

# aprovechamiento de desechos frutales en la producción de alcohol potable\*

Juan Ferrada C., Ramón Blasco S., Enzo Aste y Francisco Munizaga\*\*

---

*RESUMEN: En este trabajo se desarrolló un proceso para el aprovechamiento de desechos frutales, para producir alcohol potable. Se trabajó con desechos de ciruelas y manzanas provenientes de plantas de packing y deshidratado.*

*Se determinó la influencia en el rendimiento alcohólico de: contenido inicial de sacarosa, concentración de levadura y temperatura de fermentación. Se realizaron las pruebas legales de potabilidad para determinar la posibilidad de consumo humano.*

*Finalmente, se determinó el aumento de contenido proteico en las tortas de fermentación para un posible uso en alimentación animal.*

*Las pruebas de potabilidad indicaron que los contenidos de impurezas fueron en todos los casos inferiores a los máximos permitidos por la ley.*

*SUMMARY: Fruit waste out of packing and drying industry are employed to obtain alcohol for human consumption.*

*Sacarose initial concentration, yeast concentration and fermentation temperature were determined variables to observe alcohol production efficiency.*

*Potability tests to check legal requirements on apple and sprun alcohol were also analyzed.*

*Impurities were detected in lower quantities than legal requirements as indicated by potability tests.*

*This fact converts this alcohol in an interesting industrial product.*

---

\* Manuscrito revisado y aprobado en Noviembre de 1981.

\*\* Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile, (ex-Universidad Técnica del Estado).

## INTRODUCCION

Las plantas agroindustriales de procesamiento de frutas, generan una gran cantidad de desechos (5-10% de su producción) cuya utilización actual se centra en la alimentación de ganado.

Las plantas de packing presentan una análoga situación en cuanto a producción de desechos.

El objetivo del presente trabajo es el de desarrollar un proceso para la obtención de alcohol a partir de estos desechos, determinar los parámetros de operación y el grado de potabilidad del alcohol obtenido de acuerdo a la ley vigente.<sup>1</sup>

El proceso seleccionado corresponde a una fermentación, con levaduras *Saccharomyces cerevisiae ellipsodeus*, de las pulpas jugos de ciruelas y manzanas y una posterior destilación, previo una filtración de los jugos fermentados, para obtener el alcohol que se someterá a pruebas de potabilidad.

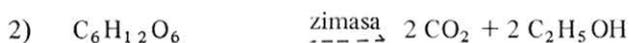
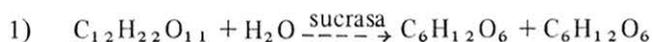
### Fermentación alcohólica

Fue Pasteur quien demostró que la reacción de fermentación alcohólica se encuentra ligada a la presencia en los jugos, de ciertos microorganismos llamados levaduras. Esta toma la energía necesaria para su actividad vital, de la descomposición del azúcar presente. Esto ocurre por 2 caminos alternativos según se encuentre en contacto con aire o no.

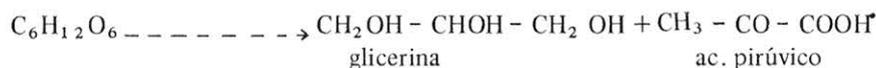
En presencia de oxígeno ocurre una aerobiosis en que la levadura oxida completamente el azúcar con formación de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y una gran multiplicación celular de la levadura.

En ausencia de oxígeno la fermentación ocurre anaeróbicamente, la oxidación es incompleta y se produce alcohol y CO<sub>2</sub> con baja multiplicación celular.

Las reacciones de descomposición del azúcar, para producir alcohol, se realizan por medio de un principio activo que actúa por vía catalítica o por contacto. Estos principios activos son la sucrasa y la zimasa y las reacciones se esquematizan según:



Sin embargo, no todas las moléculas son degradadas como se indica en reacciones 1 y 2 precedentes, ya que algunas de ellas se transforman por la reacción glicero pirúvica que da la ecuación de Neubery.



El ácido pirúvico presente, se constituye entonces en el origen de distintos productos secundarios, que son los ácidos acéticos y succínico además de butanodiol en pequeñas cantidades.

Posteriormente, otros investigadores identificaron la presencia de aldehídos, ác. láctico, alcoholes superiores en muy pequeñas cantidades.

