

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**DETERMINACION DEL LUGAR ECONOMICO PARA
LA UBICACION DE UNA PLANTA DE EXTRACCION
DE DIOSGENINA**

**CARLOS RUEDA PUGA
INGENIERO QUIMICO**

1 9 7 4



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 esta 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.

LIB _____ Tesi
DE _____
ECHA 1974
REC 4.7 289

286



MEXICO

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA.

PRESIDENTE: DR. FRANCISCO GIRAL GONZALEZ.
VOCAL: I.Q. HECTOR MANUEL LOPEZ HERRERA.
SECRETARIO: I.Q. EDUARDO ROJO Y DE REGIL.
PRIMER SUPLENTE: I.Q. JULIO CORDERO GARCIA.
SEGUNDO SUPLENTE: I.Q. JOSE LUIS PADILLA DE ALBA.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: DIVERSOS

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:



CARLOS RUEDA PUGA

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL

TEMA:

I.Q. HECTOR MANUEL LOPEZ HERRERA

A MIS PADRES.

A MIS MAESTROS.

A LOS SEÑORES:

ING. HECTOR M. LOPEZ HERRERA.

DR. FRANCISCO GIRAL GONZALEZ.

ING. EDUARDO ROJO Y DE REGIL.

Cuyos consejos e indicaciones permitieron dar forma al presente trabajo.

CAPITULOS:

- I.- INTRODUCCION.
- II.- GENERALIDADES.
- III.- DATOS ESTADISTICOS.
- IV.- ESTUDIO ECONOMICO.
- V.- DISEÑO DEL EQUIPO.
- VI.- CONCLUSIONES.
- VII.- BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION

La elección del lugar para la localización de una Planta Química, debe ser el resultado de un estudio técnico-económico comparativo entre los diferentes puntos en los cuales pueda ser situada.

Son muchos los factores que en ello intervienen, sin embargo, hay algunos predominantes, que son de hecho, los que deben determinar el lugar de ubicación, y el lugar elegido deberá ser aquel que permita reunir todos los elementos necesarios, al costo más económico posible.

El presente trabajo, tiene por objeto determinar las ventajas que existen en ubicar una Planta para la obtención de diosgenina en un lugar cercano a los centros de recolección de la materia prima básica.

La diosgenina es un producto que se obtiene por extracción con solventes orgánicos, de rizomas de especies mexicanas, que crecen en forma silvestre en los Estados de: Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Puebla y Guerrero, y es a su vez, materia prima básica para la obtención de productos esteroides de la importancia de la progesterona, testosterona, estrona, etc., de gran aplicación en la industria farmacéutica.

Cabe hacer notar, que la industria de los esteroides tiene especial importancia para nuestro país, ya que los productos obtenidos, como se verá más adelante, tienen un alto precio y gran demanda en el mercado mundial y ser México uno de los principales productores, lo que permite abastecer un alto porcentaje del consumo mundial de hormonas

Las Compañías que en México se dedican a la elaboración de productos esteroides son: Syntex, S.A., Searle de México, S. A. de C. V. Steromex, S. A., Diosynth, S.A. de C.V., Productos Químicos Naturales, y Beneficiadora e Industrializadora, S.A. de C.V., todas ellas a excepción de Productos Químicos Naturales, ubicadas en lugares cercanos al D.F.

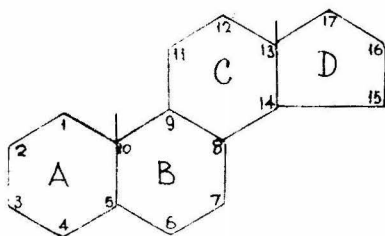
Esto, y que la diosgenina represente tan solo una pequeña proporción de la materia prima, es lo que ha hecho considerar la posibilidad ventajosa de acercar la producción de diosgenina a las zonas donde se obtiene la materia prima básica, eliminando en principio los gastos por concepto de transportación.

Desde luego será necesario considerar si la economía lograda al situar la Planta en la zona de recolección de la materia prima básica compensa con ventajas: los gastos para reunir el total de materiales necesarios para el proceso, los costos de servicios, mano de obra, transporte del producto a su lugar de destino, etc.

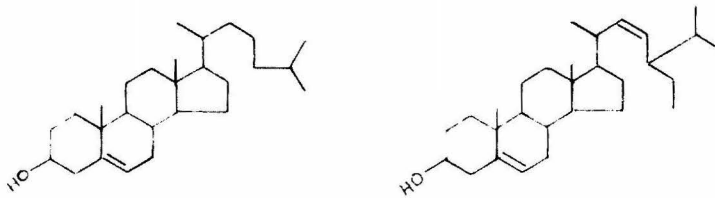
Para la elaboración del presente trabajo han sido tomados como base de referencia los datos oficiales publicados de 1960 a 1971.

GENERALIDADES

Los esteroides son moléculas orgánicas que se caracterizan estructuralmente por la presencia de un sistema ciclopentano-fenantreno. Son llamados así por estar relacionados y en mas de los casos ser derivados de los esterolés, los cuales son alcoholes cristalizados que se encuentran en la fracción insaponificable de los aceites de plantas y animales.



Estos alcoholes caracterizados por la presencia del sistema ciclico indicado, tienen un grupo oxhidrilo en la posición 3, además de una doble ligadura entre las posiciones 5-6, diferenciandose únicamente en la cadena lateral de la posición 17.



Las hormonas sexuales, tales como progesterona, testosterona y estrona, que en principio fueron aisladas de glándulas animales y de desechos residuales orgánicos como ovarios de marrana, testículos de toro y orina de yegua preñada, fueron posteriormente obtenidas a partir de los esteroides básicos naturales como el colesterol, por medio de una vigorosa oxidación de la cadena lateral.

