).

3.- Acidez Fija y Total

Las normas que establecen los métodos de prueba para la determinación de acidez fija y total son: NOM-V-15-S-1980 y NOM-V-16-S-1980 respectivamente. Estos métodos de prueba se basan básicamente en la neutralización de un ácido por una base, en este caso la base es hidróxido de sodio (NaOH).

Material y Equipo:

- Cápsulas de porcelana.
- Bureta de 50 ml. graduada en 0.5 de ml.

Equipo común de laboratorio.

Reactivos:

- Disolución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N.
- Disolución indicadora de fenolftaleína al 0.5% en alcohol etílico

#### Procedimiento:

Ver Diagrama de Bloques para determinación de Acidez Fija y Acidez Total (Anexo C).

#### 4.- Esteres.

La norma que establece el método para la determinación de ésteres es la NON-V-5-S-1980. Este método está basado en la saponificación de ésteres, que consiste en la hidrólisis de ésteres promovida por base; la base no es un catalizador ya que de hecho se consume en el proceso de la reacción. La hidrólisis de ésteres promovida por base no es reversible; una vez que se forman los productos, no existe ninguna fuerza directriz que haga reaccionar al anión carboxílico con una molécula de alcohol.

#### Material y Equipo:

- 2 matraces balón de fondo plano de 500 ml con boca esmerilada 24/40
- Dos condensadores para reflujo con uniones esmeriladas 24/40
- Parrilla eléctrica con regulador de temperatura o manta de calentamiento.
- Equipo común de laboratorio.

#### Reactivos:

- Disolución de ácido clorhídrico 0.1 N
- Disolución de hidróxido de sodio 0.1 N
- Disolución indicadora de fenolftaleína al 1%. Preparada en alcohol etílico al 50%.

Procedimiento:

Ver Diagrama de Bloques para determinación de Esteres (Anexo D).

5.- Furfural.

La norma que presenta el método de prueba para la determinación de furfural es la NOM-V-4-1969. Esta prueba no está contemplada dentro de la norma oficial del mezcal, pero debido al alto grado de toxicidad del furfural se realizó para tener más parámetros para determinar la calidad del mezcal.

Material y Equipo:

- Espectrofotómetro (PERKIN-ELMER 552-A)
- Material común de laboratorio.

Procedimiento:

Ver Diagrama de Bloques para determinación de furfural (Anexo D).

6.- Alcoholes Superiores.

De acuerdo con la norma oficial NOM-V-14-S-1986, para la determinación de alcoholes superiores (aceite fusel), existen dos métodos para su determinación: el método químico y el método cromatográfico.

El método utilizado fue el método químico que se basa en la reacción colorida del complejo formado por el p-Dimetilamino benzaldehído con los alcoholes isoamílico e isobutilico que son los alcoholes que componen principalmente al aceite fusel, el aceite fusel del alemán - Fusel, es un licor de baja calidad obtenido como subproducto del alcohol etílico en el proceso de destilación de las bebidas alcohólicas. Este aceite de Fusel contiene principalmente una mezcla de alcoholes primarios, alcohol isopentílico, con cantidades menores de alcohol n-propílico, isobutílico y alcohol amílico.

#### Material y Equipo:

- Balanza analítica (Balanza electrónica digital OHAUS modelo G-160).
- Espectrofotómetro (SPECTRONIC 20).
- Material común de laboratorio.

#### Reactivos:

- Disolución de p-dimetil benzaldehído
- Acido sulfúrico concentrado

#### Procedimiento:

Ver Diagrama de Bloques para determinación de alcoholes superiores (Anexo E).

#### 7.- Metanol.

El metanol se determina mediante la reacción de Deniges, donde el metanol se separa de la mayor parte del etanol por destilación fraccionada y es oxidado a formaldehído con permanganato de potasio en medio ácido, el formaldehído reacciona con el ácido cromotrópico. El método para la determinación de metanol esta dado por la norma NOM-V-21-1986, donde también se propone el método cromatográfico.

#### Material y Equipo:

- Baño maría con regulador de temperatura (Crisol).
- Baño de hielo
- Espectrofotómetro (SPECTRONIC 20).
- Termómetro graduado de 0 a 100°C.

- Material común de laboratorio.

Reactivos:

- Disolución acuosa de permanganato de potasio.
- Disolución de ácido cromotrópico.
- Bisulfito de sodio.
- Acido sulfúrico concentrado.

Procedimiento:

Ver Diagrama de Bloques para determinación de metanol (Anexo F).

8.- Aldehídos.

La norma que establece el método de determinación de aldehídos es la norma oficial NOM-V-5-S-1980. Este método está basado en la adición nucleofílica de bisulfito de sodio a los aldehídos y a su carácter reversible de la reacción a la adición de un ácido o base fuerte que regenera los aldehídos.

Material y Equipo:

- Dos matraces Erlenmeyer de 500 ml. con boca y tapón esmerilados.
- Material común de laboratorio.

Reactivos:

- Disolución de tiosulfato de sodio 0.05 N
- Disolución de bisulfito de sodio 0.05 N
- Almidón soluble en disolución acuosa al 1%.

- Disolución de yodo 0.05 N

Procedimiento:

Ver Diagrama de Bloques para determinación de aldehídos (Anexo G).

9.- Azúcares Reductores.

La determinación de azúcares reductores, está dada por la norma -- oficial NOM-V-6-S-1983. Esta determinación está basada en el uso del reactivo de Fehling (Tartrato cúprico en solución básica). En el tratamiento de este reactivo, los azúcares reductores experimentan una oxidación a una mezcla de varios productos y el ión metálico,  $Cu^{2+}$  - en este caso, se reduce a  $Cu^{+}$ , el cual se precipita como óxido cuproso.

Material y Equipo:

- Bureta de 50 ml.
- Parrilla eléctrica (Sybron/Thermoline type 1000)
- Papel Filtro
- Material común de laboratorio.

Reactivos:

- Disolución de hidróxido de sodio 5 N
- Disolución de azul de metileno al 1%
- Disolución de glucosa al 0.5%
- Carbón activado
- Disolución saturada de acetato de plomo
- Fosfato disódico

- Acido acético glacial.
- Acido clorhídrico concentrado.
- Disolución A y B de Fehling.

Procedimiento:

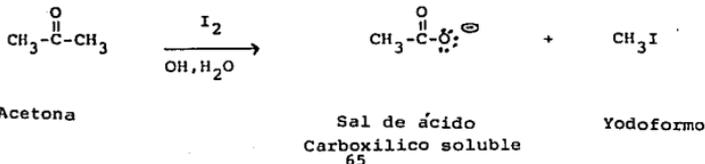
Ver Diagrama de Bloques para determinación de Azúcares Reductores (Anexo H).

10.- Acetona.

Debido a que en las destilaciones de las muestras se encontró un olor característico de la acetona, esto motivo a buscar métodos de -- identificación de cetonas y particularmente de la acetona ya que no -- se tenía ningún antecedente de que en alguna bebida alcohólica se encontrara presente este compuesto y ni siquiera la Secretaría de Salubridad y Asistencia, contempla en su reglamento sanitario de bebidas alcohólicas, la presencia de la acetona y por ende ningún parámetro -- que indique el grado de ingestión sin provocar problema alguno.

Para la determinación de la acetona se utilizaron 2 métodos cualitativos que son:

1) La prueba de yodoformo que es específica para detectar cetonas (20). En el tratamiento con una mezcla de NaOH y yodo, los compuestos orgánicos que contienen cetonas se convierten en la solución soluble de ácido carboxílico y se observa un precipitado amarillo de yodoformo. El yodoformo tiene un olor característico y un punto de fusión de 119°C, que se emplea para confirmar su presencia. También se utilizó un espectrofotómetro de UV:



2) Este método para identificar acetona; consiste en la utilización de ácido sulfúrico y sulfato de mercurio (rojo) de la siguiente manera (2):

Se prepara una solución con 5 g de sulfato de mercurio en 20 ml de ácido sulfúrico más 80 ml de agua. Se toman 2 ml de la muestra destilada y se agregan 10 ml de la solución anterior y se agita; la aparición de un precipitado blanco confirma la presencia de acetona.

#### Material y Equipo:

- Espectrofotómetro (PERKIN-ERMER 552-A)

- Material común de laboratorio.

#### 3.2.- LIMITES DE NORMA OFICIAL DEL MEZCAL

Los límites máximos y mínimos para el producto terminado (mezcal) los establece la norma oficial mexicana NOM-V-8-1949.

El mezcal comprende dos tipos: A y B .

Tipo A Mezcal Natural

Tipo B Mezcal Añejo

Mezcal Natural	Mínimo	Máximo
Grado alcohólico real a 15°C en G.L.	45	50
Extracto Seco, g/l	0.135	0.55
Cenizas, g/l	0.035	0.08
Azúcares Reductores, g/l	0	0.0065
Las siguientes determinaciones se refieren a mg en 100 ml de alcohol anhidro.		
Acidez Total (en acético)	162	230
Acidez Volátil (en acético)	128	250
Acidez Fija (en acético)	2	12
Esteres (acetato de etilo)	120	180

Aldehídos (aldehído acético)	7	10.5
Alcoholes Superiores (en amílico)	105	145
<b>Mezcal Añejo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Grado alcohólico real a 15°C en G.L.	45	50
Extracto Seco, g/l	0.2	0.6
Cenizas, g/l	0.035	0.085
Azúcares Reductores, g/l	0	0.004
Las siguientes determinaciones se refieren a mg en 100 ml de alcohol anhidro.		
Acidez Total (en acético)	121	292
Acidez Volátil (en acético)	118	280
Acidez Fija (en acético)	3	12
Esteres (acetato de etilo)	120	190
Aldehídos (aldehído acético)	12	22
Alcoholes Superiores (en amílico)	95	215

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

En este capítulo se presentan cuadros con los resultados obtenidos de las diferentes pruebas (56-57 pp.) realizadas a quince marcas de mezcales presentes en el mercado nacional (55-56 pp.). En este capítulo sólo se mencionarán por el número correspondiente, para facilitar el manejo de resultados.