El balance de la reacción de fermentación teórica propuesta por Pasteur es:

Por 100 grs. de azúcar inicial se obtiene después de la fermentación:

Alcohol etílico	48,4 grs
CO <sub>2</sub>	46,6 grs
Glicerina	3,2 grs
Ac. succínico	0,6 grs
Otros	1,3 grs
	<hr/>
	100,1 grs

Se tiene entonces, por 100 grs de azúcar inicial 48,4 grs de alcohol (61 ml). Esto significa que para obtener 1° de alcohol (10 mls de alcohol por litro) se requieren 16,4 grs de azúcar en un litro de jugo. En la práctica este valor se considera de 17 grs de azúcar.

### Destilación de jugos fermentados

De la etapa de fermentación alcohólica se recupera el alcohol etílico que contiene el jugo fermentado, mediante destilación dando como producto los llamados aguardientes que dependiendo de la materia prima que procede es el nombre que toma. En el caso de aguardiente de ciruelas en países europeos (Yugoslavia, Bulgaria) recibe el nombre de Slibowits.

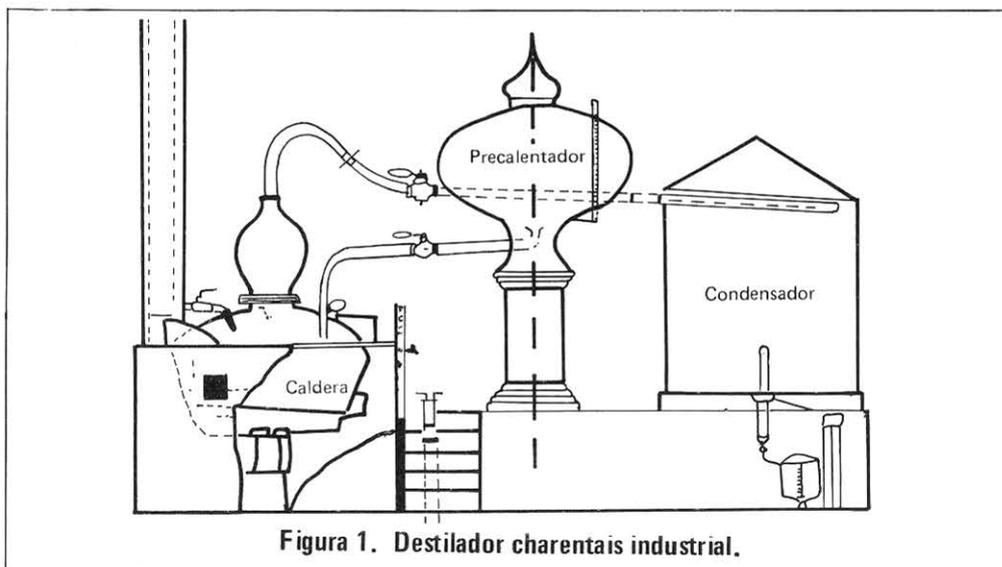
La calidad de dichos aguardientes no depende exclusivamente del grado alcohólico que tengan, sino además de las "impurezas" que contengan y que le dan la calidad organoléptica a éstos.

Estas "impurezas" que dan al aguardiente el perfume y el sabor son más de 100 diferentes compuestos. Cromatográficamente se ha detectado que alrededor de 80 de ellos son de bajo peso molecular.

Debido a esto, los métodos de destilación no están dirigidos a la obtención de alcohol etílico industrial, sino que a la obtención de aguardientes aromáticos y de cierto sabor específico.

En Chile se utilizan el sistema Charentais (Fig. 1) y el sistema directo.<sup>2</sup>

En ambos métodos, la fase corazón del destilado es lo aprovechable, siendo la parte inicial (cabeza) y la parte final (cola), desechada por el elevado contenido de impurezas no permitidas por la ley.



