

## Tesis de Posgrado

# Hidrólisis de maderas cultivadas en la República Argentina "sauce llorón y álamo"

Valverde, Juan Carlos

1947

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in [digital.bl.fcen.uba.ar](http://digital.bl.fcen.uba.ar). It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

**Cita tipo APA:**

Valverde, Juan Carlos. (1947). Hidrólisis de maderas cultivadas en la República Argentina "sauce llorón y álamo". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0512\\_Valverde.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0512_Valverde.pdf)

**Cita tipo Chicago:**

Valverde, Juan Carlos. "Hidrólisis de maderas cultivadas en la República Argentina "sauce llorón y álamo"". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1947. [http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_0512\\_Valverde.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0512_Valverde.pdf)

**EXACTAS** UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



**UBA**

Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

QUÍMICA

HIDROLISIS DE MANTOS CULTIVADAS DE LA REPÚBLICA  
ARGENTINA "SAUCO LLORON Y ALAMO"

Tesis presentada por JUAN CARLOS VALVERDE para optar al  
título de Doctor en Química

Laboratorio de Química Industrial de la Facultad de Ciencias  
Exactas, Físicas y Naturales

- 1947 -

Tesis

512

Antes de comenzar la descripción del trabajo efectuado y presentarlo a la consideración de los señores Profesores, es un deber dejar expresado mi agradecimiento al señor Profesor Dr. Carlos Gini Lacorte, por sus directivas y consejos que sirvieron de guía al presente trabajo.

Asimismo, cabe expresar mi agradecimiento a la Dirección General de "Oficinas Químicas Nacionales", en cuyos Laboratorios se efectuó parte de este trabajo.

Reconozco la colaboración prestada por los doctores Horacio Margheritis y Fermín Ernesto Sánchez.

- BREVE RESUMEN -

La falta de materia prima en ciertos países, impulsó a sus técnicos a efectuar estudios que los llevaran a encontrar sustancias que suplantaran a las mismas.

Así nos encontramos con la madera, que durante muchos siglos han servido como principal fuente de carbón y actualmente se ha colocado como una de las más importantes materias primas de industrialización química.

La madera tiene como uno de sus principales componentes a la celulosa, sustancia de alto peso molecular, y formada por moléculas de glucosa. De aquí que se comenzaron a efectuar estudios de hidrólisis sobre la madera tal cual como se habían efectuado sobre celulosa propiamente dicha.

Al principio del siglo presente se hicieron en Estados Unidos de Norte América experimentos sobre hidrólisis de la madera y como consecuencia el aprovechamiento de los azúcares reductores obtenibles.

Se trataba el aserrín proveniente de la madera tal cual con ácidos diluidos y a temperaturas superiores a la de ebullición.

La primera fábrica de alcohol de madera fué creada en el año 1910 en Georgetown (Estado de Carolina del Sur), por Swen y Tomlinson.

Esta hidrólisis se efectuaba con ácido sulfúrico diluido, siendo los rendimientos en alcohol menores que los calculados teóricamente.

Scholler aplicando el mismo principio de hidrólisis bajo presión obtuvo mejores rendimientos, alcanzando entre un 60 y 70 por ciento del teórico.

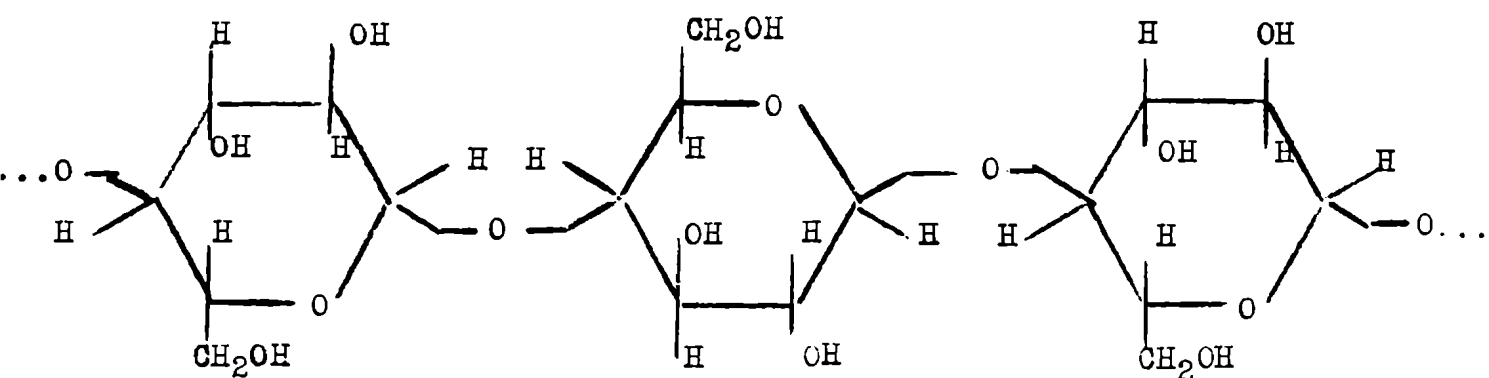
Mayor porcentaje se puede obtener usando para la hidrólisis de la celulosa de la madera, ácido clorhídrico concentrado a temperatura ambiente. Willstater y Zechmeister descubrieron que la celulosa es

# CELULOSA

soluble en ácido clorhídrico concentrado, de 40 por ciento, de esta forma se puede obtener glucosa, a partir de celulosa en tiempo relativamente corto, llegando el rendimiento al cien por cien de la posible producción teórica, Erich Haggland y Friedrich Bergius en el año 1916 desarrollan un proceso basado en el de Willstater y Zechmeister pero suplantando la celulosa por la madera.