Además se incluye un análisis estadístico y un análisis de resultados (experimentales y de la investigación de campo).

CUADRO 1.- Resultados de la determinación de Grado Alcohólico.

MUESTRA	GRADO ALCOHOLICO APARENTE G.L.	TEMPERATURA °C	GRADO ALCOHOLICO REAL G.L.	GRADO ALCOHOLICO ETIQUETA	OBSERVACION
1	40.8	22	37.78	38	NO CUMPLE
2	40.8	22	37.78	38	NO CUMPLE
3	40.8	23	37.38	38	NO CUMPLE
4	36.8	23	33.32	38	NO CUMPLE
5	41.0	24	37.20	40	NO CUMPLE
6	44.2	24	40.40	40	CUMPLE
7	41.5	23	38.10	44	NO CUMPLE
8	41.7	22.5	38.5	40	NO CUMPLE
9	34.7	23	31.30	38	NO CUMPLE
10	47.6	23	44.20	45	NO CUMPLE
11	36.7	22	33.70	38	NO CUMPLE
12	36.7	20	34.50	38	NO CUMPLE
13	42.6	19.5	40.70	40	CUMPLE
14	33.2	19.5	31.20	43	NO CUMPLE
15	43.4	19.5	41.54	40	CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: 45-50 G.L.

CUADRO 2.- Resultados de la determinación de Metanol.

MUESTRA	METANOL (mg/100 ml referidos a alcohol anhidro)				MEDIA	OBSERVACION
	1	2	3	4		
1	227	209	205	183	206	CUMPLE
2	116	116	134	122	122	CUMPLE
3	61	60	60.5	57	59.68	CUMPLE
4	0	45	41	17	25.75	CUMPLE
5	178	216	216	159	192.25	CUMPLE
6	204	204	220	159	196.75	CUMPLE
7	0	31	26	13	17.5	CUMPLE
8	-	22	33	12	22.3	CUMPLE
9	448	318	313	289	342	NO CUMPLE
10	309	285	--	321	305	NO CUMPLE
11	0	42	31	25	24.5	CUMPLE
12	25	66	82	53	56.5	CUMPLE
13	52	86	69	62	67.25	CUMPLE
14	198	281	270	270	239	CUMPLE
15	105	143	143	120	127.75	CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: CUALQUIER TIPO 0-300

CUADRO 3.- Resultados de la determinación de Alcoholes Superiores.

MUESTRA	ALCOHOLES SUPERIORES (mg/100 ml referidos a alcohol anhidro)						MEDIA	OBSERVACION
	1	2	3	4	5	6		
1	79.89	66.58	66.58	73.24	46.60	66.58	66.58	NO CUMPLE
2	13.32	13.32	13.32	13.32	13.32	13.32	13.32	NO CUMPLE
3	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	13.55	NO CUMPLE
4	29.41	29.41	14.70	88.24	73.53	58.82	49.03	NO CUMPLE
5	66.92	160.6	107.06	140.52	107.06	93.68	112.64	CUMPLE
6	81.39	151.16	81.39	140.65	81.39	87.21	97.87	CUMPLE
7	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	NO CUMPLE
8	52.36	91.62	85.08	13.08	13.08	13.08	44.72	NO CUMPLE
9	15.97	15.97	15.97	15.97	15.97	15.97	15.97	NO CUMPLE
10	328.0	260.0	322.0	350.6	226.69	231.90	286.53	NO CUMPLE
11	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84	14.84	NO CUMPLE
12	73.00	102.33	43.86	182.74	102.64	109.7	102.32	CUMPLE
13	98.28	85.99	67.57	92.14	85.99	85.99	85.99	NO CUMPLE
14	657.05	496.79	448.71	496.79	432.69	432.69	494.12	NO CUMPLE
15	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	12.04	NO CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: TIPO BLANCO 105-145; TIPO AÑEJO 95-215

CUADRO 4.- Resultados de la determinación de Extracto Seco.

MUESTRA	EXTRACTO SECO ( g/l )		MEDIA	OBSERVACION
	1	2		
1	0.576	0.564	0.570	CUMPLE
2	0.672	0.680	0.676	NO CUMPLE
3	0.808	0.840	0.824	NO CUMPLE
4	0.408	0.408	0.408	CUMPLE
5	0.528	0.540	0.534	CUMPLE
6	1.940	1.920	1.930	NO CUMPLE
7	19.768	19.648	19.708	NO CUMPLE
8	0.152	0.076	0.114	NO CUMPLE
9	0.184	0.184	0.184	CUMPLE
10	5.480	5.368	5.424	NO CUMPLE
11	0.108	0.100	0.104	NO CUMPLE
12	0.384	0.376	0.380	CUMPLE
13	0.236	0.236	0.236	CUMPLE
14	3.384	3.388	3.386	NO CUMPLE
15	0.180	0.204	0.192	CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: TIPO BLANCO 0.135-0.550; TIPO AÑEJO 0.20-0.60

CUADRO 5.- Resultados de la determinación de Cenizas.

MUESTRA	CENIZAS (g/l)		MEDIA	OBSERVACION
	1	2		
1	0.064	0.052	0.056	CUMPLE
2	0.136	0.148	0.142	NO CUMPLE
3	0.160	0.168	0.164	NO CUMPLE
4	0.060	0.112	0.086	CUMPLE
5	0.156	0.188	0.172	NO CUMPLE
6	0.212	0.208	0.210	NO CUMPLE
7	0.108	0.160	0.134	NO CUMPLE
8	0.044	0.032	0.038	CUMPLE
9	0.098	0.080	0.089	NO CUMPLE
10	0.108	0.112	0.110	NO CUMPLE
11	0.104	0.088	0.096	NO CUMPLE
12	0.032	0.120	0.076	CUMPLE
13	0.032	0.016	0.024	NO CUMPLE
14	0.100	0.116	0.108	NO CUMPLE
15	0.136	0.124	0.130	NO CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: TIPO BLANCO 0.035-0.08; TIPO AÑEJO 0.035-0.085

CUADRO 6.- Resultados de la determinación de Esteres.

MUESTRA	ESTERES ( mg/100 ml referidos a al- cohol anhidro)		MEDIA	OBSERVACION
	1	2		
1	148.18	146.37	147.28	CUMPLE
2	72.88	76.64	73.76	NO CUMPLE
3	27.18	20.68	23.93	NO CUMPLE
4	29.79	38.19	33.99	NO CUMPLE
5	55.84	55.84	55.84	NO CUMPLE
6	181.68	180.42	181.05	CUMPLE
7	15.11	11.16	13.14	NO CUMPLE
8	104.15	94.54	99.35	NO CUMPLE
9	128.47	104.21	116.34	CUMPLE
10	772.34	803.97	788.16	NO CUMPLE
11	81.28	84.88	83.08	NO CUMPLE
12	73.76	73.76	73.76	NO CUMPLE
13	207.63	201.67	204.76	NO CUMPLE
14	245.11	242.41	243.76	NO CUMPLE
15	57.44	34.06	45.75	NO CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: TIPO BLANCO 120-180; TIPO AÑEJO 120-190

CUADRO 7.- Resultados de la determinación de Aldehídos.

MUESTRA	ALDEHIDOS (mg/100 ml referidos a alcohol anhidro)		MEDIA	OBSERVACION
	1	2		
1	15.83	33.06	24.45	NO CUMPLE
2	14.28	26.23	20.26	CUMPLE
3	7.27	17.85	12.56	CUMPLE
4	3.08	12.85	7.97	NO CUMPLE
5	22.15	35.10	28.63	NO CUMPLE
6	15.72	14.77	15.25	CUMPLE
7	6.24	6.38	6.31	NO CUMPLE
8	10.68	11.74	11.21	CUMPLE
9	2.97	1.48	2.23	NO CUMPLE
10	4.47	4.99	4.73	NO CUMPLE
11	5.86	5.51	5.69	NO CUMPLE
12	2.71	2.71	2.71	NO CUMPLE
13	19.11	19.39	19.25	NO CUMPLE
14	6.70	7.07	6.89	NO CUMPLE
15	9.78	9.78	9.78	CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: TIPO BLANCO 7-10.5 ; TIPO AÑEJO 12-22

CUADRO 8.- Resultados de la determinación de Acidez Total.

MUESTRA	ACIDEZ TOTAL (mg/100 ml referidos a al- cohol anhidro)		MEDIA	OBSERVACION
	1	2		
1	92	90	91	NO CUMPLE
2	41	41	41	NO CUMPLE
3	15	15	15	NO CUMPLE
4	13	13	13	NO CUMPLE
5	12	10	11	NO CUMPLE
6	104	104	104	NO CUMPLE
7	18	15	16.5	NO CUMPLE
8	109	114	111.5	NO CUMPLE
9	58	61	59.5	NO CUMPLE
10	45	41	43	NO CUMPLE
11	51	46	48.5	NO CUMPLE
12	90	82	86	NO CUMPLE
13	74	71	72.5	NO CUMPLE
14	32	32	32	NO CUMPLE
15	20	22	21	NO CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: TIPO BLANCO 130-162; TIPO AÑEJO 121-292

CUADRO 9.- Resultados de la determinación de Acidez Fija.