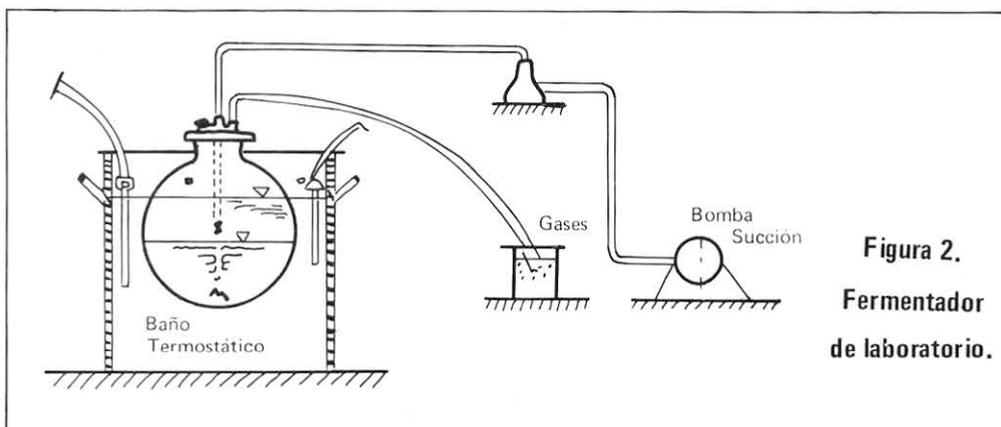
Terminado el proceso de fermentación (densidad de solución permanece constante con el tiempo), se filtra el material, obteniéndose un jugo claro alcohólico y el residuo celulósico que contiene, además, a las levaduras.

Los jugos fueron finalmente destilados en un equipo cuyo esquema se muestra en la Fig. 3. El material de construcción de este alambique fue de cobre.

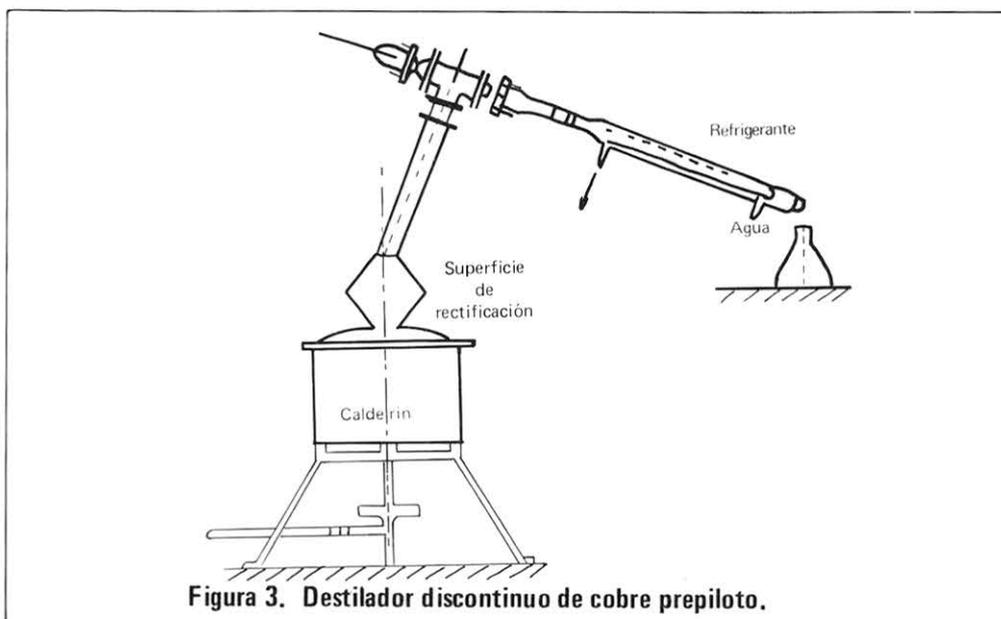
El proceso seguido en la etapa de destilación corresponde al tradicional en la producción de aguardiente de uvas.

En la primera destilación se separó la cabeza (1a. porción de destilado) y que corresponde al 1 ó 2°/o del volumen total de jugo en la caldera. Posteriormente se separa el corazón hasta una concentración de alcohol en el producto de 20°. Finalmente, las colas se obtienen hasta una graduación alcohólica de 2°G.

El residuo final que queda en la caldera constituye las vinazas, que no presentan aplicabilidad.



**Figura 2.**  
**Fermentador**  
**de laboratorio.**



**Figura 3.** Destilador discontinuo de cobre prepiloto.

Tanto la fase de cabeza y colas pueden redestilarse para aumentar el rendimiento, obteniendo una nueva fase corazón.