La hidrólisis de la madera es una reacción química simple, el agua actúa en presencia del ion hidrógeno sobre la celulosa llevandola al estado de glucosa.

W.N.Hawort, K.Freudenberg y otros suponen que la molécula de celulosa es una larga cadena de moléculas de celobiosa, es decir que están encadenadas en el polisacárido glucosídicamente y de la misma manera numerosos restos de glucosa, y según el principio de la unión celobiosica (unión  $\beta$ -glucosídica por el átomo de oxígeno del carbono 4) respondiendo por lo tanto a la siguiente fórmula:



Industrialización de madera de "Sauce Llorón y Alamo"  
en la zona del Delta del Paraná

El objeto de este trabajo consiste en aprovechar la difusión de una materia prima, abundante y asequible, para la obtención de azúcar fermentescible a partir de la madera. Las experiencias se efectuaron en base a los trabajos de F. Bergius y sus colaboradores sobre la hidrólisis de la madera, teniendo en cuenta el desecho de la industrialización de vegetales pertenecientes a la familia de las "Salicinaeas", el primero "Sauce Llorón" ("Salix Babilonica, L. Syn. Salix Péndula Moench"), originario de China, árbol con ramas péndulas, largas, hojas caducas, angostas, aserradas y de color verde oliva.

El segundo es el "Alamo", árbol que se leva a considerables alturas, de hojas anchas, con largas pecioloos y flores laterales y colgantes, crece en poco tiempo y su madera blanca y ligera resiste mucho al agua. El desecho de estas maderas está asegurado debido al gran incremento de la industria maderera de la zona urbana de la Capital Federal.

Dicho desecho consiste en el aserrín sobrante del aserramiento de la madera tal cual, en la fabricación de cajones para el envasamiento de fruta. Se tomaron estas maderas para el trabajo, debido a que una serie de factores las colocan en un plano superior a las demás maderas utilizables para el mismo objeto:

- 1°) Su gran porcentaje de utilización en la industria que hemos mencionado (Sauce Llorón 85%, Sauce Alamo 10%, Alamo 5%, estos porcentajes son aproximados, existiendo variaciones).
- 2°) Su gran difusión en la zona del Delta del Paraná.
- 3°) Su fácil traslado a la zona de industrialización y su bajo costo.
- 4°) Su fácil cultivo y su pronto crecimiento.

En la actualidad el álamo está desplazando en dicha industria al

sauce, debido a que una serie de cualidades le sobreponen, entre ellas podemos citar, el fácil trabajo de la madera, el tiempo de crecimiento para la obtención de madera utilizable es mucho menor que la del sauce, etc.

Observando los factores mencionados precedentemente, dan una idea real de la importante significación de esta materia prima, en la obtención de alcohol.

Si hicieramos un cálculo aproximado sobre la disponibilidad del aserrín, se tiene: existen en la región del Delta, unos doscientos cincuenta (250) aserraderos, de ellos noventa son de primera categoría.

Se denominan así aquellos establecimientos que trabajan de 10 a 12 toneladas diarias de madera, los demás trabajan a un promedio de unas 4 a 5 toneladas diarias. Es de recordar que el residuo (aserrín) que dá al trabajar la madera alcanza a un 10% o sea 100 kg. por tonelada.

Por lo tanto un aserradero de primera categoría deja diariamente de 1 a 1½ toneladas de aserrín llevando esa cantidad a noventa establecimientos se tiene un promedio diario de 90/135 toneladas. A esa cantidad hay que sumar el residuo que queda en los otros establecimientos (alrededor de 160) a un promedio de 4 toneladas diarias de madera trabajada deja un residuo de 400 kg. diarios cada uno, que en los 160 alcanza a 64 toneladas.

Entonces el aserrín que queda como residuo en la industria maderera del Delta del Paraná es aproximadamente de 180 toneladas diarias.

En la actualidad el uso que se le suele dar a este desecho es variado, ciertos hornos de ladrillo lo mezclan con carbonilla para mantener mayor tiempo el calor, otros lo usan en cámaras frigoríficas, etc.

- PARTE EXPERIMENTAL -

En este capítulo del trabajo se describirá la parte experimental efectuada en el Laboratorio.

En primer término se efectuó la determinación de la humedad de las maderas en estudio y su variación, continuando con la concentración del ácido clorhídrico y que por ser de interés se indicará con detalle, luego se realizó el proceso de la hidrólisis.

HUMEDAD: la necesidad de la determinación de la humedad es debido al alto poder higroscópico de la madera.

Un dato ilustrativo de la variación del agua absorbida se puede observar en el cuadro N.º 1, que fué obtenido efectuando determinaciones de humedad en el aserrín, en los días sucesivos de transportada la muestra al laboratorio, hasta su normal estacionamiento.

Existen diversos métodos para la determinación de la humedad en la madera; uno de ellos es el desarrollado por Schwalbe, el cual trata la muestra con xileno, destila, y recoge en una probeta graduada y enfriada con corriente de agua, midiendo la capa acuosa, y teniendo en cuenta la cantidad de muestra original, se determina el porcentaje. Otro método consiste en secar sobre anhídrido fosfórico con ayuda de vacío.

El método desarrollado en el laboratorio fué elegido, teniendo en cuenta la simplicidad y exactitud, siempre que la determinación se ajuste a la técnica.

TÉCNICA: Se toman cantidades de muestras cuyos valores oscilen entre uno y tres gramos, se colocan en una pesa filtro tarado y se pesa, de esta diferencia obtenemos la cantidad de muestra original, se lleva a una estufa de aire seco a 105° C. durante seis horas, (debe evitarse el aumento de la temperatura indicada pues modifica la composición de la muestra) previo enfriado a temperatura ambiente en desecador, se pesa, de esta pe-



sada se resta la del pesa-filtro vacío y se tiene la tara del aserrín seco.