Sin embargo, los bajos rendimientos y la necesidad de mayores cantidades de estos productos a precios más económicos, obligaron a continuar investigando, lo cual, permitió encontrar plantas que contenían sapogeninas esteroides, las que podían ser aisladas en forma relativamente fácil y que servían para la obtención de productos esteroides más elaborados.

Las sapogeninas esteroides difieren de los esteroides en la cadena lateral, que en aquellas, afecta a las posiciones 16, 22 y 26 y también, en que pueden presentarse con o sin doble ligadura entre las posiciones 5-6.

DIOSGENINA.-

De las sapogeninas esteroides, la más usada para la obtención de productos hormonales es la diosgenina debido básicamente a su disponibilidad, presentándose originalmente en forma de glucósido en algunas especies de dioscoreas, de las cuales es extraída.

Las especies del género *Dioscorea* más comúnmente usadas para la producción comercial de diosgenina son: *Dioscorea mexicana* (cabeza

de negro), *D. floribunda*, *D. composita* y *D. spiculiflora* (estas tres últimas conocidas con el nombre de barbascos), las cuales crecen abundantemente en estado silvestre en América Central. Otras especies de dioscoreas se producen en estado silvestre aunque en volúmenes bastante menores en India, China, Africa y Sudamérica.

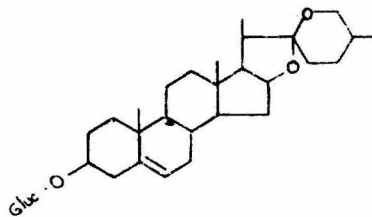
La posibilidad de utilizar una materia vegetal para la obtención de hormonas sintéticas fue debida a los estudios realizados por Russell Marker, mundialmente reconocido como investigador pionero en la rama de hormonas, quien sintetizó este tipo de productos a partir de una sustancia de origen vegetal y además descubrió en México una especie del género *Dioscorea* de la familia de las Dioscoreáceas llamada *D. mexicana*, conocida en Veracruz como "cabeza de negro" y que era rica en contenido de diosgenina; sustancia que posee una estructura nuclear de ciclopentanofenantreno semejante a la que tienen las hormonas esteroides y que puede ser sometido a toda gama de procesos químicos.

La importancia del descubrimiento de la diosgenina podrá valorarse al saber que su utilización permitió abatir el precio de la progesterona de \$ 80.00 dólares por gramo, que costaba en el año de 1943, a \$ 0.25 dólares en el año de 1954.

El anterior descubrimiento, colocó al país en situación muy ventajosa como factor en un avance de la ciencia, pues además, se descubrió que en México existía una zona en la costa del golfo en la cual crece la *D. composita* en estado silvestre a alturas no mayores

de 1000 m sobre la del mar en una abundancia cuya semejanza no ha duplicado la naturaleza en ninguna otra parte del mundo.

El contenido de diosgenina en el barbasco es variable (de 1 a 4 % de su peso seco), y según las leyes del país, está prohibida su exportación, y su venta al exterior, es permitida únicamente después de que es sometida a un número mínimo de procesos químicos.



DIOSGENINA

MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Numerosas patentes han sido publicadas sobre la extracción de diosgenina, pero todas ellas pueden quedar resumidas en dos métodos:

1.- Extracción alcohólica del glucósido seguida por una hidrólisis ácida y la separación de la sapogenina liberada por filtración o extracción con solvente.

2.- Por una hidrólisis ácida de la raíz, seguida de una extracción de la sapogenina con un solvente de la serie de los hidrocarburos.

En el primer método, la raíz de la *Dioscorea*, partida en pequeños pedazos y secada al aire, es finamente molida y extraída con alcohol metílico o etílico.

El extracto alcohólico filtrado, es concentrado a consistencia de jarabe, al cual es hidrolizado por calentamiento con ácido sulfúrico o ácido clorhídrico (2 a 4 N) por un periodo de 2 a 12 horas. La diosgenina precipitada, aproximadamente de 85 % de pureza, es filtrada y lavada con agua. Este material puede ser purificado por cristalización o procesarse en forma directa.

Este método es muy usado adoptando varias modificaciones para evitar la formación de gomas indeseables durante y después de la hidrólisis, una de esas modificaciones consiste en tratar la torta hidrolizada con cal u otro álcali con objeto de remover impurezas coloridas.

En el segundo método, la raíz secada y finamente molida es hervida a reflujo o calentada en una autoclave (recipiente a presión) con un ácido mineral de 2 a 4 N, por un tiempo variable de 2 a 6 horas.

La torta obtenida por filtración, es lavada con agua y solución de cal hasta punto neutro, secada y extraída en forma exhaustiva con

un solvente hidrocarburo; por ejemplo, heptano, en el cual la diosgenina cristaliza directamente en forma de finas agujas.

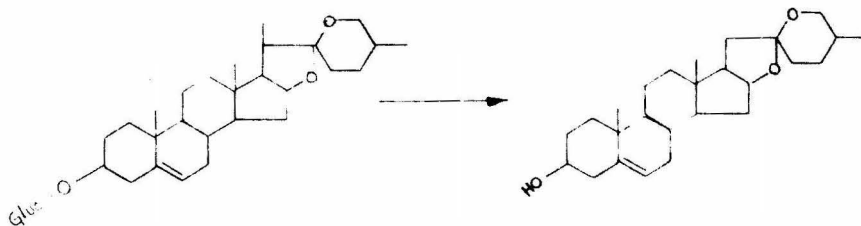
DESCRIPCION DEL PROCESO.-

Para la obtención de diosgenina en este trabajo, utilizaremos el segundo de los dos métodos mencionados, o sea, el que consiste en una hidrólisis ácida de la raíz, seguida de una extracción de la saponina con un solvente de la serie de los hidrocarburos.