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

### Preparaci3n del jugo a fermentar

El material fresco fue pulpeado teniendo cuidado de no romper las semillas en la manzana ni el carozo en las ciruelas, puesto que esto comunica sabores desagradables al producto obtenido, así como un aumento en el contenido de ácido prúsico.

En el caso de manzanas y ciruelas deshidratadas fue reconstituida la misma relaci3n agua-materia seca que la correspondiente a fruta fresca. Después de 24 horas se procedió a pulpar el material con los mismos cuidados que el material fresco.

El equipo de fermentaci3n utilizado se muestra en la Fig. 2.

Ajustadas las variables de pH, temperatura y sustratos, la levadura se inocula directamente, ya que el tipo usado no requiere de precultivo. (Ver Tabla 1 y Tabla 1 A).

La fermentaci3n procede entonces en forma aer3bica durante aproximadamente 30 min. inyectando a la soluci3n un pequeño flujo de aire que ayuda a la homogenizaci3n de la mezcla.

Posteriormente, se inyecta CO<sub>2</sub> al sistema y se cierra herméticamente procediendo entonces la fermentaci3n en forma anaer3bica. Mediante la extracci3n de muestras, en forma

periódica se determina el avance de la reacción midiendo la concentración de alcohol.

## DISCUSION Y ANALISIS DE RESULTADOS

La reacción de fermentación de los jugos y pulpas fue determinada a través del cambio de densidad de las soluciones con el tiempo.

Este tipo de reacciones se caracteriza porque en su primera etapa el cambio en la concentración de azúcar es leve, la levadura está en fase reproductiva y la generación de alcohol es nula. Posteriormente, las levaduras en ambiente anaeróbico, producen alcohol, y la concentración de azúcar disminuye con el tiempo. Finalmente, el proceso se detiene, cesa la producción de alcohol y las levaduras se inactivan.

En estas condiciones el proceso termina y los caldos fermentados se someten a filtración y posterior destilación, obteniéndose el alcohol potable al que se miden todas sus características de potabilidad y rendimiento de la operación. Para este último parámetro, se consideró que prácticamente 17 grs de azúcar por litro de caldo, generan 1 grado alcohólico. Debe considerarse que el azúcar al fermentar, entrega además de la reacción alcohólica, productos secundarios deseados e indeseados.

Respecto de los resultados de rendimientos se aprecia en Fig. 4 que la pulpa tiene gran importancia en su mejoramiento, ya que aporta nutrientes básicos para el desarrollo de estos microorganismos, además de algunas sales.

La influencia de la concentración de azúcar en el proceso de fermentación se aprecia en las Figs. 4 y 5, donde a bajas concentraciones la actividad celular se ve disminuida a causa de la competencia por el sustrato a transformar. A elevada concentración de azúcar, ésta inhibe la actividad de las levaduras y el rendimiento decae. Los mejores valores se obtuvieron para concentraciones del 16<sup>o</sup>/o y 19<sup>o</sup>/o.

La Fig. 5 muestra también el efecto de la concentración de levaduras. La forma de la curva muestra un máximo alrededor de 0.2 gr/lit. Sobre este valor, el rendimiento baja por la competencia que se produce de la levadura por el sustrato y el elevado consumo de azúcar para su reproducción. Estas tendencias son en realidad esperadas según las predicciones teóricas para este tipo de reacciones.<sup>3</sup>