Aserrín original - aserrín seco & Humedad. Se expresa por ciento.

- CUADRO 1 -	
Días de transportada la muestra	% de humedad
1	25,6
3	25,0
5	19,2
6	17,4
10	16,8
15	15,0
17	13,4
19	13,5
23	12,1
30	12,3

PREPARACION DEL ACIDO CLORHIDRICO DE 40%: La obtención del ácido clorhídrico de 40% se efectuó en el laboratorio en forma simple y rápida, tratando ácido clorhídrico de 37% aproximadamente con gas clorhídrico obtenido de la acción del ácido sulfúrico sobre ácido clorhídrico comercial.

Existen otros métodos para obtener ácido clorhídrico de 40%, ya que en vez de hacer actuar el ácido sulfúrico sobre el ácido clorhídrico, lo hacen actuar sobre el cloruro de sodio, en condiciones especiales.

En el esquema N° 1 puede observarse la forma en que se efectuó la operación; en (a) se coloca ácido clorhídrico concentrado comercial, en el caso nuestro cien mililitros aproximadamente, por (b) se deja caer

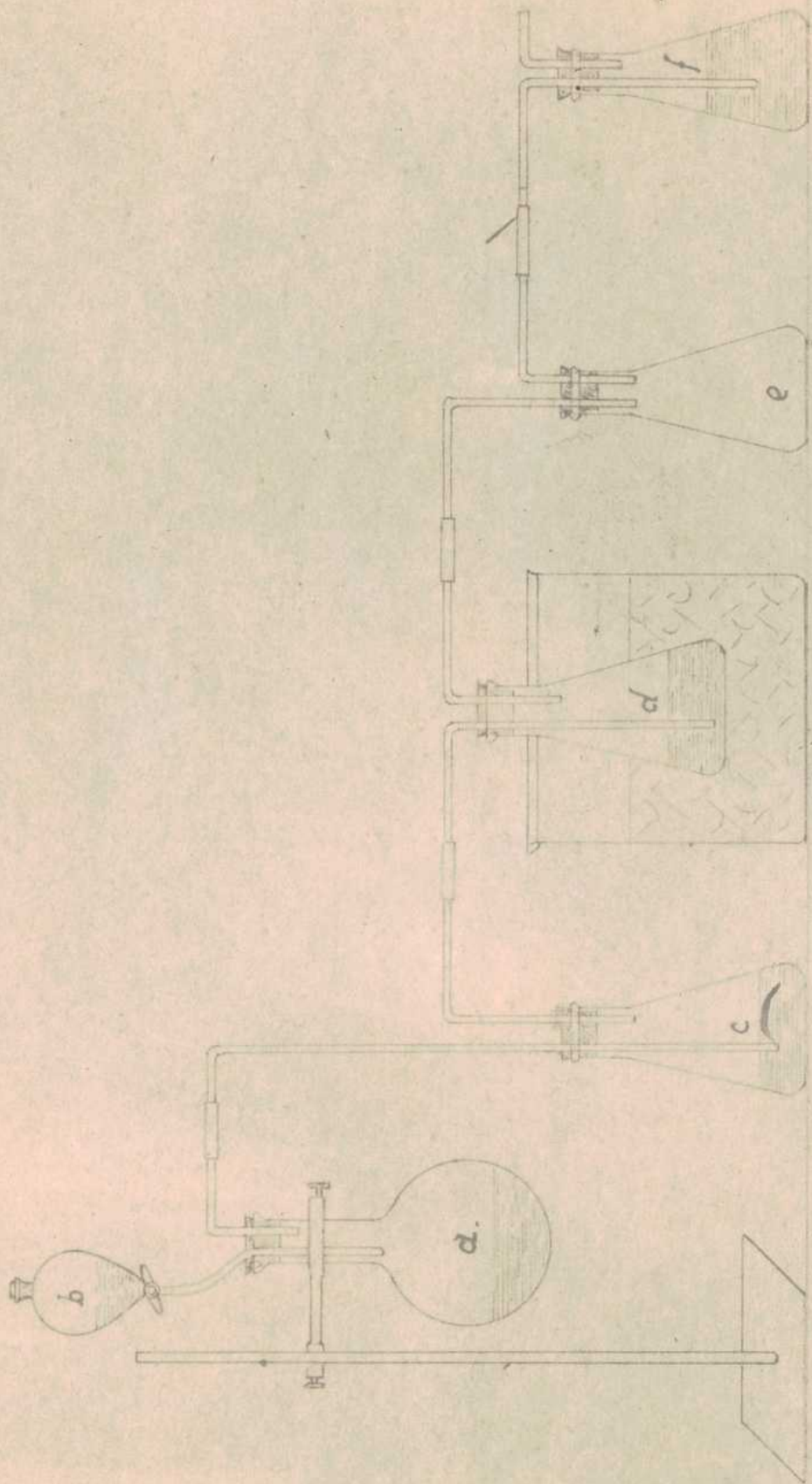
gota a gota ácido sulfúrico concentrado caído de las proyecciones que se pueden producir, el gas clorhídrico se desprende por la acción deshidratadora del ácido sulfúrico, que permite que el gas destile, este se hace burbujear en (c) que contiene ácido sulfúrico a fin de retener humedad del gas, actuando como frasco secador, luego burbujea en (d) que contiene ácido clorhídrico de una concentración de 33/37%, el frasco (d) está colocado en un recipiente que contiene una mezcla frigorífica (hielo y cloruro de sodio), se enfría este clorhídrico debido a que la absorción del gas es máxima a baja temperatura.

El frasco (f) contiene solución de hidróxido de sodio para neutralizar el gas clorhídrico no absorbido, entre (f) y (d) se coloca (e) frasco vacío, de seguridad.