El barbasco antes de la hidrólisis va precedido de un lavado, molido, fermentado y secado, proceso que normalmente es llevado a cabo en los llamados "beneficios de barbasco" que son los proveedores de esta materia prima.

Hidrólisis.-

La hidrólisis del barbasco tiene por objeto liberar el glucósido de la saponina y sustituirlo por un radical OH. Esta hidrólisis se efectúa con un ácido mineral (en cantidad para formar una solución de 2 a 4 N), a presión y a alta temperatura, durante un tiempo de 2 a 6 horas.



En la mayoría de los casos el tipo de glucósido se halla determinado, así tenemos por ejemplo, en la diosgenina de la Dioscorea tokoro:

Molécula de la saponina: $C_{45}H_{72}O_{16}$

Origen: Dioscorea Tokoro Makino.

Punto de fusión: $288^{\circ}C$

Sapogenina: diosgenina. $C_{27}H_{44}O_3$

Azúcares: 2 Ramnosa, 1 Glucosa.

En el ejemplo anterior se puede observar, que de la molécula de la saponina, al hidrolizarse, hay una pérdida de 18 átomos de carbón, 28 de hidrógeno y 13 de oxígeno, correspondientes a los azúcares formados, o sea, que de un peso de 868 correspondiente a la saponina, corresponde un peso de 416 a la sapogenina y 452 al glucósido. Además de los azúcares, algunos materiales, tanto orgánicos, como inorgánicos, llegan a solubilizarse y pasan con el agua de filtrado

FILTRACION.-

Al terminar su tiempo de reacción, la raíz hidrolizada es filtrada obteniéndose una torta ácida, lo que hace necesario resuspender la torta en agua alcalinizada con objeto de neutralizarla y dejarla en condiciones de ser secada.

SECADO.-

El secado tiene por objeto eliminar la humedad remanente en la torta después de su filtración y dejar la raíz en condiciones de que pueda ser extraída.

EXTRACCION.-

La extracción de la diosgenina con heptano, es una extracción exhaustiva, hasta lograr el agotamiento total de la raíz o el agotamiento económico de la misma. Por lo tanto, el sistema empleado consiste en reflujar la raíz con heptano y decantar después de darle un reposo con objeto de evitar lo más posible las partículas en suspensión.

CONCENTRACION.-

El extracto obtenido, es concentrado hasta un volumen de cristalización, recuperando en esta operación el heptano, que quedará en condiciones de ser usado nuevamente en posteriores extracciones.

CRISTALIZACION.-

Al alcanzar el volumen de cristalización, la diosgenina es enfriada en recipientes destinados para ello, hasta lograr la temperatura requerida para su filtración.

FILTRACION.-

Una vez lograda esta temperatura, la diosgenina es filtrada para obtener el producto en forma cristalizada.

SECADO.-

El producto obtenido en los filtros, es secado con objeto de eliminar el heptano que lleva impregnado, obteniéndose así un material que se encuentra en condiciones de ser usado en síntesis más elaboradas.

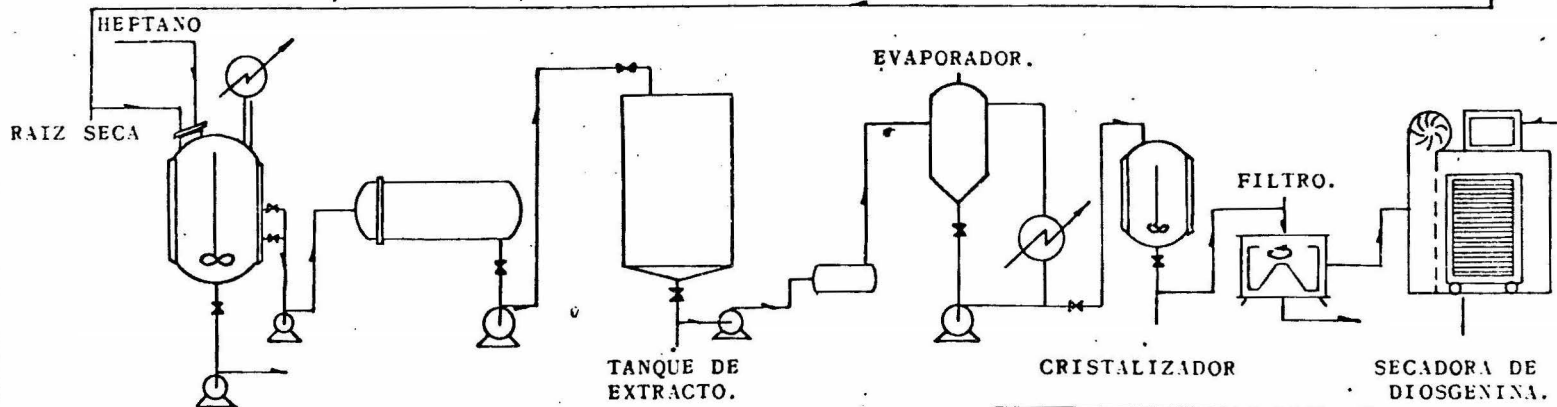
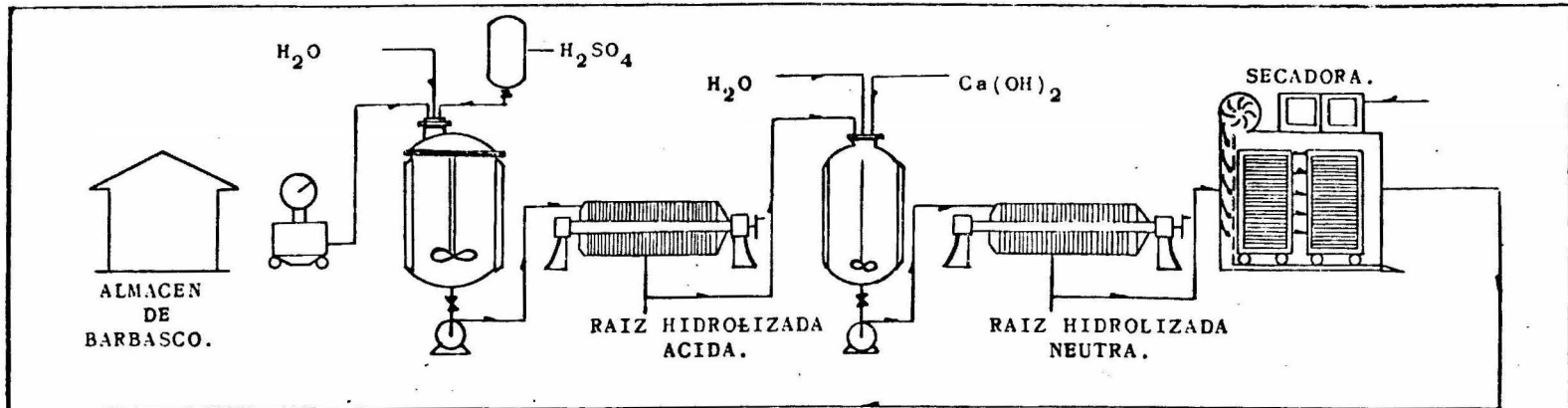