MUESTRA	ACIDEZ FIJA (mg/100 referidos a alcohol anhidro)		MEDIA	OBSERVACION
	1	2		
1	5	5	5	CUMPLE
2	2.4	5	3.7	CUMPLE
3	2.46	2.46	2.46	NO CUMPLE
4	2.67	2.67	2.67	NO CUMPLE
5	2.43	2.43	2.43	NO CUMPLE
6	6.34	4.23	5.29	CUMPLE
7	15.48	13.27	14.38	NO CUMPLE
8	9.50	9.50	9.50	CUMPLE
9	8.70	5.80	7.25	CUMPLE
10	6.17	6.17	6.17	CUMPLE
11	8.09	8.09	8.09	CUMPLE
12	5.31	5.31	5.31	CUMPLE
13	6.70	6.70	6.70	CUMPLE
14	5.82	5.82	5.82	CUMPLE
15	4.38	4.38	4.38	CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: TIPO BLANCO 2-12 ; TIPO AÑEJO 3-12

CUADRO 10.- Resultados de la determinación de Furfural.

MUESTRA	FURFURAL (mg/100 ml referidos a alcohol anhidro)		MEDIA	OBSERVACION
	1	2		
1	3.83	3.75	3.79	CUMPLE
2	2.42	2.38	2.40	CUMPLE
3	1.54	1.60	1.57	CUMPLE
4	1.09	1.09	1.09	CUMPLE
5	2.52	2.52	2.52	CUMPLE
6	3.81	3.84	3.83	CUMPLE
7	0.32	0.34	0.33	CUMPLE
8	0.97	0.97	0.97	CUMPLE
9	0.99	0.99	0.99	CUMPLE
10	0.61	0.59	0.60	CUMPLE
11	0.33	0.33	0.33	CUMPLE
12	2.43	2.43	2.43	CUMPLE
13	1.87	1.87	1.87	CUMPLE
14	0.96	0.96	0.96	CUMPLE
15	0.52	0.52	0.52	CUMPLE

RANGO DE SALUBRIDAD: 0-5

CUADRO 11.- Resultados de la determinación de Azúcares Reductores.

MUESTRA	AZUCARES REDUCTORES (g/l)		MEDIA	OBSERVACION
	1	2		
1	0.050	0.045	0.048	NO CUMPLE
2	0.020	0.010	0.015	NO CUMPLE
3	0.012	0.018	0.015	NO CUMPLE
4	0.012	0.000	0.006	CUMPLE
5	0.015	0.020	0.018	NO CUMPLE
6	0.030	0.110	0.070	NO CUMPLE
7	1.835	1.845	1.840	NO CUMPLE
8	0.090	0.000	0.045	NO CUMPLE
9	0.220	0.105	0.163	NO CUMPLE
10	0.495	0.455	0.475	NO CUMPLE
11	0.025	0.015	0.020	NO CUMPLE
12	0.000	0.000	0.000	CUMPLE
13	0.007	0.013	0.010	NO CUMPLE
14	0.235	0.240	0.238	NO CUMPLE
15	0.015	0.017	0.016	NO CUMPLE

RANGO BAJO NORMA: TIPO BLANCO 0 - 0.0065; TIPO AÑEJO 0 - 0.004

## ANALISIS ESTADISTICO

### DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

#### Descripción:

El diseño completamente al azar es aquel en el cual los tratamientos son asignados en forma aleatoria a las unidades experimentales, - siendo la generalización para más de dos medias de la prueba t para - la comparación de medias de muestras independientes. (I)

Como la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales es en forma aleatoria, este diseño presupone unidades homogéneas.

Para realizar el análisis estadístico de un diseño completamente - al azar, se tendrá que realizar un análisis de la varianza (ANOVA) - con el fin de descomponer la varianza total en una parte debida a los distintos tratamientos y en otra parte debida al error experimental.

#### METANOL

Hipótesis:  $H_0$ : todas las medias son iguales

$H_1$ : no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$X_i$	824	488	238.7	103	769	787	70	67	1368	915	98	226	269
$\bar{X}_i$	206	122	59.67	25.75	192	196	17	22	342	305	24	56	67
	14	15											
$X_i$	1019	511											
$\bar{X}_i$	254	127											

$$G = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r X_{ij} = 7752.7$$

$$C = G^2/(r)(t) = (7752.7)^2/(4)(15) = 1001739.28$$

(I) Técnicas de Diseño Experimental. Editado por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (UNAM).

$$SCTL = \sum_{i=1}^{15} \sum_{j=1}^4 X_{ij}^2 - C = 687621.20$$

$$SCTR = \sum_{i=1}^{15} X_i^2 / r - C = 584760.14$$

$$SCER = SCTL - SCTR = 102861.06$$

Grados de Libertad

$$\text{Trat. } t - 1 = 15 - 1 = 14$$

$$\text{Error } t(r - 1) = 15(4 - 1) = 45$$

$$\text{Total } r.t - 1 = 4.15 - 1 = 59$$

$$CMTR = SCTR / \text{g.l. trat.} = 584760.135 / 14 = 41768.58$$

$$CMER = SCER / \text{g.l. error} = 102861.06 / 45 = 2285.80$$

$$FC = CMTR / CMER = 41768.58 / 2285.80 = 18.273$$

TABLA DE ANOVA

FV	g.l.	SC	CM	FC
Trat.	14	584760.14	41768.58	18.27
Error	45	102861.06	2285.80	
Total	59	687621.20		

Con el nivel de significancia  $\alpha = 5\%$ , g.l.error = 45 y g.l.t = 14 -- en tablas Ft = 1.844

Como FC = 18.273  $\gg$  Ft = 1.844 se rechaza Ho, por lo que existe suficiente evidencia estadística a nivel 5% de que existe una diferencia en el nivel promedio de metanol entre muestras .

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS (diferencia mínima significativa)

b) DMSH (prueba de Tukey)

a) DMS, Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$  y g.l. error = 45 de tablas  $t_t = 2.01$

DMS =  $t_t \cdot S_{xi-xj} = t_t \cdot \sqrt{2CMER/r} = 2.01 (33.8068) = 67.95$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de la diferencia mínima significativa (DMS), se pueden considerar estadísticamente diferentes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia la formación de tres grupos:

- 9, 10, 14, 1, 6 y 5 Alto contenido
- 15 y 2 Contenido medio
- 7, 13, 3, 12, 4, 11 y 8 Bajo contenido

b) DMSH, Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , T=no. de tratamientos y g.l. error = 45 de tablas --  $q = 5.14$

DMSH =  $q \cdot S_x = q \cdot \sqrt{CMER/r} = 5.14 (23.905) = 122.87$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia la formación de dos grupos:

- 9, 10, 14, 1, 6 y 5 Alto contenido
- 7, 8, 15, 2, 13, 3, 12, 4 y 11 Bajo contenido

Cabe mencionar que la prueba de Tukey es una prueba de comparación de medias bastante estricta y mantiene la probabilidad de que cualquier diferencia de medias haya sido declarada falsamente significativa, en el nivel de  $\alpha$  fijado.

ALCOHOLES SUPERIORES

Hipótesis:  $H_0$ : todas las medias son iguales

$H_1$ : no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{X}_i$	399.47	79.92	81.30	294.11	675.84	587.19	75.60	268.30	95.82
$\bar{X}_i$	66.58	13.32	13.55	49.02	112.64	97.87	12.26	44.72	15.97
	10	11	12	13	14	15			
$\bar{X}_i$	1719.26	89.04	613.91	515.96	2964.72	72.24			
$\bar{X}_i$	286.54	14.84	120.32	85.99	494.12	12.04			

G = 8532.68

$$C = G^2 / (r)(t) = (8532.68)^2 / (6)(15) = 808962.53$$

$$SCTL = 1498912.87$$

$$SCTR = 1449233.13$$

$$SCER = SCTL - SCTR = 49679.74$$

Grados de libertad

$$\text{Trat. } t - 1 = 15 - 1 = 14$$

$$\text{Error } t(r - 1) = 15(6 - 1) = 75$$

$$\text{Total } r * t - 1 = 6 * 15 - 1 = 89$$

$$CMER = SCER / g.l.error = 662.396$$

$$CMTR = SCTR / g.l.trat. = 103516.652$$

$$FC = CMTR / CMER = 156.28$$

TABLA DE ANOVA

FV	g.l.	SC	CM	FC
Trat.	14	1449233.13	103516.65	159.28
Error	75	49679.74	662.39	
Total	89	1498912.87		

Con el nivel de significancia  $\alpha = 5\%$ , g.l.error = 75 y g.l. t = 14 - en tablas  $F_t = 1.8445$

Como  $FC = 159.28 \gg F_t = 1.8445$ , por lo tanto  $H_0$  se rechaza, esto muestra que existe suficiente evidencia estadística al nivel 5% de que -- hay una diferencia a nivel promedio de alcoholes superiores entre -- muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS (diferencia mínima significativa)  
 b) DMSH (prueba de Tukey)

a) DMS Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$  y g.l.error = 45, en tablas  $t_t = 2.01$

$$DMS = t_t \cdot S_{xi-xj} = t_t \cdot \sqrt{2CMER/r} = 2.01 (33.8068) = 67.95$$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de la diferencia mínima significativa (DMS), se pueden considerar estadísticamente diferentes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 10 y 14; formando además tres grupos:

5, 12, 6, 13 y 1 Alto contenido  
 4 y 8 Contenido medio  
 9, 11, 3, 2, 7 y 15 Bajo contenido

b) DMSH Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.error = 75 y no. de tratamiento = 15, en tablas ---  
 $q = 4975$

$$DMSH = q \cdot S_{xi} = q \cdot \sqrt{CMER/r} = 52.27$$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 10 y 14; formando además dos grupos:

5, 12, 6, 13 y 1 Alto contenido  
 4, 8, 9, 11, 3, 2, 7 y 15 Bajo contenido

EXTRACTO SECO

Hipótesis:  $H_0$ : todas las medias son iguales

$H_1$ : no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X_i$	1.140	1.352	1.648	0.816	1.068	3.860	39.416	0.228	0.368	10.848
$\bar{X}_i$	0.570	0.676	0.824	0.408	0.534	1.930	19.708	0.114	0.184	5.424