Es aconsejable ayudar el desprendimiento de gas clorhídrico con un poco de calor en (a).

De esta forma se obtienen concentraciones de ácido clorhídrico de 40%.

ESQUEMA N° 1



- HIDROLISIS -

Método: Cantidades oscilables entre dos y cinco gramos de aserrín de madera en cuestión, secado a una humedad de 1 a 5% aproximadamente se tratan con cincuenta mililitros de ácido clorhídrico concentrado de 40% en un balón de 1 litro y tapa con tapón de goma bien asegurado.

Se deja a una temperatura de cinco a diez grados centígrados durante 48 horas, aconsejando efectuar agitaciones a fin de homogeneizar la mezcla, pues suelen quedar partículas de aserrín adheridas en las paredes del balón.

Luego se somete la mezcla con suma precaución y si es posible a 20/35° centígrados al vacío, con una bomba de vacío común, de vidrio, de esta forma se extrae una parte del ácido clorhídrico, el tiempo de vacío puede ser suficiente con unos treinta minutos.

Al balón se le agrega una cantidad de agua necesaria para llevar a un volumen de quinientos mililitros aproximadamente, se le coloca un refrigerante a reflujo, y se calienta a ebullición en un tiempo superior a 7 horas. Se filtra por papel de filtro común, se lava el residuo que queda en el papel de filtro con agua a fin de arrastrar las pequeñas cantidades de azúcar reductor que podrían haber quedado retenidas.

El filtrado que contiene los azúcares reductores y pequeñas cantidades de ácido clorhídrico, se neutraliza con carbonato de sodio y se lleva a volumen de un litro.

Se toma una parte del líquido, se trata con carbón vegetal, de esta forma se decolora la solución que suele venir coloreada de la hidrólisis, se filtra, y el filtrado está en condiciones de cesarle azúcares reductores.

En el método desarrollado en el laboratorio se trató en lo posible de ajustarse al proceso Bergius de hidrólisis de madera. Se agregó un exceso de ácido clorhídrico al aserrín, para que de esta forma se pueda tener una buena homogeneización de la mezcla.

El tratamiento con ácido clorhídrico concentrado se efectuó durante períodos de 48 horas y más, y a una temperatura oscilante entre 5° y 10° C.

Debido a que de esta forma la hidrólisis no es completa, se efectúa el calentamiento a reflujo llegando de esta forma a monosacáridos. En esta parte es de hacer notar la importancia de la dilución durante el calentamiento a reflujo como se podrá comprobar mas adelante en la parte experimental.

Para la determinación de azúcares reductores se siguió el método Felhing-Causse-Bomans, debe tenerse en cuenta que quince mililitros de solución reactivo equivalen a 41 miligramos de azúcar reductor por litro.

El trabajo efectuado en el laboratorio lo podemos dividir en las siguientes partes:

- 1) - Hidrólisis del aserrín de madera no teniendo en cuenta la dilución que marca la técnica para efectuar el calentamiento a reflujo y efectuando variaciones de éste.
- 2) - Hidrólisis de aserrín de madera teniendo en cuenta la dilución que marca la técnica y a su vez se efectuaron variaciones de tiempo de enfriamiento y de calentamiento.
- 3) - Hidrólisis de aserrín de madera de sauce llorón y álamo teniendo en cuenta las conclusiones observadas.

<u>Calentamiento a reflajo</u> en horas	<u>Azúcar reductor</u> %
5	39,0
10	12,0
5	28,0
2	9,0
2	16,0
3	6,0
3	6,0
5	15,0
3	20,0
10	16,0
3	20,0
5	30,0
2	20,0
5	23,0
3	13,0
10	5,0
3	22,0
5	19,0

(tabla 1)

Según la tabla 1 puede observarse la inhomogeneidad de los datos obtenidos habiendo efectuado el trabajo en las condiciones especificadas, durante el desarrollo del mismo se puede observar que durante el calentamiento a reflajo, una gran formación de espuma con proyecciones y sobre todo un ennegrecimiento en toda la masa, lo que corrobora los resultados obtenidos.

- SEGUNDA PARTE -

<u>Tiempo de enfriamiento</u> en horas	<u>Tiempo de calentamiento</u> en horas	<u>Azúcar reductor</u> %
48	5	47,1
48	5	46,6
48	7	50,0
48	8	46,9
48	8	47,1
48	7	49,0
48	8	46,5
48	8	46,9
48	7	47,9
48	10	50,5
48	10	51,0
48	10	51,5
48	10	49,9
48	10	49,9
100	10	50,0
100	10	52,0
100	10	49,0
100	10	51,0
100	10	50,5

(tabla 2)

Según la tabla 2 se puede observar que variaciones de tiempo de enfriamiento mayores de 48 horas no influyen en los porcentajes finales.

No sucede lo mismo con el tiempo de calentamiento a reflujó pues se observa que tiempos de calentamientos inferiores a 7 horas dan porcentajes bajos, manteniéndose constante cuando el tiempo de calentamientos de 10 horas.

De los datos obtenidos en la primera y segunda parte se deduce que las condiciones óptimas de trabajo son, de acuerdo a la técnica mencionada en la pág. 9 efectuar un enfriamiento de unas cuarenta y ocho horas, y el calentamiento a reflujo de diez horas aproximadamente.

De esta forma se efectuó la hidrólisis del "Sauce Llorón y del "Qamo".