DIAGRAMA DE FLUJO

DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE
 EXTRACCION DE DIOSGENINA .
 TESIS PROFESIONAL.

Carlos Rueda P.

DATOS ESTADISTICOS.

TOMADOS DE LOS ANUARIOS DE LA PRODUCCION FORESTAL DE MEXICO

SUBSECRETARIA DE RECURSOS FORESTALES

PRODUCCION DE BARBASCO PARA EL AÑO DE 1960, EN LA REPUBLICA MEXICANA.

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 8 784 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	146 000	1.66
Oaxaca	2 029 000	23.09
Tabasco	225 000	2.56
Veracruz	6 384 000	72.67
Totales	8 784 000	99.98

1961

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 12 304 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	220 000	1.78
Oaxaca	2 950 000	23.97
Tabasco	300 000	2.43
Veracruz	8 834 000	71.79
Totales	12 304 000	99.97

1962

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 8 334 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	204 000	2.44
Oaxaca	2 160 000	25.91
Tabasco	80 000	0.95
Veracruz	5 890 000	70.67
Totales	8 334 000	99.97

1963

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 5 081 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	120 000	2.36
Oaxaca	1 431 000	28.16
Veracruz	3 530 000	69.47
Totales	5 081 000	99.99

1964

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 9 652 120 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	2 175 000	22.53
Oaxaca	1 350 000	13.98
Puebla	50 000	0.52
Tabasco	1 321 120	13.68
Veracruz	4 756 000	49.27
Totales	9 652 120	99.98

1965

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 14 100 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	3 790 000	26.87
Oaxaca	1 610 000	11.41
Puebla	550 000	3.90
Tabasco	4 600 000	32.62
Veracruz	3 550 000	25.17
Totales	14 100 000	99.97

1966

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 12 661 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	1 700 000	13.42
Guerrero	50 000	0.39
Oaxaca	1 735 000	13.70
Puebla	216 000	1.70
Tabasco	1 650 000	13.03
Veracruz	7 310 000	57.73
Totales	12 661 000	99.97

1967

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 10 355 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	1 900 000 Kg	18.34
Guerrero	100 000	0.96
Oaxaca	3 080 000	29.74
Puebla	225 000	2.17
Tabasco	1 200 000	11.58
Veracruz	3 850 000	37.18
Totales	10 355 000	99.97

1968

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 9 365 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	1 498 800	16.00
Oaxaca	2 400 000	25.62
Puebla	200 000	2.13
Tabasco	1 336 200	14.26
Veracruz	3 930 000	41.96
Totales	9 365 000	99.97

1969

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 6 728 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	1 338 000	19.88
Oaxaca	1 170 000	17.39
Puebla	375 000	5.57
Tabasco	1 200 000	17.83
Veracruz	2 645 000	39.31
Totales	6 728 000	99.98

1970

Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 11 205 960 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	2 144 960	19.14
Guerrero	50 000	0.44
Oaxaca	2 428 000	21.66
Puebla	400 000	3.56
Tabasco	550 000	4.90
Veracruz	5 633 000	50.26
Totales	11 205 960	99.96