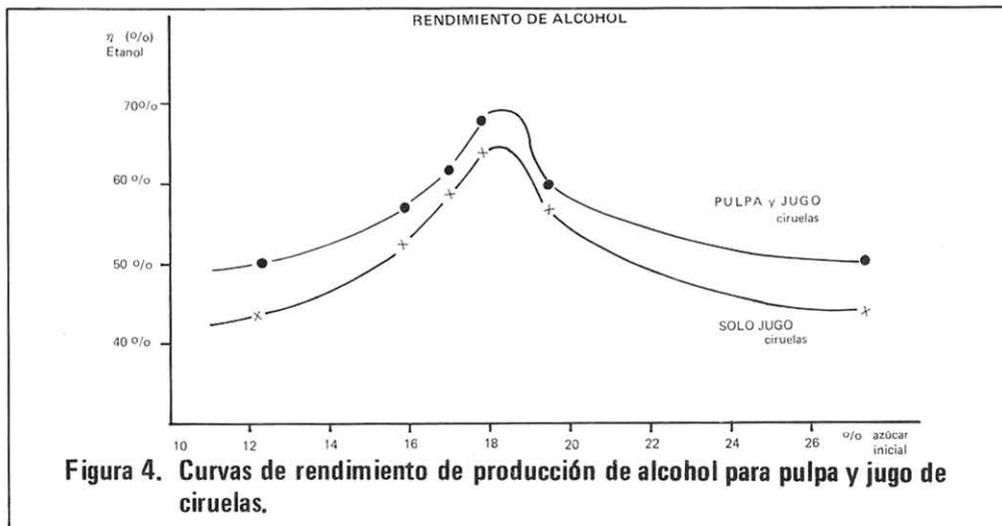


Figura 4. Curvas de rendimiento de producción de alcohol para pulpa y jugo de ciruelas.

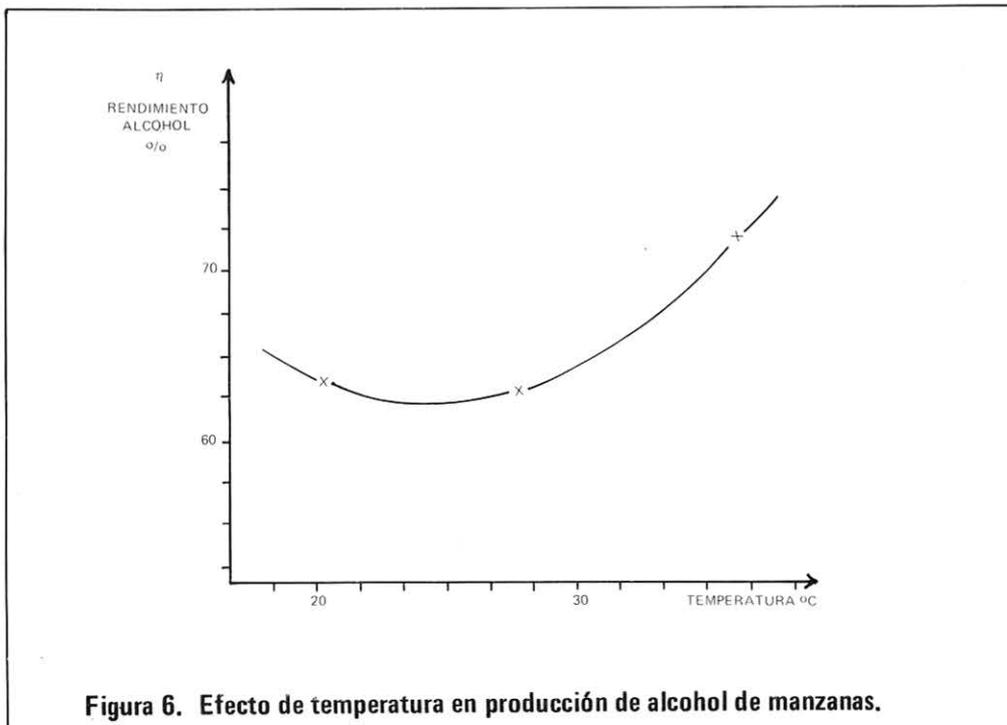
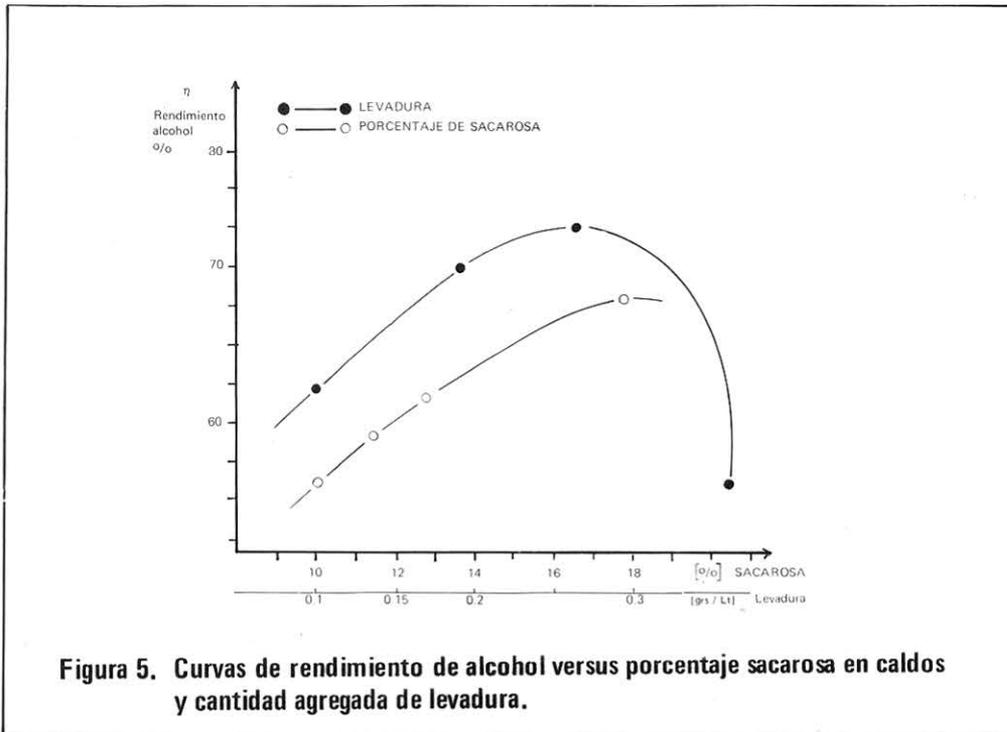
Analizando el efecto de la temperatura (Fig. 6) se observa que aun cuando la velocidad con que ocurre el proceso de fermentación aumenta al subir la temperatura, limitado obviamente por la temperatura de degradación, de la levadura, los mejores rendimientos se logran a 35°C. Sobre este valor adquiere importancia la degradación celular y las pérdidas por evaporación de alcohol en la corriente gaseosa de CO<sub>2</sub>.