-----000-----



- TERCERA PARTE -

HIDROLISIS DE SERRIN DE CAJIZ LLORON

Azúcar reductor %

50,9	50,1	49,8
49,4	48,9	50,0
49,8	50,5	50,4
49,1	51,0	49,2
49,1	51,0	49,6
50,9	49,8	51,5
49,8	49,6	49,0
49,9	49,4	50,5
50,9	50,4	48,6
48,6	50,5	49,1

Termino medio: 49,9 %

---0---

HIDROLISIS DE SERRIN DE ALAMO

Azúcar reductor %

51,9	49,7	51,8
52,2	50,6	51,2
52,3	51,2	49,2
51,3	49,2	50,5
52,6	51,9	51,9
50,8	51,5	51,5
50,7	52,0	51,6
51,7	50,9	50,8
50,8	49,8	-.-

Termino medio: 51,4 %

---0---

- CONCLUSION -

Según el presente trabajo se puede constatar que un prolongado enfriamiento del aserrín con el ácido clorhídrico de cuarenta por ciento, no dá grandes variaciones en el dato final.

Así que de los tiempos de enfriamiento ensayados se llegó a la conclusión que, cuarenta y ocho horas de enfriamiento, es suficiente.

Lo sucede lo mismo cuando se varía la concentración del ácido clorhídrico en el calentamiento a reflujo, observándose que cuando a la concentración es grande se tienen datos finales dispares, no así cuando antes de efectuar el calentamiento se efectúa una dilución conveniente.

La dilución que se efectuó en la práctica, después de la aplicación del vacío fué de uno en diez.

De esta forma y teniendo en cuenta la técnica de la pag. 9 se efectuaron las determinaciones de hidrólisis de aserrín de Sauce Lloron y Alamo, llegando a la conclusión que el Alamo dá 1,5% más de azúcar reductor que el sauce llorón.

Rendimiento:

"Alamo": 51,4% de azúcar reductor.

"Sauce Llorón": 49,9% de azúcar reductor.

-----

Ante-proyecto de Planta Piloto para obtener 100 litros diarios de alcohol a partir de aserrín de madera

Como complemento del trabajo realizado en el laboratorio a continuación se describirá un ante-proyecto de una planta para producir 100 litros diarios de alcohol etílico.

Es conocida la importancia que tiene la ubicación de una planta desde el punto de vista económico en la elaboración del producto que se trate. En el caso que nos ocupa se debe tener en cuenta que el lugar donde se encuentra la materia prima (aserrín de sauce ó álamo) es en la región del Delta del Paraná y la más adecuada para la mencionada instalación.

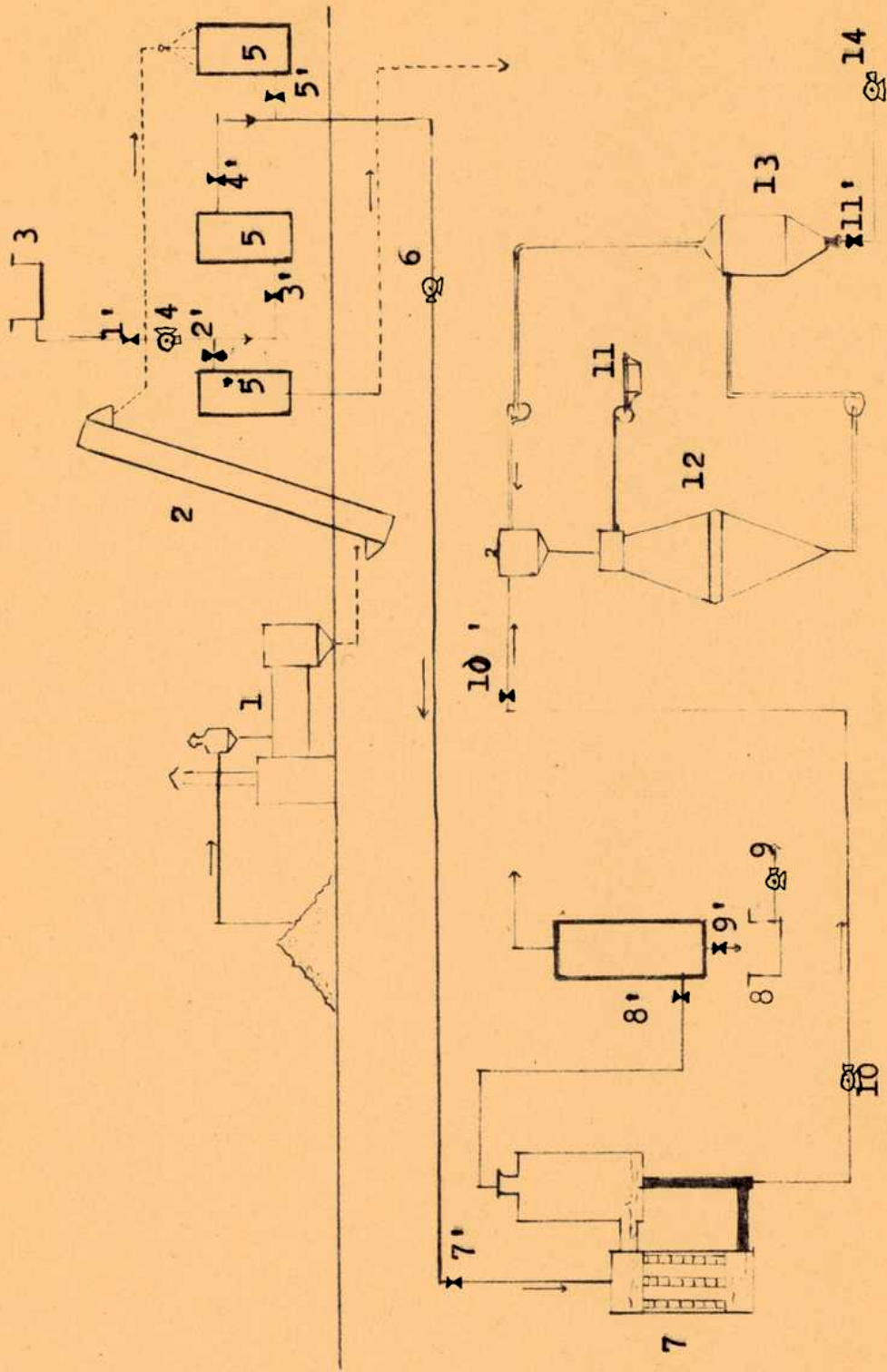
Son innumerables los aserraderos en esa región, que son los que proveerán la materia prima. Otro factor que favorece a dicha zona es su cercanía a la Capital Federal, centro de gran consumo del producto elaborado.