1971

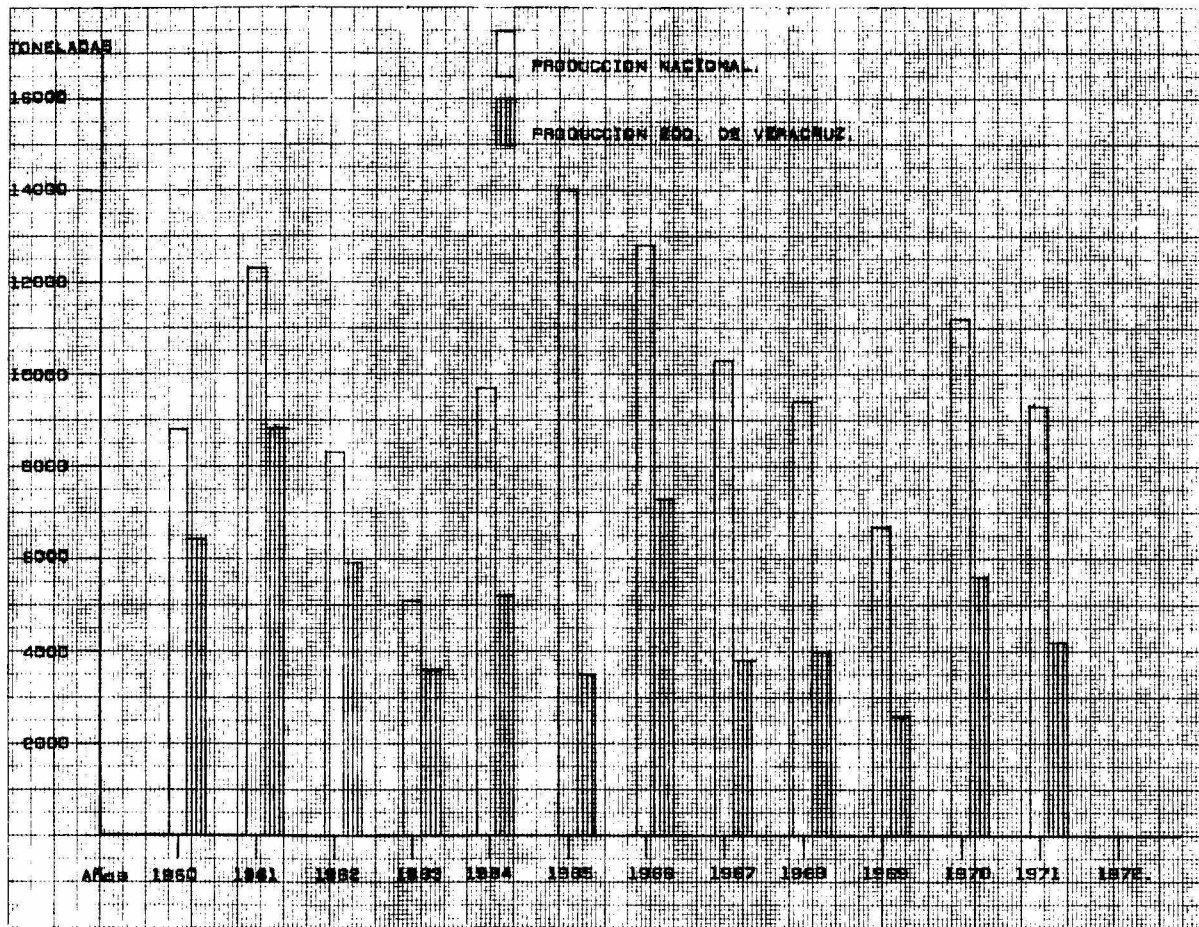
Producto: Rizoma

Especie: Barbasco

Cantidad: 9 275 000 Kg

PRODUCCION POR ESTADOS:

ESTADO	Kg	%
Chiapas	1 875 000	20.21
Oaxaca	1 965 000	21.18
Puebla	480 000	5.17
Tabasco	800 000	8.62
Veracruz	4 155 000	44.79
Totales	9 275 000	99.97



ESTUDIO ECONOMICO.

A continuación se transcriben algunas consideraciones que desde el punto de vista de la economía industrial es necesario observar y las cuales sirvieron de base para el análisis económico del presente estudio.

El problema de la localización se forma por el hecho de que determinados lugares geográficos presentan ventajas e inconvenientes para cada industria en particular, tanto desde el punto de vista de los recursos naturales que posee, como por las características sociales o ambientales que el hombre ha creado, todo lo cual constituye lo que se llama "los factores locacionales".

Estos "factores locacionales" pueden ser directos o indirectos; los primeros a su vez, se dividen en "factores que afectan a los costos de producción" y "factores que afectan a los ingresos" y los segundos se dividen en factores de "ambiente natural", "ambiente legal" y "ambiente social".

Al considerarse los "factores locacionales" deberá tenerse en cuenta su movilidad y tendencia de variación, pues unos, los naturales pueden quedar agotados a largo o corto plazo y los ambientales pueden variar en un lapso que afecte el futuro de la empresa.

La manera de calificar la influencia de estos factores, es determinar los gastos que su presencia en la Planta originan, por lo que en último análisis, el problema se concreta a fijar el costo de los transportes de los factores productivos, de su origen a la fábrica

y el valor de la transportación de los productos, subproductos y desechos, los dos primeros de la Planta al mercado y los últimos al lugar donde deban verse o aprovecharse en otra fase de la transformación industrial.

Es por ello, que la primera consideración a hacer en un proyecto de localización industrial, es la forma como se manifiestan los factores directos, que influyen en el costo de producción y venta.

De manera menos objetiva, pero no menos realista, los factores indirectos afectan una localización, por lo cual, su estimación suele ser más difícil y sus resultados podrán ser no tan aparentes e inmediatos como los factores directos que afectan el costo primo.

CONSIDERACIONES GENERALES DE LOCALIZACION.-

TRANSPORTES.- El transporte es fundamental porque normalmente los factores productivos se encuentran dispersos en dilatadas regiones, y en consecuencia, el problema locacional se reduce a elegir el emplazamiento donde la conjugación de esos transportes sea la menos onerosa, es decir, ponderar pesos por transportar y distancias por recorrer, todo lo cual constituye los primeros datos para una localización.

Elegida así la zona que nos permita el menor costo por motivos de transporte, es necesario considerar la forma en que se presentan con respecto a esa localización previa los diferentes factores productivos.

MATERIAS PRIMAS.- Desde el punto de vista de su origen, hay que recordar que la naturaleza ofrece materiales de carácter perecedero, los recursos no renovables, y otros de carácter revolvente, los recursos renovables, y su persistencia es la primera consideración a hacer, pues un yacimiento a punto de agotarse o con claras tendencias de obsolescencia es una causa de desaliento para la empresa, que indudablemente nulifica cualquier ventaja locacional derivada de su transporte.