	11	12	13	14	15	
$X_i$	0.208	0.760	0.472	6.772	0.384	
$\bar{X}_i$	0.104	0.380	0.236	3.386	0.192	$G = 69.34$

$$C = G^2(r)(t) = 160.268$$

$$SCTL = 711.610$$

$$SCTR = 710.176$$

$$SCER = SCTL - SCTR = 1.434$$

Grados de libertad

$$\text{Trat.} \quad (t - 1) = 15 - 1 = 14$$

$$\text{Error} \quad t(r - 1) = 15(2 - 1) = 15$$

$$\text{Total} \quad r*t - 1 = 2*15 - 1 = 29$$

$$CMTR = SCTR/g.l.TR = 50.720$$

$$CMER = SCER/g.l.ER = 9.55 \times 10^{-2}$$

$$FC = CMTR/CMER = 530.75$$

TABLA DE ANOVA

	FV	g.l.	SC	CM	FC
Trat.	14	710.176	50.720	530.75	
Error	15	1.434	$9.55 \times 10^{-2}$		
Total	29	711.610			

Con  $\alpha = 5\%$  y  $g.l.TR = 14$ , en tablas  $F_t = 2.34$

Como  $FC = 530.75 \gg F_t = 2.34$ , por lo tanto  $H_0$  se rechaza por lo que existe suficiente evidencia estadística al nivel 5% de que existe una diferencia en el nivel promedio de extracto seco entre muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS (diferencia mínima significativa)  
b) DMSH (prueba de Tukey)

$$\begin{aligned} \text{a) DMS Hipótesis: } H_0: \mu_i - \mu_j &= 0 \\ H_1: \mu_i - \mu_j &\neq 0 \end{aligned}$$

Con  $\alpha = 5\%$  y g.l.ER = 15; de tablas  $t_t = 1.753$

$$\text{DMS} = t_t * S_{xi-xj} = t_t * \sqrt{2\text{CMER}/r} = 0.542$$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de la diferencia mínima significativa (DMS), se pueden considerar estadísticamente diferentes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 6, 7, 10 y 14, formando además con las muestras restantes un grupo homogéneo.

$$\begin{aligned} \text{b) DMSH Hipótesis: } H_0: \mu_i - \mu_j &= 0 \\ H_1: \mu_i - \mu_j &\neq 0 \end{aligned}$$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y no. de tratamiento = 15, en tablas  $q = 5.65$

$$\text{DMSH} = q * S_{xi} = q * \sqrt{\text{CMER}/r} = 1.2317$$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 7, 10 y 14; formando además con las muestras restantes un grupo homogéneo.

#### CENIZAS

Hipótesis:  $H_0$ : todas las medias son iguales  
 $H_1$ : no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$X_i$	0.116	0.284	0.328	0.172	0.344	0.42	0.268	0.076	0.178	0.22	0.192
$\bar{X}_i$	0.058	0.142	0.164	0.086	0.172	0.21	0.134	0.038	0.089	0.11	0.096

	12	13	14	15	
$X_i$	0.152	0.048	0.216	0.260	$G = 3.274$
$\bar{X}_i$	0.076	0.024	0.108	0.130	$C = 0.3573$

SCTL = 0.080784  
 SCTR = 0.072814  
 SCER = SCTL - SCTR = 0.00797

Grados de Libertad

Trat.  $t - 1 = 14$   
 Error  $t(r - 1) = 15$   
 Total  $r*t - 1 = 29$   
 CMER = SCER/g.l.ER =  $5.313 \times 10^{-4}$   
 CMTR = SCTR/g.l.TR = 0.005201  
 FC = CMTR/CMER = 9.789

TABLA DE ANOVA

	FV	g.l.	SC	CM	FC
Trat.	14	0.072814	0.005201	9.789	
Error	15	0.00797	$5.313 \times 10^{-4}$		
Total	29	0.080784			

Con  $\alpha = 5\%$ ,  $g.l.ER = 15$  y  $g.l.TR = 14$ ; de tablas  $F_t = 2.43$

Como  $FC = 9.789 > F_t = 2.43$ , por lo tanto  $H_0$  se rechaza por lo que - existe suficiente evidencia estadística al nivel 5% de que existe una diferencia en el nivel promedio de cenizas entre muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS (diferencia mínima significativa) b) DMSH (prueba de Tukey)

a) DMS Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$  y g.l.ER = 15, de tablas  $t_c = 1.753$

$$DMS = t_c * S_{xi-xj} = t_c * \sqrt{2CMER/r} = 4.041 \times 10^{-2}$$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  --- excede el valor de la diferencia mínima significativa (DMS), se pueden considerar estadísticamente diferentes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia la formación de 3 grupos:

6, 5, 3, 2, 7 y 15 Alto contenido  
10, 14, 11, 9, 4 y 12 Contenido medio  
1, 8 y 13 Bajo contenido

b) DMSH Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y no. de tratamientos = 15, de tablas  $q = 5.65$

$$DMSH = q * S_{xi} = q * \sqrt{CMER/r} = 9.209 \times 10^{-2}$$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia la formación de tres grupos:

6, 5, 3, 2, 7 y 15 Alto contenido  
10, 14, 11, 9, 4, 12 y 1 Contenido medio  
8 y 13 Bajo contenido

#### ESTERES

Hipótesis:  $H_0$ : todas las medias son iguales

$H_1$ : no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X_i$	294.55	147.52	47.86	67.98	111.68	362.10	26.27	198.69	232.68
$\bar{X}_i$	147.28	73.76	23.93	33.99	55.84	181.05	13.14	99.35	116.34

	10	11	12	13	14	15	
Xi	1576.31	166.16	73.76	409.30	487.52	91.50	G = 4293.88
$\bar{X}_i$	788.16	83.08	73.76	204.65	243.76	45.75	C = 614580.18

SCTL = 1031704.024  
 SCTR = 1027773.691  
 SCER = SCTL - SCTR = 3930.333  
 CMTR = SCTR/g.l.TR = 73412.40  
 CMER = SCER/g.l.ER = 262.02  
 FC = CMTR/CMER = 280.18

TABLA DE ANOVA

	FV g.l.	SC	CM	FC
Trat.	14	1027773.691	73412.40	280.18
Error	15	1031704.024	262.02	
Total	29	3930.333		

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y g.l.TR = 14, de tablas  $F_t = 2.43$

Como  $FC = 280.18 \gg F_t = 2.43$ , por lo tanto,  $H_0$  se rechaza por lo que existe suficiente evidencia estadística al nivel 5% de que existe una diferencia en el nivel promedio de ésteres entre muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS (diferencia mínima significativa)  
b) DMSH (prueba de Tukey)

a) DMS Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15, en tablas  $t_t = 1.753$

DMS =  $t_t * S_{x_i - x_j} = t_t * \sqrt{2CMER/r} = 28.36$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de la diferencia mínima significativa (DMS), se pueden considerar estadísticamente diferentes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las

medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 10, 1 y 9, formando además tres grupos:

13 y 6 Alto contenido  
 8, 11, 2, 12, 5 y 15 Contenido medio  
 4, 3 y 7 Bajo contenido

b) DMSH Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y no. de TR = 15, de tablas  $q = 5.65$

DMSH =  $q * S_{xi} = q * \sqrt{CMER/r} = 64.67$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que la media estadísticamente diferente es la 10, - formando además tres grupos:

14, 13 y 6 Alto contenido  
 1, 9, 8 y 11 Contenido medio  
 2, 12, 5, 15, 4, 3 y 7 Bajo contenido

#### ALDEHIDOS

Hipótesis:  $H_0$ : todas las medias son iguales

$H_1$ : no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$X_i$	48.89	40.51	25.12	12.93	57.25	30.49	12.62	22.42	4.45	9.46	11.37
$\bar{X}_i$	24.45	20.56	12.56	7.97	28.63	15.25	6.31	11.21	2.23	4.73	5.69

	12	13	14	15	
$X_i$	5.42	38.50	13.77	19.56	G = 355.76
$\bar{X}_i$	2.71	19.25	6.89	9.78	C = 4218.84

SCTL = 2244.78

SCTR = 1834.96

SCER = SCTL - SCTR = 409.82

Grados de libertad: Trat. 14, Error = 15 y Total = 29  
CMTR = SCTR/g.l.TR = 131.07  
CMER = SCER/g.l.ER = 27.32  
FC = CMTR/CMER = 4.80

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y g.l.TR = 14; en tablas  $F_t = 2.43$

Como  $FC = 4.8 > F_t = 2.43$ , por lo tanto  $H_0$  se rechaza por lo que existe suficiente evidencia estadística al nivel 5% de que existe una diferencia en el nivel promedio de aldehídos entre muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS y b) DMSH

a) DMS Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15, en tablas  $t_t = 1.753$

DMS =  $t_t * S_{xi-xj} = t_t * \sqrt{2CMER/r} = 9.16$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de la diferencia mínima significativa (DMS), se pueden considerar estadísticamente diferentes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia la formación de tres grupos:

1, 2, 5 y 13 Alto contenido  
3, 6 y 8 Contenido medio  
4, 7, 9, 10, 11, 12, 14 y 15 Bajo contenido

b) DMSH Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y no. de trat. = 15; en tablas  $q = 5.65$

DMSH =  $q * S_{xi} = q * \sqrt{CMER/r} = 20.88$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las

medias se aprecia que no hay ninguna media diferente estadísticamente.