Estos resultados también concuerdan con lo expresado en bibliografía.<sup>4</sup>

Al efectuar el análisis de las impurezas en Fig. 7 y Tabla 2 se observa que las impurezas

determinadas y cuantificadas son las requeridas legalmente y que para ciruelas y manzanas respectivamente en todos los casos se encuentran bajo la tolerancia legalmente permitida, lo que hace al producto aceptable como bebida.

Un último punto de destacar es la calidad proteica de los residuos sólidos de la fermentación en que análisis indicaron un contenido proteico sobre 230/o base seca.



**TABLA Nº 1**  
Experiencias programadas manzanas

1. Efecto del contenido de azúcar inicial			
Exp. Nº	Azúcar	Contenido de levaduras (gr/lts)	Temperatura
1	10,0 <sup>o</sup> /o	0,37	31
2	11,5 <sup>o</sup> /o	0,37	31
3	13,0 <sup>o</sup> /o	0,37	31
4	18,0 <sup>o</sup> /o	0,37	31
2. Efecto de la concentración de levadura			
5	10,0 <sup>o</sup> /o	0,10	30
6	10,0 <sup>o</sup> /o	0,20	30
7	10,0 <sup>o</sup> /o	0,27	30
8	10,0 <sup>o</sup> /o	0,37	30
3. Efecto de la temperatura de fermentación			
9	13,0 <sup>o</sup> /o	0,37	20
10	13,0 <sup>o</sup> /o	0,37	28
11	13,0 <sup>o</sup> /o	0,37	33