FUENTES DE ENERGIA.- Las fuentes de energía de que se vaya a disponer es otra consideración importante a tomar en cuenta; en el pasado este factor fue de primera importancia y marcó una emigración y creación de la industria siguiendo los diversos suministros energéticos de que el hombre pudo disponer. Con la transmisión a larga distancia de la corriente eléctrica, cambió el marco de la distribución industrial, y la aparición de los combustibles minerales transformó una vez más la faz de la industrialización, sin embargo, la aparición de caminos difundió hasta hacer casi ubicua la fuente de energía y la localización por este factor perdió así mucho de su exclusividad, de modo que en la actualidad la provisión de combustibles está asegurada casi en todas partes donde hay medios de comunicación y ha dejado de ser un factor locacional.

AGUA.- Otro factor de importancia a considerar en un proyecto de localización es el agua, dada la multiplicidad de sus usos y la

necesidad de ella en algunos procesos; bien sea que se vaya a usar como parte del producto, por sus cualidades mecánicas o como conductora del calor, todo lo cual obliga a considerar su costo y modo de obtenerla en la cantidad y calidad requeridas.

FUERZA DE TRABAJO.- La mano de obra es obviamente factor muy importante en un estudio locacional, ya que no se trata de determinar su costo solamente, sino que hay muchos otros aspectos económicos y sociales que determinan su empleo; el hombre es sujeto activo y pasivo de la actividad industrial y a la vez que produce, consume, por lo cual, una concentración de población industrial es a la vez un mercado, ya que los salarios que se distribuyen, al dar a los obreros capacidad de compra forman intensas zonas de consumo y de utilización de servicios.

El factor de trabajo puede influir de varias maneras; por lo que a su retribución respecta, siempre hay que tener en cuenta que los niveles de salario son mayores en los grandes centros urbanos que en los pequeños poblados, aun cuando la organización laboral ha conseguido disminuir estas diferencias; pero lo que el empresario debe considerar, no es tanto el monto del salario, sino su rendimiento, por lo que toma importancia la determinación de la plusvalía relativa, más aun que la absoluta.

Para que la localización se oriente principalmente por el factor "fuerza de trabajo", es necesario que los ahorros provenientes

de los salarios para una localización elegida, sean mayores que los gastos de transporte de las materias primas a ese lugar.

Existen zonas de bajos salarios que han atraído a las industrias, por más, que a la corta o a la larga, esa característica llegue a perderse. Como consecuencia de lo anterior se empiezan a formar zonas de concentración industrial con mano de obra calificada, lo que sirve después de factor aglomerante a nuevas empresas que necesitan esa calidad de trabajo, de donde resultan centros urbanos constituidos casi totalmente por fábricas.

Entonces, podemos resumir diciendo que con excepción de las industrias predeterminadas en su localización, el asentamiento de la industria atendiendo como factor principal a la materia prima, se impone cuando el valor de los transportes de estos materiales es mayor que el costo de la transportación de la fuerza de trabajo o cualquier otro factor indirecto, lo que ocurre cuando el producto final está fuertemente ponderado por la materia prima y por su peso, volumen o condiciones de tránsito y es caro su transporte, es decir, cuando las materias primas son de baja densidad económica, razón que obliga a determinadas industrias que manejan grandes volúmenes de materia prima a instalarse cerca de los yacimientos que explota.

AMBIENTE NATURAL.— Está constituido por todas las propiedades físicas que afectan una localidad, tanto las que la naturaleza ha creado, como las que el hombre ha formado: la calidad del terreno, las comunicaciones, los transportes, el clima, y en general, todo aquello que

forma el marco geológico, ecológico y topográfico dentro del cual se desenvolverá la empresa. A este respecto hay que poner de relieve que el clima es muy importante, porque influye en muchos factores directos como el uso obligado de calefacción o clima artificial, obliga también a ciertos tipos de edificación que incrementan los costos de amortización, origina pérdidas al ocasionar enfermedades en el personal o por días no aptos para laborar etc.

AMBIENTE LEGAL.- Está formado por todo el cuerpo legislativo que afecta la actividad industrial directa e indirectamente; las leyes proteccionistas al comercio y a la industria así como las restrictivas; los reglamentos municipales que prescriben donde y cuando pueden funcionar ciertos servicios; las leyes y costumbres sindicales que rigen la realidad contractual entre obreros y patrones, las exenciones de impuestos y las barreras arancelarias, que facilitan o impiden el tráfico comercial y aun algunas que parezcan ajenas a la industria pero que vengán a reflejarse en algún aspecto del mercado, deben ser tenidas en cuenta.

AMBIENTE SOCIAL.- Los dos factores ambientales enumerados anteriormente, son hasta cierto punto definidos y objetivos y sus relaciones con la futura empresa son hasta cierto punto cuantificables, inclusive por su manifestación en los gastos y en los costos de producción, pero el ambiente social en que una industria va a desenvolverse, aspecto sin duda muy importante, quizá no se refleje en las erogaciones inmediatas de la empresa, pero está muy ligada a la situación

social que prive en el país, región, localidad o en el barrio donde se va a asentar una industria.

No se puede negar que el ambiente cultural, las diversiones o las costumbres forman un marco de gran valor que puede coadyuvar o no al éxito de la empresa.

El estado de la técnica local forma parte también de este ambiente que el empresario debe considerar, pues de él se derivan algunos aspectos particulares que se reflejan en su negocio; si ésta es avanzada, contará con mercado de ventas y aprovisionamiento en mayor escala que si fuera incipiente; si existe una concentración industrial, existirá una oferta de mano de obra calificada y un criterio definido respecto a su valor.

De acuerdo a lo anteriormente escrito, se procederá a analizar los factores locacionales, tanto directos como indirectos de nuestro problema particular y a la determinación del factor locacional predominante, en función del cual se harán las posteriores consideraciones.