### ACIDEZ TOTAL

Hipótesis:  $H_0$ : todas las medias son iguales

$H_1$ : no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$X_i$	182	82	30	26	22	208	33.0	223.0	119.0	86	97.0	172	145.0	64	42
$\bar{X}_i$	91	41	15	13	11	104	16.5	111.5	59.5	43	48.5	86	72.5	32	21

$G = 1532$        $C = 78132.03$

$SCTL = 33664.97$

$SCTR = 33580.47$

$SCER = SCTL - SCTR = 84.497$

Grados de libertad:  $TR = 14$ ,  $ER = 15$  y  $TL = 29$

$CMTR = SCTR/g.l.TR = 2398.61$

$CMER = SCER/g.l.ER = 5.63$

$FC = CMTR/CMER = 426.039$

Con  $\alpha = 5\%$ ,  $g.l.ER = 15$  y  $g.l.TR = 14$ , en tablas  $F_t = 2.43$

Como  $FC = 426.039 \ggg F_t = 2.43$ , por lo tanto se rechaza  $H_0$  por lo que existe suficiente evidencia estadística al nivel  $5\%$  de que hay una diferencia en el nivel promedio de acidez total entre muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS y b) DMSH

a) DMS Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ ,  $g.l.ER = 15$  y no. de Trat. = 15; de tablas  $t_t = 1.753$

$DMS = t_t * S_{xi-xj} = t_t * \sqrt{2CMER/r} = 4.16$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de la diferencia mínima significativa (DMS), se pueden considerar estadísticamente diferentes.



$$FC = CMTR/CMER = 23.27$$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y g.l.TR = 14; de tablas Ft = 2.43

Como  $FC = 23.27 > Ft = 2.43$ , por lo tanto  $H_0$  se rechaza, por lo que - existe suficiente evidencia estadística al nivel 5% de que hay una - diferencia en el nivel promedio de la acidez fija entre muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS y b) DMSH.

$$\begin{aligned} \text{a) DMS Hipótesis: } H_0: \mu_i - \mu_j &= 0 \\ H_1: \mu_i - \mu_j &\neq 0 \end{aligned}$$

Con  $\alpha = 5\%$  y g.l.ER = 15; de tablas  $t_c = 1.753$

$$DMS = t_c * S_{xi-xj} = t_c * \sqrt{2CMER/r} = 1.596$$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de DMS, se puede considerar estadísticamente diferen- tes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que la media estadísticamente diferente es 7, ade- más se forman tres grupos:

8, 11, 9, 13, 10 y 14	Alto contenido
12, 6, 1 y 15	Contenido medio
2, 4, 3 y 5	Bajo contenido

$$\begin{aligned} \text{b) DMSH Hipótesis: } H_0: \mu_i - \mu_j &= 0 \\ H_1: \mu_i - \mu_j &\neq 0 \end{aligned}$$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y no. TR = 15; de tablas q = 5.65

$$DMSH = q * S_{xi} = q * \sqrt{CMER/r} = 3.64$$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que la media estadísticamente diferente es 7, ade- más se forman dos grupos:

8, 11, 9, 13 y 10 Alto contenido  
 14, 12, 6, 1, 15, 2, 4, 3 y 5 Bajo contenido

FURFURAL

Hipótesis: Ho: todas las medias son iguales  
 H<sub>1</sub>: no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Xi	7.58	4.80	3.14	2.18	5.04	7.65	0.657	1.938	1.98	1.20	0.66	4.68
$\bar{X}_i$	3.79	2.40	1.57	1.09	2.52	3.83	0.330	0.969	0.99	0.60	0.33	2.43

	13	14	15	
Xi	3.74	1.92	1.04	G = 48.385
$\bar{X}_i$	1.87	0.96	0.52	C = 78.04

SCTL = 37.67

SCTR = 37.66

SCER = SCTL - SCTR = 0.01

Grados de libertad: TR = 14, ER = 15 y TL = 29

CMTR = SCTR/g.l.TR = 2.69

CMER = SCER/g.l.ER = 6.67 x 10<sup>-4</sup>

FC = CMTR/CMER = 4035

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y g.l.TR = 14; de tablas Ft = 2.43

Como FC = 4035 >>> Ft = 2.43 por lo tanto, Ho se rechaza por lo que --  
 existe suficiente evidencia estadística al nivel 5% de que existe una  
 diferencia en el nivel promedio de furfural entre muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se  
 emplean las pruebas: a) DMS y b) DMSH.

a) DMS Hipótesis: Ho:  $\mu_i - \mu_j = 0$   
 H<sub>1</sub>:  $\mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$  y g.l.ER = 15; de tablas t<sub>t</sub> = 1.753

$$DMS = t_c * S_{xi-xj} = t_c * \sqrt{2CMER/r} = 4.53 \times 10^{-2}$$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de DMS, se puede considerar estadísticamente diferentes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 13, 5, 3, 4, 10 y 15, además se forman tres grupos:

- 6, 1, 2 y 12 Alto contenido
- 9, 8 y 14 Contenido medio
- 7 y 11 Bajo contenido

b) DMSH Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y no. TR = 15, de tablas  $q = 5.65$

$$DMSH = q * S_{xi} = q * \sqrt{CMER/r} = 0.103$$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 13 y 3, además se forman tres grupos:

- 6, 1, 5, 2, 12 Alto contenido
- 4, 9, 8, 14 Contenido medio
- 10, 15, 7, 11 Bajo contenido

#### AZUCARES REDUCTORES

Hipótesis:  $H_0$ : todas las medias son iguales  
 $H_1$ : no todas las medias son iguales

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$X_i$	0.095	0.03	0.03	0.0125	0.035	0.14	3.68	0.09	0.325	0.950	0.04	0.0
$\bar{X}_i$	0.047	0.01	0.01	0.0065	0.017	0.07	1.84	0.04	0.162	0.475	0.02	0.0

	13	14	15	
$\bar{X}_i$	0.02	0.4750	0.0325	$G = 5.955$
$\bar{X}_i$	0.01	0.2375	0.1625	$C = 1.182$

SCTL = 6.242

SCTR = 6.227

SCER = SCTL - SCTR = 0.0154

Grados de libertad: TR = 14, ER = 15 y TL = 29

CMTR = SCTR/g.l.TR = 0.44478

CMER = SCER/g.l.ER = 1.0296 X 10<sup>-3</sup>

FC = CMTR/CMER = 431.97

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y g.l.TR = 14, de tablas Ft = 2.43

Como FC = 431.97 >> Ft = 2.43, por lo tanto Ho se rechaza por lo que existe suficiente evidencia estadística al nivel 5% de que existe una diferencia en el nivel promedio de azúcares reductores entre muestras.

Para conocer cuales son las medias diferentes estadísticamente se emplean las pruebas: a) DMS y b) DMSH.

a) DMS Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$  y g.l.ER = 15; de tablas  $t_c = 1.753$

DMS =  $t_c * S_{xi-xj} = t_c * \sqrt{2CMER/r} = 5.625 \times 10^{-2}$

El criterio de la prueba es que si la diferencia entre  $X_i - X_j$  -- excede el valor de DMS, se puede considerar estadísticamente diferentes.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 10, 7, 14 y 9.

b) DMSH Hipótesis:  $H_0: \mu_i - \mu_j = 0$   
 $H_1: \mu_i - \mu_j \neq 0$

Con  $\alpha = 5\%$ , g.l.ER = 15 y no. TR = 15; de tablas q = 5.65

DMSH = q \*  $S_{xi} = q * \sqrt{CMER/r} = 0.1282$

Cualquier diferencia entre dos medias se declara estadísticamente significativa si excede el valor de la DMSH.

Por lo que analizando los resultados de las diferencias entre las medias se aprecia que las medias estadísticamente diferentes son: 10, y 7.

## ANALISIS DE RESULTADOS

### GRADO ALCOHOLICO

Del cuadro número 1 página 69 podemos observar que en la determinación de grado alcohólico ninguna de las muestras entra dentro del intervalo que establece la Norma Oficial del Mezcal (7) y respecto a lo que marca conforme a etiqueta solamente las muestras 6, 13 y 15 cumplen con lo que estipulan. Lo anterior no es realmente un problema serio de calidad, sino constituye un engaño al público consumidor debido a que el producto no contiene el porcentaje de alcohol etílico que manejan en etiquetas.

### METANOL

En la norma establecida para el mezcal, no contempla al metanol dentro de las especificaciones que debe cumplir el mezcal, pero últimamente se está llevando a cabo la actualización de la norma, está --tomandose en cuenta al metanol. Por ser éste un parámetro importante para establecer la calidad del mezcal, se tomará el intervalo dado al tequila en la NOM-V-17-1978 (ya que éste también es un mezcal sólo -- que con denominación de origen). El metanol está referido a mg en 100 ml de alcohol anhidro y va de 0 a 300. Tomando en cuenta este parámetro; se puede observar del cuadro número 2 página 70, que la mayoría de los mezcales cumplen con excepción de las muestras 9 y 10; aunque para tener una mejor apreciación de los resultados tendrían que compararse con resultados de otro método (cromatografía de gases).

Debido a que la fermentación en el Estado de Oaxaca se realiza con bagazo esto aumenta el contenido de metanol por la transformación que sufren las pectinas presentes en el agave.

De trabajos realizados en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, se observó que entre más azúcares provenientes de agave son utilizados en la fermentación, es más alto el contenido de metanol.

En el caso de los resultados obtenidos en las muestras 3, 4, 7, 8, 11, 12 y 13 se obtuvo un contenido de metanol muy bajo lo que podría deberse a la utilización de otros azúcares no provenientes del agave.

De los análisis estadísticos se puede observar que existe una diferencia en el nivel promedio del contenido de metanol entre muestras.

#### ALCOHOLES SUPERIORES

Los alcoholes superiores debido a sus volatilidades y a sus temperaturas de ebullición deberían de ser eliminados en la segunda destilación no en su totalidad; pero en la práctica esto no se da.

Del cuadro no. 3 pág. 71, se puede observar que en los resultados de la determinación de alcoholes superiores muestran en general una concentración baja, lo que puede deberse a una buena segunda destilación, pero las muestras 10 y 14 que están muy por arriba de lo permitido por el intervalo dado en la norma oficial, hacen pensar que probablemente no sufrieron una segunda destilación o ésta no se llevo a cabo adecuadamente.