En la figura N.º 1 indica una lámina descriptiva el proceso Bergius para la sacarificación, mediante la hidrólisis ácida con clorhídrico concentrado del aserrín de madera.

Se observa en la misma, que la madera una vez en la fábrica se debe llevar a un desmenuzador de la misma y una vez obtenida, el aserrín se transporta llevándolo hacia el secador giratorio. En la hidrólisis del aserrín de sauce ó álamo, no es necesario el desmenuzamiento, por razones obvias.

En el secador el aserrín penetra con humedad determinada y debe salir del mismo con una cantidad de agua del 1% aproximadamente, para la ulterior operación. Del secador se transportada a la batería de extracción, el número de extractores que componen una batería puede variar en límites amplios, en nuestro problema se pueden utilizar tres, con el objeto, que mientras uno de ellos se carga, el segundo se encuentra en

Fig. No 1



plena extracción y el tercero se descarga.

La operación en la batería de difusores que nos ocupa se realiza de la siguiente manera; el ácido clorhídrico concentrado, desde el tanque de almacenaje va al primer difusor donde se encuentra con aserrín al cual se le ha extraído la mayor parte de sus componentes solubles en ácido clorhídrico concentrado, pasando al segundo extractor y así hasta llegar al último, donde se encuentra con aserrín fresco recién cargado.

De la última unidad de extractores se obtiene el residuo del agotamiento ácido que es lignina, la que se puede, por prensado obtener en forma de panes siendo una posible materia prima, para otras industrias tales como plásticos, combustibles, etc.

El líquido ácido-asúcar del último difusor es llevado por bombeo a un evaporador para ácido clorhídrico.

En la fig. N: 2 adjunta se observa con mayor claridad, la circulación de la solución de ácido-asúcar y la forma como trabaja dicho evaporador. La solución ácida azucarada penetra por la parte inferior (10) del evaporador a tubos longitudinales. La entrada del vapor generado por una caldera se efectúa por (2). La solución azucarada y los vapores de ácido pasan a la torre separadora donde los vapores clorhídricos siguen su curso y la solución azucarada es llevada hacia el secador a pulverización.

Como es lógico suponer los vapores de ácido llevan consigo algo de la solución, pero en el trayecto de su salida hacia el condensador, la solución arrastrada.

La solución entra por el secador a pulverización (2) atomizada por el aire comprimido. Todo lo que entra a esa cámara secadora, es impelido por el aire hasta el ciclón donde se acumula un material más tosco, el cual se almacena en un barril. El aire, que contiene en suspensión polvo

may fino va al separador, donde se le hace, por medio de una pulverización de la solución de alimentación, el que luego se reune con la de alimentación principal, como se puede observar en la fig. N. 3.

Luego el aire pasa a otro separador en el cual se lava el ácido clorhídrico, enviando agua pulverizada, saliendo el aire lavado por el conducto de humo.