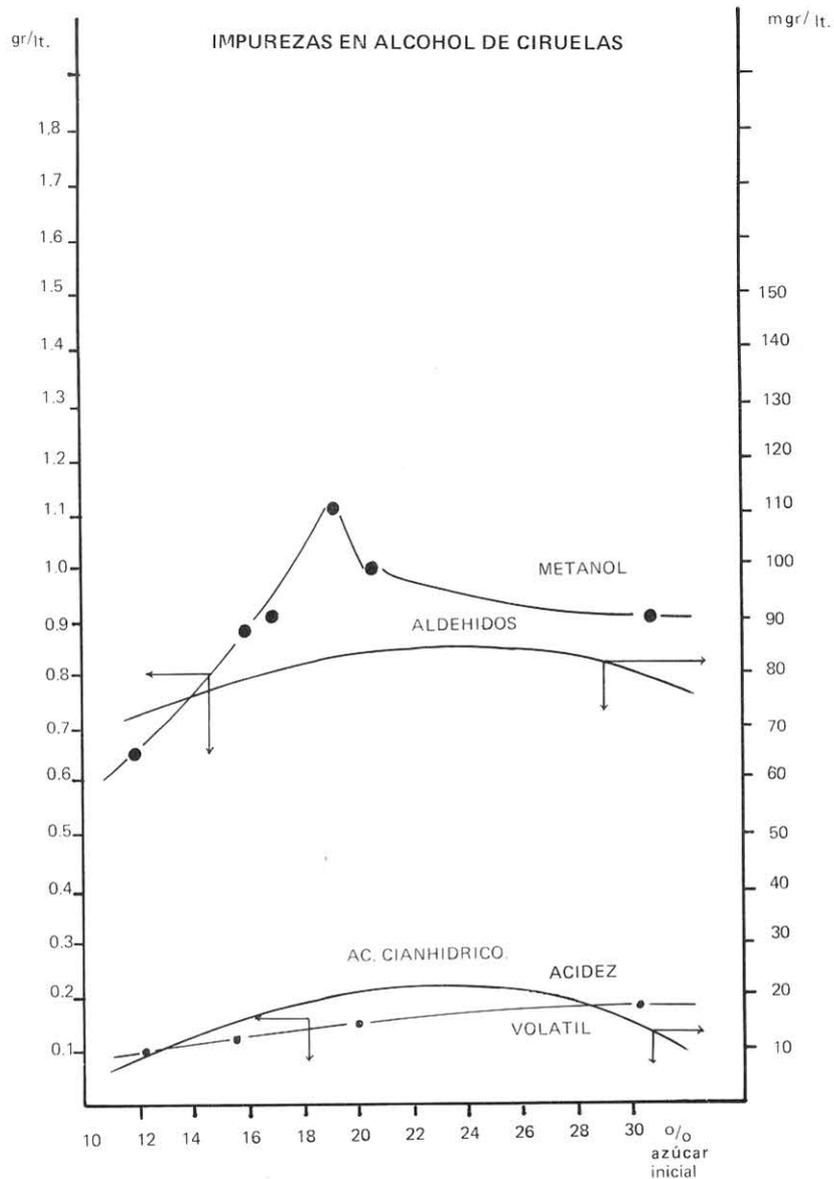
**TABLA Nº 1 A**  
Experiencias programadas ciruelas

Exp. Nº	Azúcar	Contenido de levadura (gr/lts)	Temperaturas
1. Efecto del contenido inicial del azúcar.			
12-1	12	0.20	25
13-1	30	0.20	25
14-1	20	0.20	25
15-1	17	0.20	25
16-2	12	0.20	25
17-2	30	0.20	25
18-2	20	0.20	25
19-2	17	0.20	25

1. Fermentación del jugo filtrado.
2. Fermentación de la pulpa y jugo en conjunto.

**TABLA Nº 2**  
Potabilidad promedio de alcohol de manzana y ciruela

Análisis Químico	Tolerancia Legal 100° (gr/lt)	Impurezas encontradas 100° (gr/lt)
Acidez Volátil Total	2,0	0,338
Aldehídos	4,0	0,410
Metanol	1,5	0,820
Total	7,5	1,568
Acido Cianhídrico	0,040	0,016



**Figura 7. Impurezas en alcohol producido a partir de ciruelas.**

**BIBLIOGRAFIA**

1. PINTO, L.A., "Análisis de alcoholes y licores, características físicas y determinaciones químicas", Memoria UTE, (1976).
2. QUEZADA, M.E., "Estudios de los sistemas de destilación Directo y Charantais, Memoria Universidad de Chile, (1973).
3. KRESTZSCHMAR, H., "Levaduras y Alcoholes", (libro), 1a. Edición, Editorial Reverté S.A., Barcelona, (1961).
4. KIK OTHMER, Enciclopedia, Tomo 10.