Como resultado del análisis estadístico se observa que existe una diferencia en el nivel promedio del contenido de alcoholes superiores entre muestras.

#### EXTRACTO SECO

Del cuadro no. 4 pág. 72, en la determinación de extracto seco se puede observar que existe una gran disparidad dentro de los resultados y muy particularmente en las muestras 6, 7, 10 y 14 en las que se aprecia una cantidad elevada de caramelo lo que no está permitido en la norma oficial.

Dentro de la norma del mezcal no se contempla que puedan existir -

mezcales abocados (procedimiento para suavizar el sabor de la bebida alcohólica, mediante la adición de saborizantes y colorantes inocuos), pero es posible debido a los resultados obtenidos que algunas muestras hayan sido abocadas ya que el colorante más utilizado comúnmente es el caramelo.

Ahora bien de acuerdo al análisis estadístico existe una diferencia en el nivel promedio de extracto seco entre muestras.

#### CENIZAS

Del cuadro no. 5 pág. 73, en la determinación de cenizas solamente cuatro muestras se encuentran en el intervalo que se especifica en la norma oficial y son: 1, 4, 8 y 12.

Las cenizas debido a las altas temperaturas en las que se obtienen, (600°C) lo que las compone principalmente son metales u óxidos que pueden provenir del agua utilizada para el ajuste del grado alcohólico, o bien de minerales contenidos en la planta.

De acuerdo al análisis estadístico existe una diferencia en el nivel promedio de cenizas entre muestras.

#### ESTERES

Debido a las características volátiles de los ésteres así como a sus temperaturas de ebullición podemos establecer que al destilar el mezcal, los ésteres se concentran en cabezas y colas principalmente. Lo anterior nos ayuda a suponer que en el caso de las muestras 10, 13 y 14 del cuadro no. 6 pág. 74, que están muy por arriba del intervalo que la norma establece, no se realizan los cortes adecuadamente en el proceso de destilación, además de no efectuarse una segunda destilación.

Y para las muestras 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12 y 15 que están por debajo del intervalo que marca la norma, se puede deber a que efectúan

un proceso de rectificación. Lo que elimina ésteres que le quitan las características orgánolepticas al producto.

En el caso muy particular de la muestra 10 se puede observar que - puede resultar demasiado tóxica su ingestión.

Como resultado del análisis estadístico tenemos que existe una diferencia en el nivel promedio de ésteres entre muestras.

#### ALDEHIDOS

Los aldehídos se destilan al principio en el proceso de destilación, además de formarse en el añejamiento por oxidación de alcohol etílico.

Según los resultados del cuadro no. 7 pág. 75 en la determinación de aldehídos se puede observar que en general las muestras presentan una cantidad de aldehído acético baja en el caso de las muestras 4, 9, 11 y 12 se encuentran abajo de lo establecido en la norma, por otro lado las muestras 1, 5 y 13 se encuentran por arriba de lo establecido en la norma.

Para el caso de las muestras 1 y 5 su alto contenido puede deberse a su añejamiento. Y el caso de la muestra 13 a la utilización de cosas del destilado en el ajuste del grado alcohólico.

Los resultados de las muestras 4, 9, 11 y 12 pueden deberse a una rectificación del producto.

Del análisis estadístico de las muestras se encontró suficiente -- evidencia estadística al nivel 5% de que existe una diferencia en el nivel promedio de aldehídos entre muestras.

#### ACIDEZ TOTAL

La acidez total es la que da el bouquet al mezcal y la constituyen los ácidos volátiles y los ácidos fijos.

De acuerdo a los resultados obtenidos del cuadro no. 8 pág. 76 se puede observar que en la determinación de acidez total ninguna de las muestras cumple con lo mínimo requerido por la norma oficial del mezcal. Esto puede deberse principalmente a que a los mostos fermentados se les haya adicionado hasta un 49% de otros azúcares no provenientes de los agaves utilizados.

Como resultado del análisis estadístico se observa que existe una diferencia en el nivel promedio del contenido de acidez total entre - muestras.

#### ACIDEZ FIJA

Para la determinación de acidez fija se puede observar que de -- acuerdo a los resultados obtenidos del cuadro no. 9 pág. 77, las muestras que no cumplen con el intervalo que establece la norma son: 3, 4 y 5 que están por debajo de lo requerido por la norma, y la muestra 7 que está por arriba de lo aceptable.

Como se sabe la acidez fija es la que comprende a la presencia de ácidos fijos equivalentes a la diferencia entre la acidez total y - acidez volátil.

La acidez fija se da en el proceso de fermentación y al utilizar - azúcares que no provengan de el jugo de las cabezas de agave provoca un decremento en la acidez.

Como resultado del análisis estadístico se observa que existe una diferencia en el nivel promedio del contenido de acidez fija entre - muestras.

#### FURFURAL

Esta prueba no está contemplada dentro de la norma para el mezcal, pero debido al alto grado de toxicidad del furfural se realizó para - tener más parámetros para determinar la calidad del mezcal.

Como se puede observar de acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro no. 10 pág. 78, todas las muestras se encuentran dentro del -- intervalo permitido por salubridad (0-5).

De acuerdo al análisis estadístico de los resultados tenemos que - existe una diferencia en el nivel promedio de furfural entre muestras.

#### AZUCARES REDUCTORES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro no. 11 pág. 79, se puede observar que casi todos los mezcales no cumplen con el intervalo establecido en la norma oficial; los únicos que cumplen son las muestras 4 y 12.

El que los resultados estén por arriba de lo establecido puede deberse a la adición de caramelo como colorante así como a la utiliza-- ción de otros azúcares no provenientes del agave en la fermentación.

Del análisis estadístico de los resultados de la determinación de azúcares reductores se encontró suficiente evidencia estadística al - nivel 5% de que existe una diferencia al nivel promedio de azúcares - reductores entre muestras.

#### ACETONA

Como resultado de los dos métodos cualitativos utilizados se confirmó la presencia de acetona en todos los mezcales analizados. Debido a la falta de equipo no se realizó un análisis cuantitativo; ya -- que por medio de cromatografía de gases se podría cuantificar y trar-- tar de hacer un estudio más profundo y detallado que permita brindar más calidad al mezcal.

### Análisis de Resultados general

Los resultados obtenidos experimentalmente muestran que existe una gran disparidad en la calidad de los mezcales analizados de varias zonas productoras del país; pero en general se puede apreciar que los mezcales no cuentan con una calidad aceptable a nivel nacional.

Todas las determinaciones son importantes pero debido a su toxicidad podemos considerar que son de vital importancia las de: acetona, metanol, ésteres, alcoholes superiores, aldehídos y furfural. Las determinaciones realizadas muestran como resultado que algunas de las muestras sobrepasan con mucho los parámetros delimitados por la norma y podrían considerarse demasiado tóxicas.

Debido a que el mezcal es considerado como un producto artesanal no tiene una buena regulación, por lo que es necesario que las dependencias que se encuentran a cargo de esto contemplen medidas que ayuden a establecer una buena calidad del mezcal.

Para abocar se permite agregar al mezcal azúcar y como colorante caramelo, pero en el caso de las muestras sobrepasan los azúcares permitidos, esto no provoca riesgos en la salud pero demuestra que los mezcaleros adulteran el mezcal para aumentar sus ganancias lo que es un engaño al público consumidor.

## Análisis de la Investigación de Campo

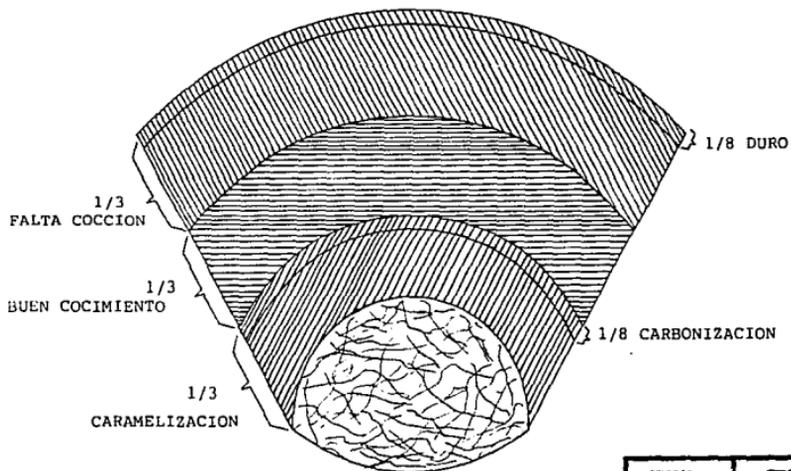
Es claro que el desarrollo de la construcción de los palenques comunes se ha dado en forma empírica, sin intervención de un plan o diseño arquitectónico que pudiera proporcionar los elementos para una más adecuada construcción. Sin embargo, este trabajo no pretende minimizar el caudal de conocimientos que han probado históricamente su --pertinencia, por el contrario, trata de ayudar a mejorar las condiciones en el proceso dando alternativas que buscan establecer una producción de mayor calidad y mejorar la eficiencia en las etapas principales del proceso.

Cuando se trate de palenques localizados en la misma vivienda del productor, se tratará de que las actividades de la producción no interfieran con las domésticas, buscando de igual manera, evitar la --contaminación.

Se propone la construcción de una rampa para la recepción del agave, con lo cual se evitaría la maniobra de carga y descarga del horno.