Apoyándonos en los principios económicos anotados, debemos considerar que en nuestro caso el producto final está fuertemente afectado por las cantidades y volúmenes de materia prima y por ser el barbasco un material de baja densidad económica deberá ser el factor locacional predominante.

MATERIAS PRIMAS.- Las materias primas para la fabricación de diosgenina son:

- 1.- Barbasco.
- 2.- Heptano.
- 3.- Acido sulfúrico.
- 4.- Cal.

de cada una de las cuales se hará un pequeño estudio.

BARBASCO.- Observando la producción del rizoma en los Estados productores de la República Mexicana, no solo se justifica, sino que por su capacidad de producción, una Planta de esta naturaleza deberá estar situada en el Estado de Veracruz, por lo cual se procederá a estudiar específicamente este Estado y sus lugares productores.

A continuación anotaremos en forma de lista los municipios del

Estado de Veracruz que a partir de 1960 son reportados como productores de barbasco; su persistencia como productores, su producción y su tendencia, nos permitirán algunas conclusiones para nuestro objetivo.

MUNICIPIO	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
ACATLAN		x										
ACAYUCAN	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALTOTONGA										x	x	
A. DE REYES		x	x	x							x	x
ATOYAC										x		x
CATEMACO	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
COATZACOALCOS				x								
COLIPA												x
CORDOBA	x										x	
COYUTLA						x	x	x	x	x	x	x
ESPINAL						x	x	x	x	x	x	x
HIDALGOTITLAN							x	x		x	x	x
JALAPA			x	x	x							
J. CARRANZA						x				x	x	x
J. RODRIGUEZ CLARA							x			x		x
LAS CHOAPAS									x	x	x	x
M. DE LA TORRE	x				x							
MECAYAPAN							x					
MINATITLAN	x	x	x	x	x			x			x	x
MISANTLA												x
PAJAPAN									x	x	x	

MUNICIPIO	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
PAPANTLA			x	x	x	x	x	x		x	x	x
PASO DEL MACHO									x			
PLAYA VICENTE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
POZA RICA					x	x	x	x	x	x	x	x
SN. A. TENEJAPA							x					
SN. A. TUXTLA	x					x		x	x	x	x	x
SN. J. EVANGELISTA		x								x	x	
TEMPOAL											x	
TEMAPALHE		x										
TESECHOACAN	x	x	x	x	x	x	x	x				
TLACOTALPAN	x	x	x									
TLAPACUYAN		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TLAQUILPA							x					
TEZUNAPA							x			x	x	x
ZONGOLICA	x	x			x		x	x	x	x	x	

Como podemos observar, a partir de 1960 a la fecha algunos de los municipios aparentemente han dejado de producir, o por alguna razón han dejado de ser explotados, algunos otros aparecen reportados tan pocas veces o en una forma tan irregular, que no permiten sean considerados para el objeto de nuestro estudio.

De los reportados como productores, podemos considerar como los más persistentes los municipios de:

Acayucan

Catemaco

Minatitlán

Papantla

Playa Vicente

San Andrés Tuxtla

Tesechoacan

Tlapacoyan

Zongolica

Y además, deben ser considerados algunos como:

Coyutla

Espinal

Poza Rica

Que si bien no aparecen como productores hasta 1964 Poza Rica y hasta 1965 Coyutla y Espinal, no han dejado de ser reportados como tales hasta la fecha.

La persistencia como productores, nos hace pensar que en estos lugares encuentra el barbasco posiblemente las mejores condiciones para su reproducción y desarrollo.

Si observamos un mapa del Estado de Veracruz podremos darnos cuenta que por su ubicación y cercanía los municipios anteriormente mencionados podemos agruparlos o dividirlos en dos grupos o zonas.

GRUPO I:

Coyutla

Espinal

Papantla

Poza Rica

Tlapacoyan

Cuyos municipios se encuentran en la Zona Norte del Estado.

GRUPO II:

Acajucan

Catemaco

Minatitlán

Playa Vicente

Tesechoacan

Cuyos municipios se encuentran en la Zona Sur del Estado.

Una vez determinadas estas zonas, procederemos a determinar su capacidad de producción, que es un factor importante en la determinación del lugar de ubicación.

Con objeto de poder establecer comparaciones sin ventajas para alguna de las zonas determinadas, reportaremos a continuación datos de la producción de barbasco a partir de 1965 en que empiezan a reportar municipios como Poza Rica, Coyutla y Espinal que corresponden a la Zona Norte del Estado.

Los porcentajes reportados corresponden al % de la producción total del Estado, para el año correspondiente.

1965

Zona Norte:		Zona Sur:	
Coyutla	1.41 %	Acayucan	29.72 %
Espinal	2.81	Catemaco	5.63
Papantla	15.49	Minatitlán	
Poza Rica	5.63	Playa Vicente	23.23
Tlapacoyan	4.50	San A. Tuxtla	5.63
	<hr/>	Tesechoacan	4.21
	29.84 %		<hr/>
			68.42 %

1966

Coyutla	2.05 %	Acayucan	17.10 %
Espinal	5.88	Catemaco	10.94
Papantla	6.83	Minatitlán	0.68
Poza Rica	6.15	Playa Vicente	31.94
Tlapacoyan	2.73	San A. Tuxtla	
	<hr/>	Tesechoacan	3.42
	23.64 %		<hr/>
			64.08

1967

Zona Norte:

Coyutla	3.89 %
Espinal	7.79
Papantla	11.16
Poza Rica	3.89
Tlapacoyan	9.09
	<hr/>
	35.82 %

Zona Sur:

Acayucan	2.07 %
Catemaco	6.49
Playa Vicente	38.18
San A. Tuxtla	7.04
Tesechoacan	2.60
	<hr/>
	56.38 %

1968

Coyutla	2.54 %
Espinal	6.36
Papantla	
Poza Rica	8.40
Tlapacoyan	11.45
	<hr/>
	28.75 %