-----



Fig. N°3

Fig. N°3 EVAPORADOR TUBULAR DEL ACIDO AZUCAR QUE CONTIENE ACIDO HIDROCLORHIDRICO.-

1. Calentador de aire
2. Secador a pulverizacion
3. Ciclón
4. Separador
5. Separador lavador de aire
6. Sopladores

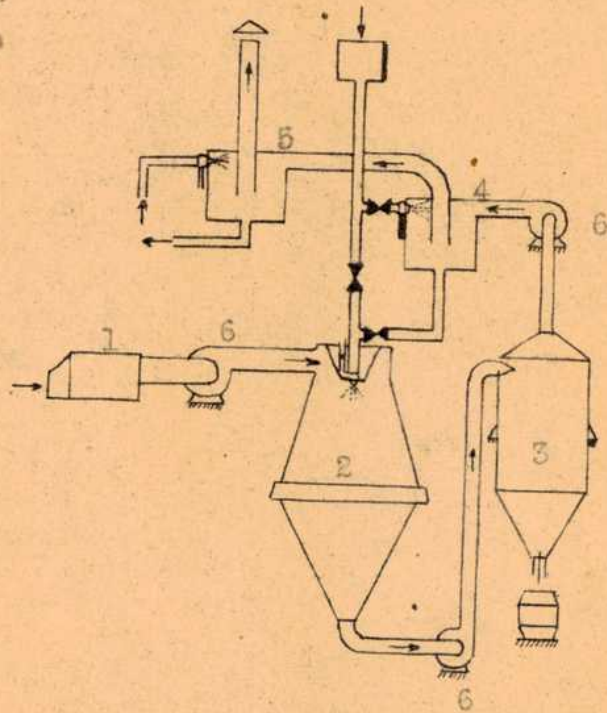


Fig. N°2

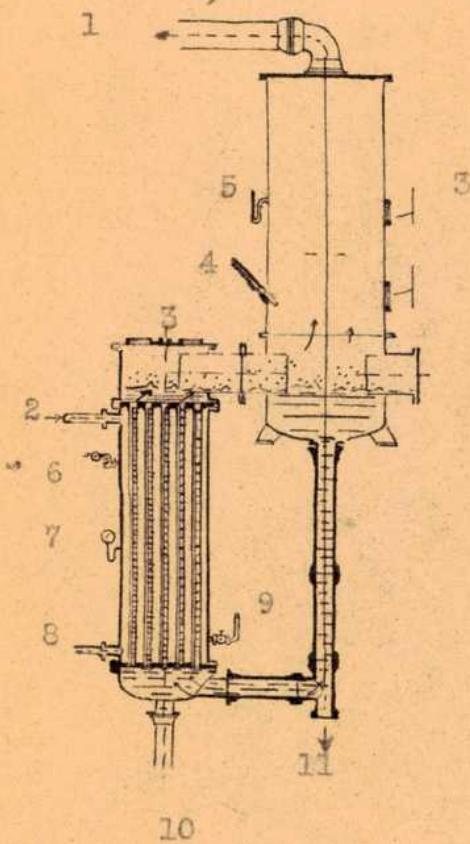


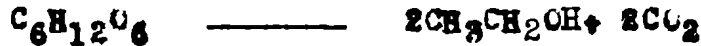
Fig. N°2 EVAPORADOR TUBULAR DEL ACIDO HIDROCLORHIDRICO.-

1. Descarga del vapor
2. Entrada de vapor
3. Vidrios de observacion
4. Termómetro
5. Manometro del vacio
6. Válvula de seguridad
7. Manómetro
8. Salida del condensado
9. Escape de aire
10. Entrada de la solución
11. Jarabe

- CALCULOS -

Cantidad de azúcar fermentescible para obtener 100 litros de alcohol

Según la reacción:



180 g. (glucosa) ----- 92 g. (alcohol)

100 g. (glucosa) ----- 51 g. (alcohol)

$$D = \frac{P}{V} \quad V = \frac{P}{D} = \frac{51}{0,8} = 64 \text{ litros de alcohol (teórico)}$$

Según la literatura técnica consultada se obtienen a partir de:

100 g. de glucosa alrededor de 50 a 52 lbs. de alcohol.

Es decir que en la práctica se obtiene un rendimiento de 78%, por lo tanto para obtener los 100 litros de alcohol, son necesarios 200 kg. de azúcar.

Cálculo de la cantidad de madera seca para obtener 200 kg. de azúcar fermentescible:

De acuerdo a los datos obtenidos:

De acuerdo a los datos obtenidos:

51 kg. de azúcar reductor ----- 100 kg. de madera

200 kg. de azúcar reductor ----- X

$$X = 392 \text{ kg de madera seca.}$$

De acuerdo a los datos obtenidos para obtener 100 litros de alcohol se debe partir de 392 kg. aproximadamente de madera seca.

Cálculo de la cantidad de agua que hay que evaporar.

Si se tiene en cuenta que la humedad que tiene el serrín estacionado es de un 10%, luego para obtener los 392 kg. de madera seca se debe partir de 435 kg., tal cual.

Por lo tanto hay que evaporar 45 kg. de agua.

Cálculos de capacidad de extractores.

El volumen del CH que se debe agregar debe ser suficiente como



para actuar sobre toda la masa del serrín, en el laboratorio se agregó aproximadamente 3 volúmenes de ClH por cada volumen de madera obteniéndose una buena homogeneización de la muestra.

Si se tiene en cuenta que el peso específico de estas maderas oscila alrededor de 0,4 el volumen ocupado por los 392 kg. será  $0,980 \text{ m}^3$  y el del ClH de  $3 \text{ m}^3$ , en total  $4 \text{ m}^3$ , aproximadamente. Teniendo en cuenta que se debe dejar  $1/3$  de espacio libre se deberá calcular extractores con una capacidad total de  $6 \text{ m}^3$ .

Es decir que cada extractor deberá tener una capacidad aproximada de dos metros cúbicos.

-----00-----

**Material de construcción recomendable para la construcción de los aparatos necesarios para la hidrólisis de madera, por el proceso "Bergius"**

---

Asfaltos y bitúmenes

Resinas acrílicas

Resinas castrona

Goma endurecida

Plásticos a base de formaldehído

Vidrio industrial

Bronces.

**Material de construcción recomendables para la construcción de los aparatos indicados, pero su uso debe hacerse con precaución**

---

Plásticos fenol furfural

Metálicos

Níquel

Aluminio y sus aleaciones.

-----000-----

Aparatos necesarios para la instalación de la Planta Piloto de Hidro-  
lisis de aserrín de madera (Proceso Bergius)

- 1) Secador giratorio. Se emplea un secador giratorio, construido de hierro que tiene por objeto secar al aserrín de sauce ó álamo. Debe evaporar 43 kg. de agua, de acuerdo a los cálculos efectuados y una capacidad de trabajo de alrededor de 435 kg. de aserrín diarios.
- 2) Elevador a cogilones. Tiene como empleo, el de llevar el aserrín a un transportador horizontal, helicoidal, para alimentación de los extractores.
- 3) Tanque de almacenaje para ácido clorhídrico construido de bronce con una capacidad de 8 m<sup>3</sup>. Este tanque contendrá el ácido clorhídrico de una concentración del 40-42% (d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,21), necesario para la hidrólisis del aserrín de álamo o sauce, y suficiente para dos operaciones. Se debe hacer notar que complementando este tanque debe poseer un medidor para ajustar la cantidad del ácido clorhídrico para una operación.
- 4) Bomba, para alimentar a los extractores de ácido clorhídrico que proviene del tanque de almacenaje (3). Debe ser una bomba construída con materiales resistentes al ácido clorhídrico concentrado. Los materiales resistentes van en hoja aparte. Una vez instalada se pueden emplear y ensayar dichos materiales.
- 5) Extractores. Como se ha indicado anteriormente son necesarios tres extractores construídos de bronce, cilíndricos, cada uno con una capacidad de (2) dos metros cúbicos, que hacen un total de 6 m<sup>3</sup>. Se debe recordar que en el primer extractor el ácido clorhídrico concentrado (40-42%) se encuentra con aserrín al que ya se ha hidrolizado. Los extractores tienen todo su equipo complementario, tales son:  
vidrio de observación, registro de temperatura, y fondo en tal forma para descargar la lignina en unos carros y el aserrín agotado en otros.
- 6) Bomba que tiene por objeto enviar la solución ácida-azucarada al eva-

porador de ácido clorhídrico. Debe ser construida con materiales resistente a la solución que bombea. No se insistirá sobre este tópico, ya que se ha dicho en (4).