Los antiguos hornos de leña deben ser cambiados por hornos de va--por; con lo que no solamente se evitará la aguda deforestación actual sino también se mejorará el cocimiento del agave, ya que en los actuales hornos se presenta el problema de que sólo una tercera parte de --la carga tiene un buen cocimiento. Otra tercera parte presenta carame lización y de ésta un octavo se carboniza. Y la tercera restante le --falta cocimiento quedando de ésta un octavo duro (Ver figura 13). Lo anterior provoca problemas en la molienda y en el aprovechamiento de los azúcares del agave en la fermentación ocasionando bajo rendimiento en el proceso. La ventaja de los hornos de vapor no sólo es el --buen cocimiento del agave, sino también que minimiza el tiempo de cocimiento de 72 hr. a 24 hr. El vapor se obtendrá mediante una pequeña caldera.

El molino egipcio presenta varios problemas como son: el desperdicio en sólidos y bagazo, así como la contaminación y el tiempo de mo-



\* VISITA DE CAMPO

UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
FIG.13.- DIAGRAMA DE COCIMIENTO	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

lienda puede llevar de 48 a 120 hr. dependiendo del buen cocimiento - del agave. Así que podría realizarse la molienda de una manera más -- higiénica incorporando un molino de dos discos o rodillos como alternativa al uso de bestia de tiro o bien implementar un sistema en el - fondo del molino egipcio que colecte las mieles que comúnmente se deg perdician, por medio de un desnivel del piso que se dirija hacia unos tubos colectores que estén unidos a las tinas de fermentación, así -- como elevar la pequeña separación que hay entre el animal y el agave molido.

La etapa de primordial importancia dentro de la producción del -- mezcal es la fermentación y de la investigación de campo se observó - que los productores no toman las medidas necesarias para obtener un - proceso más eficiente así que deben evitar que el pH de los mostos no sobrepase de 4.5 y que la temperatura no sea mayor de 28°C, pues se - tendrían pérdidas considerables de alcohol; para tener una buena fer- mentación se deben controlar muy bien estos factores. Además conside- rando que la fermentación alcohólica es un proceso anaerobio, deben - taparse las tinas de fermentación.

La fermentación seguirá siendo en tinas de madera, ya que éstas le -- dan un sabor característico al mezcal.

La destilación será en un local integrado al de la fermentación - para mejorar la maniobrabilidad.

Los destiladores podrán ser calentados con vapor para eliminar la uti lización de leña. También deben mejorarse las técnicas de destilación manteniendo un control de temperatura y presión. Además que no se con- temple el uso de colas del destilado para ajustar el grado alcohólico, siendo mejor la utilización de agua; debido a que en las colas quedan varios sub-productos que contaminan el producto final. Por que el ob- jeto de eliminar cabezas y colas durante la destilación es eliminar - compuestos no deseados en el producto que muchas veces son nocivos -- (tóxicos) al ser ingeridos.

En el proceso de fabricación una de las principales preocupaciones es la de tratar de eliminar el metanol presente en el proceso para - tener menos toxicidad en el mezcal que se produce. Una solución para

eliminar el metanol de una forma práctica, es la de dar un tratamiento al agave cocido con pectinasas que pueden neutralizar a la pectina que es la sustancia que produce el metanol, algunas pectinasas que se podrán emplear para este objeto son "Pectinol" y "Pektzyne" que son las más usuales comercialmente.

Otro elemento fundamental en el proceso es el agua, que requiere un aprovechamiento más racional, debido a la gran escasez en la zona productora, y verificar que el agua sea potable ya que durante el proceso de fermentación se adiciona al igual que al producto final.

El problema más grande en lo que se refiere a la producción en el Estado de Oaxaca es homogeneizar la calidad de los diferentes productores de mezcal. Este problema afecta principalmente por el hecho que las grandes y pequeñas envasadoras toman la producción artesanal y actúan como acaparadores y distribuidores dando sólo un tratamiento final al producto que consiste en la adición de saborizantes y colorantes, además el ajuste del grado alcohólico, lo que explica por que dentro de mezcales envasados por la misma compañía se presentan diferencias muy amplias en lo que se refiere a una misma determinación.

En otros Estados de la república como son: San Luis Potosí y Zacatecas se presenta el problema de que al ser productores industrializados y el mercado no sea muy amplio para el mezcal solo trabajan agave por temporadas, trabajando diferentes tipos de bebidas alcohólicas, lo que ocasiona una gran disparidad en su calidad.

Las propuestas hechas anteriormente son a nivel técnico no así a nivel económico debido a que la producción artesanal se trabaja por lotes en un lapso grande de tiempo, no tomando en cuenta la eficiencia de cada etapa, ni las condiciones óptimas de operación, ni el costo de producción, además su producción total la vende al envasador con una ganancia mínima. Debido a esto y a la falta de mercado, la compañía Monte Albán, a pesar de contar con una fábrica la tiene parada y prefiere acaparar el producto de los palenques y envasarlo, ya que esto es más rentable.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

Y

### RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES:

Las investigaciones en los palenques permiten afirmar que es posible mejorar las condiciones de producción para la obtención de un mezcal de calidad. Por esto se concluye que:

- Deben realizarse análisis a la materia prima que cuantifique los -- grados Brix.
- Deben incorporarse modificaciones a la fase de horneado (cambiar -- leña por vapor)
- Tiene que realizarse la molienda de una manera más higiénica. (in-- corporando un molino de discos o rodillos como alternativa a la beg-- tia de tiro)
- En la fermentación, evitar que el pH de los mostos no sobrepase de 4.5 y que la temperatura no sea mayor de 28°C.
- Se debe mantener un control de temperatura y presión en la etapa de destilación.
- Debe utilizarse agua para el ajuste de grado alcohólico.
- Existe un alto contenido de azúcares en las muestras.
- Existe una gran disparidad en la calidad de los mezcales.

#### RECOMENDACIONES:

En la actualidad existe el método cromatográfico de gases que es mucho más rápido y eficiente, ayuda a eliminar varios errores de manejo de las diferentes técnicas colorimétricas y a pesar de ser más costoso es el más recomendable, para mantener la calidad en niveles siempre óptimos.

Para ayudar a que esta agroindustria tenga un desarrollo y beneficio a los productores de mezcal se debe apoyar la comercialización del mezcal a nivel nacional e internacional, además de buscar una nueva norma apegada a la realidad en la que se contemplen los productos que adulteran el mezcal con el fin de buscar una competencia más leal al establecer diferentes calidades.

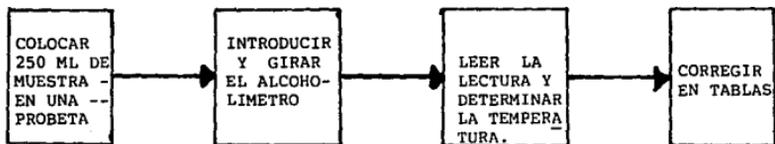
El problema de la presencia de la acetona en el mezcal debe motivar a que se realice un análisis mucho más a fondo que ayude a determinar parámetros de aceptación o de la eliminación total de la acetona. Además de determinar que tan tóxico es para el consumo humano y que daños trae a futuro.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alvarez L.R., Geografía General del Estado de Oaxaca, Ediciones - del Gobierno del Estado de Oaxaca.. México 1983.
- 2.- A.O.A.C, Official Methods of Analysis, of the Association of Official Analytical Chemists, Twelfth Edition. Washington, U.S.A.
- 3.- Boruff C.S., Fusel Oil Analysis of Distilled. Journal of the A.O. A.C. (Vol. 43, No. 3, 1960) 655-657 pp.
- 4.- Boruff C.S., Fusel Oil Analysis of Distilled Beverage. Journal of the A.O.A.C. (Vol. 44, No. 3, 1961) 383-386 pp.
- 5.- Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de Oaxaca (CGITO), - Plan de Desarrollo de la Agroindustria del Agave. Oaxaca 1985.
- 6.- Desrosier N.W., Elementos de la Tecnología de Alimentos. Editorial CECSA. Séptima impresión 1990.
- 7.- Dirección General de Normas, Norma Oficial de la calidad del Mezcal. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México NOM-V-8-1949.
- 8.- Dirección General de Normas, Normas Oficiales de Métodos de Prueba para bebidas alcohólicas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial:
  - NOM-V-4-1970 Determinación de Furfural.
  - NOM-V-5-S-1980 Determinación de Aldehídos y Esteres.
  - NOM-V-6-S-1983 Determinación de Azúcares Reductores.
  - NOM-V-13-S-1980 Determinación de Grado Alcohólico.
  - NOM-V-14-S-1986 Determinación de Alcoholes Superiores.
  - NOM-V-15-S-1980 Determinación de Acidez Fija.
  - NOM-V-16-S-1980 Determinación de Acidez Total.
  - NOM-V-17-S-1984 Determinación de Extracto Seco y Cenizas.
  - NOM-V-21-S-1986 Determinación de Metanol.

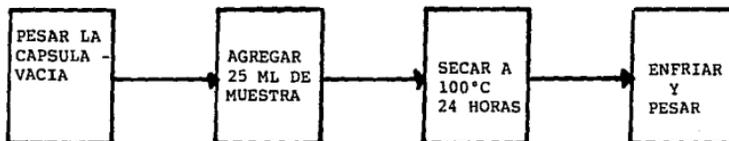
- 9.- Dujardin-Salleron, Tables de Correction Alcohometriques. Paris - 1948.
- 10.- Foster D.S., Colorimetric Methods of Analysis. Vol. II, third -- edition, Van Nostrand Reinhold Company. U.S.A. 1949.
- 11.- Lehninger A.L., Biochemistry. The Benjamin/Cummings Publishing - Company, Inc.
- 12.- Masura M., Direct Gas Chromatographic Analysis of Fusel Alcohols, Fatty Acids and Esters of Distilled Alcoholic Beverages. Journal of Food Science (Vol. 50, 1985) 264-265 pp.
- 13.- Mathews, Van Holden, Biochemistry. The Benjamin/Cummings Publi-- shing Company, Inc.
- 14.- Miranda F., Proyección del Tequila en el Mercado Internacional. Tesis IPN. México, D.F. 1980.
- 15.- Osawa T., Estudio del Maguey Tequilero en México, Edición espe-- cial, México 1979.
- 16.- Salgado F., Nopal y Maguey, una Alternativa. Diario "El Nacional" 8 de junio de 1984.
- 17.- Schoeneman R.L., Determinacion of Fusel Oil in Distilled Spirits. Journal of the A.O.A.C. (Vol. 46, No. 2, 1963) 285-288 pp.
- 18.- Secretaría de Salubridad y Asistencia, Reglamento Sanitario de - bebidas Alcohólicas. Edición Antolín Jiménez Gamas, México 1988.
- 19.- Solomons G.L., Materials and Methods in Fermentation. Academic - Press. London and New York. 1969.
- 20.- Wingrove A.S., Química Orgánica. Editorial Revérte.

## DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE GRADO ALCOHOLICO



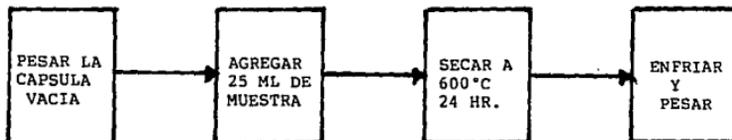
UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
ANEXO A	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE EXTRACTO SECO



$$E. S. = [(P_e - P_v)/25] \times 1000$$

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE CENIZAS



$$CENIZAS = [(P_c - P_v)/25] \times 10^6$$

DONDE:

- P<sub>v</sub> = PESO CAPSULA VACIA  
 P<sub>c</sub> = PESO CAPSULA CON CENIZAS  
 P<sub>e</sub> = PESO CAPSULA CON EXTRACTO SECO

FUENTE: NORMA OFICIAL MEXICANA -NOM-V-17-S-1984

UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
ANEXO B	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE ACIDEZ FIJA



$$A.F. = [(V \times N \times 60 \times 100) / V_m] \times (100/GAR)$$

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA DETERMINACION DE ACIDEZ TOTAL



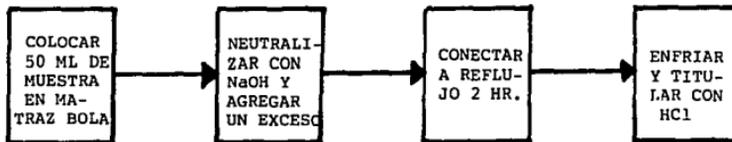
$$A.T. = [(V \times N \times 60 \times 100) / V_m] \times (100/GAR)$$

DONDE: V = VOLUMEN DE NaOH  
 N = NORMALIDAD DE NaOH  
 V<sub>m</sub> = VOLUMEN DE MUESTRA

FUENTE: NORMAS OFICIALES MEXICANAS -NOM-V-15-S-1980  
 -NOM-V-16-S-1980

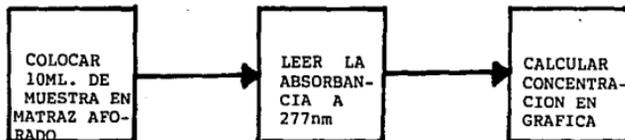
UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
ANEXO C	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE ESTERES



$$\text{ESTERES} = [(V_b \times N_b) - (V_a \times N_a)/V_m] \times 88 \times 100 \times (100/\text{GAR})$$

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE FURFURAL



$$\text{FURFURAL} = C \times 5 \times 100/1000 \times 100/\text{GAR}$$

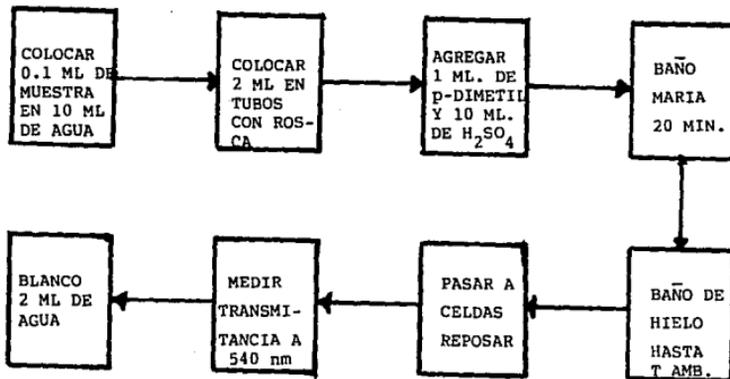
DONDE:

V<sub>b</sub> = VOLUMEN DE NaOH      V<sub>a</sub> = VOLUMEN DE HCl  
 N<sub>b</sub> = NORMALIDAD DE NaOH    N<sub>a</sub> = NORMALIDAD DE HCl  
 V<sub>m</sub> = VOLUMEN DE MUESTRA  
 C = CONCENTRACION      GAR = GRADO ALCOHOLICO REAL

FUENTE: NORMAS OFICIALES MEXICANAS -NOM-V-5-S-1980  
 -NOM-V-4-1970

UNAM	FES-C
TRIS PROFESIONAL	
ANEXO D	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE ALCOHOLES SUPERIORES



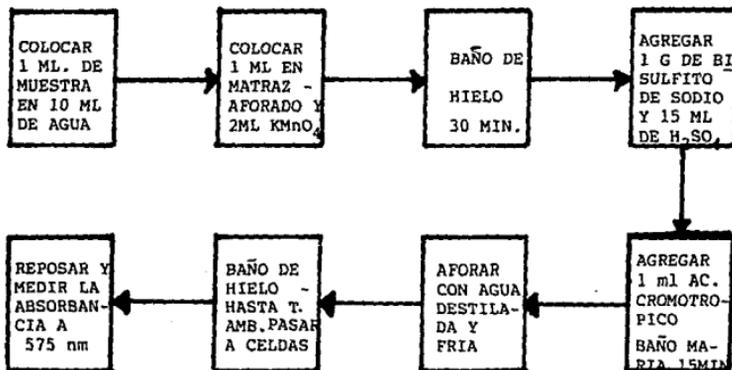
$$\text{ALCOHOLES SUPERIORES} = (C \times 10000) / \text{GAR}$$

DONDE:  
 C = CONCENTRACION  
 GAR = GRADO ALCOHOLICO REAL

FUENTE: NORMA OFICIAL MEXICANA -NOM-V-14-S-1986

UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
ANEXO E	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

## DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE METANOL



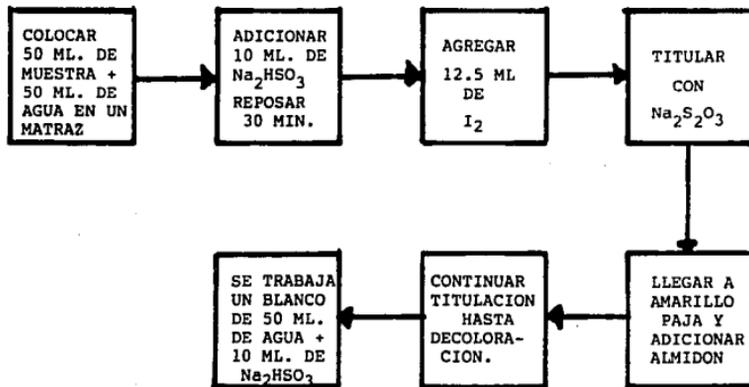
$$\text{METANOL} = [(AM/AT) \times 21725]/GAR$$

DONDE: AM = ABSORBANCIA DE LA MUESTRA  
 AT = ABSORBANCIA DEL TIPO  
 GAR = GRADO ALCOHOLICO REAL

FUENTE: NORMA OFICIAL MEXICANA -NOM-V-21-S-1986

UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
ANEXO F	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE ALDEHIDOS



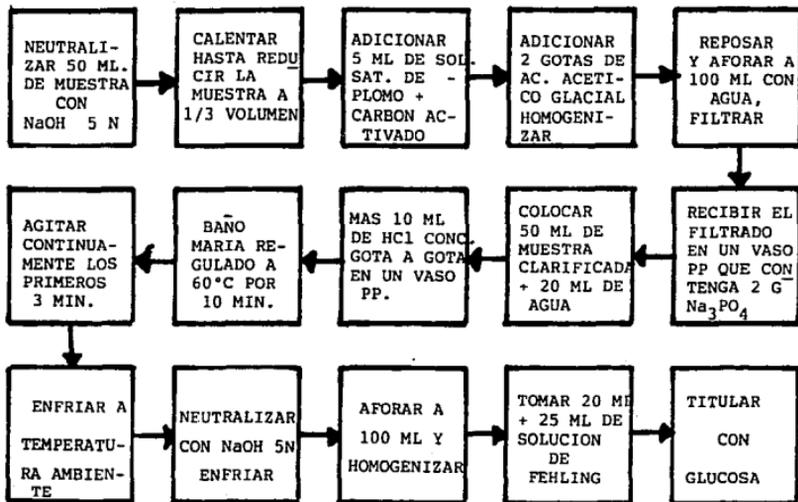
$$\text{ALDEHIDOS} = \left[ \frac{(V_m - V_b) \times N \times 22 \times 100}{V_d} \right] \times 100/\text{GAR}$$

DONDE:  
 $V_m$  = VOLUMEN GASTADO EN LA TITULACION DE LA MUESTRA  
 $V_b$  = VOLUMEN GASTADO EN LA TITULACION DEL BLANCO  
 $V_d$  = VOLUMEN DE LA MUESTRA  
 $N$  = NORMALIDAD DEL TIOSULFATO DE SODIO

UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
ANEXO G	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	

FUENTE: NORMA OFICIAL MEXICANA -NOM-V-5-S-1980

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES



FUENTE: NORMA OFICIAL MEXICANA -NOM-V-6-S-1983

UNAM	FES-C
TESIS PROFESIONAL	
ANEXO H	
ANA MA. AGUILAR OLMOS	