- 7) Evaporador de ácido clorhídrico. La manera de trabajar de este aparato ya se ha descripto anteriormente y se acompaña un dibujo explicativo del mismo. Debe ser construido con material resistente a soluciones azucaradas y á ácido clorhídrico concentrado. Debe tener una capacidad de trabajo tal que tiene que evaporar alrededor de  $3m^3$ . de solución. Este evaporador, a tubos longitudinales, va acompañado de un condensador.
- 8) Tanque de recepción del ácido clorhídrico condensado. Construido de material resistente al ácido. Debe poseer una capacidad de alrededor de  $2,5m^3$ .
- 9) Bomba construida de material de bronce, con el objeto de enviar el ácido clorhídrico condensado y recibido en el tanque anterior, al tanque de almacenaje, para que vuelva a ser utilizado en una nueva operación.
- 10) Bomba construida de bronce, para alimentar al secador a pulverización, con la solución azucarada y que lleva ácido clorhídrico.
- 11) Calentador de aire. Destinado a calentar el aire que será utilizado en el secador a pulverización. Este aire será soplado por inyección y pulverizado, como se ha indicado en la descripción anterior.
- 12) Secador a pulverización. En páginas anteriores se describe la manera en que trabaja este aparato y además, se acompaña un dibujo explicativo donde se observa con mayor facilidad el recorrido de las soluciones.
- 13) Ciclón separador.
- 14) Bomba que tiene por objeto enviar las soluciones de azúcar obtenida por hidrolisis del aserrín, en los extractores, a los tanques de almacenajes previos a la fermentación.

#### VALVULAS:

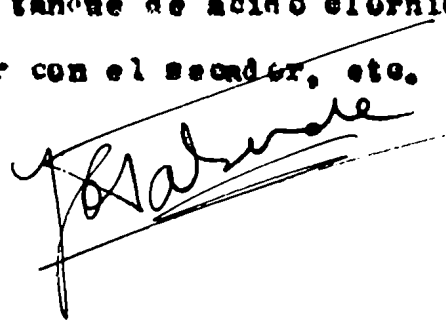
- 1) Válvula que permite el paso del ácido clorhídrico al 40-42% de concentrac

ción, para alimentación al primer extractor, en donde se encuentra con el aserrín de madera, que ya ha sido hidrolizado en la extracción anterior. Esta válvula debe estar construida de bronce, es decir resistente al ácido clorhídrico.

- 2) Válvula que permite la entrada del ácido clorhídrico concentrado al primer extractor. Debe ser de bronce.
- 3 y 4) Válvulas que dan entrada al ácido clorhídrico concentrado a los distintos extractores. Construida de bronce.
- 5) Válvula que permite la salida de la lignina.
- 6) Válvula que tiene por objeto permitir el paso de la solución ácida asucarada al evaporador del ácido clorhídrico.
- 7) Válvula que permite la entrada de los vapores de ácido clorhídrico a los condensadores. Debe observarse los materiales recomendados.
- 8) Válvula que deja salir el ácido clorhídrico del condensador. Debe ser de bronce.
- 9) Válvula que permite la entrada de la solución asucarada con algo de ácido al secador a pulverización.
- 10) Válvula que tiene por objeto enviar la solución asucarada al tanque de almacenaje.

Además se debe tener en cuenta las líneas de comunicación que existen entre los extractores entre sí, de estos al tanque de ácido clorhídrico y al evaporador. La línea que une al evaporador con el secador, etc.

-----000-----

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Sabido', is written over a set of parallel lines that form a signature strip.

- BIBLIOGRAFIA -

- A. W. SCHORGER - THE CHEMISTRY OF CELLULOSE AND WOOD
- L. K. WISE - FOOD CHEMISTRY
- ERNEST RIESENFELD - ANORGANISCHE CHEMIE (VIENNA)
- JUAN CARNEVALE - ANOBLES FORESTALS
- E. RICHIER - PAPIER FABR. (1913)
- Pablo KARRER - TRATADO DE QUIMICA ORGANICA
- VILBRANDT - CHEMICAL ENGINEERING PLANT DESIGN
- E. RIEGEL - CHEMICAL MACHINERY
- FRIDRICH BEFOVUS - Conversion of Wood to Carbohydrates and  
problems in the industrial use of Hydro-  
chloric Acid.  
- INDUSTRIAL ENGINEERING CHEMISTRY- 29-247-  
303 (1937)
- RATHAEL WATSON and  
DONALD F. OTMER - WOOD HYDROLYSIS, a Continuous.  
Process, Industrial Engineering CHEMISTRY. 34-314-322 (1943)
- HAGGLUND-BERGQVIST - Process for Wood Saccharification descri-  
bed. INDUSTRIAL ENGINEERING CHEMISTRY. 11, 3  
314-322 (1938)
- G. H. S. TUPHOLENE - GERMAN PLANT FOR PRODUCING ALCOHOL AND  
GLUCOSE, FROM WOOD INDUSTRIAL ENGINEERING  
CHEMISTRY NEWS EDITION. 12-121 (1934)