Acayucan	9.92 %
Catemaco	7.60
Playa Vicente	22.90
San A. Tuxtla	10.43
Tesechoacan	
	<hr/>
	50.88 %

1969

Zona Norte:

Coyutla	3.78 %
Espinal	3.02
Papantla	3.78
Poza Rica	1.89
Tlapacoyan	13.23

25.70 %

Zona Sur:

Acayucan	8.69 %
Catemaco	-
Playa Vicente	20.79
San A. Tuxtla	7.56
Tesechoacan	-

37.04 %

1970

Coyutla	2.66 %
Espinal	7.98
Papantla	4.43
Poza Rica	11.89
Tlapacoyan	4.79

31.75 %

Acayucan	13.13 %
Catemaco	1.77
Minatitlán	1.95
Playa Vicente	9.35
San A. Tuxtla	2.21
Tesechoacan	-

28.41

1971

Zona Norte:

Coyutla	2.40 %
Espinal	6.01
Papantla	2.40
Poza Rica	7.21
Tlapacoyan	8.42

26.44 %

Zona Sur:

Acayucan	13.47 %
Catemaco	1.20
Minatitlán	8.06
Playa Vicente	4.33
San A. Tuxtla	3.60
Tesechoacan	-

30.66 %

La anterior comparación nos permite determinar:

- a).- Que si bien, a los municipios de la Zona Norte corresponde un elevado porcentaje de la producción del Estado, esta es superada, a excepción del año de 1970, por los municipios de la Zona Sur.
- b).- A partir de 1968, Tesechoacan, que era uno de los municipios que se había caracterizado por su persistencia, dejó de producir o de ser reportado como tal, pero a partir del mismo año, han sido reportados como productores persistentes algunos lugares que nos permiten considerar que aún no ha llegado la hora de obsolescencia a esta Zona.

Sin embargo, será la necesaria consideración de una serie de factores, lo que nos permita llegar a una conclusión, entre otros, como ya hemos mencionado: vías de comunicación, mano de obra, servicios, clima, permisos, etc.

HEPTANO.- Es de las materias primas, en orden de importancia y capacidad de consumo, la que sigue al barbasco.

Es un hidrocarburo saturado, homólogo superior del metano, de peso molecular 100, punto de fusión - 90.5°C, punto de ebullición 98.4°C peso específico a 20°C, 0.6837, insoluble en agua y es obtenido por destilación fraccionada del petróleo. En México, es producido por Petróleos Mexicanos en la refinería de Minatitlán, Ver. y de la cual es enviada a los centros de consumo.

Debe hacerse resaltar, que el hecho de que el heptano sea producido por la refinería de Minatitlán, constituye una ventaja más para el Estado de Veracruz y específicamente para la Zona Sur.

ACIDO SULFURICO Y CAL.

Estos reactivos, siguen en orden de importancia como materias primas. Pero podemos considerar que no son factores determinantes para la ubicación, tanto por su capacidad de consumo, como por su función en el proceso, ya que la cal es utilizada únicamente para neutralizar la acidez de la rafz hidrolizada ácida y el ácido sulfúrico para ayudar a la hidrólisis en el proceso y el cual puede ser sustituido por un ácido mineral.

Lo anterior, tan solo se anota por si por alguna causa no fuera posible reunir estos materiales. Pero según fuentes informativas, existen dos plantas productoras de ácido sulfúrico en Minatitlán y una en Coatzacoalcos.

SALARIOS.- Aunque anteriormente se dejó asentado que en nuestro caso particular el factor locacional predominante es la materia prima, se anotan a continuación los salarios mínimos que registrarán, de acuerdo a la Ley Federal del Trabajo, edición 1972, en los lugares objeto de nuestro estudio para dar una idea del nivel económico de vida y al mismo tiempo hacer notar que en función de los salarios no hay un lugar que por su bajo nivel, pudiera permitir una inclinación como lugar de ubicación, ya que a excepción de dos municipios (cuyo salario se eleva sobre los demás) el resto de los municipios no guardan entre sí, ninguna diferencia en este aspecto.

	General	Campo
Coyutla	\$ 34.60	\$ 29.00
Espinal	34.60	29.00
Papantla	34.60	29.00
Poza Rica	-37.50-	-30.00-
Tlapacoacán	33.25	28.00
Acayucan	34.60	29.00
Catemaco	34.60	29.00
Minatitlán	-41.60-	-33.35-
Playa Vicente	34.60	29.00
San A. Tuxtla	34.60	29.00
Tesechoacan	34.60	29.00

VÍAS DE COMUNICACION.- Observando un mapa de vías de comunicación, podemos darnos cuenta que ambas zonas se encuentran bien comunicadas entre sí, y con la Capital de la República, sin embargo, existe una mayor facilidad de comunicación entre los municipios de la Zona Sur, ya que de los seis mencionados, San Andrés Tuxtla, Catemaco, Acayucan y Minatitlán se encuentran comunicados por la carretera federal 180 (carretera principal), y Playa Vicente y Tesechoacan se comunican por carretera revestida, entroncando con la carretera principal a la altura de la región de los Tuxtlas. Además de lo anterior, se puede observar que al llegar a Acayucan, la carretera federal 180 se divide, continuando por un lado hasta Coatzacoalcos (Golfo de México), y por otro comunica a Acayucan con el Pacífico (Golfo de Tehuantepec), por la carretera federal 185.

SERVICIOS (AGUA Y ENERGIA ELECTRICA).-

En lo que a servicios de agua y energía eléctrica respecta, consideramos que en general el Estado de Veracruz se encuentra suficientemente bien estudiado, y que lo anterior, no constituye ningún problema, ya que las industrias establecidas constituyen una garantía a este respecto.

CLIMA.— El clima predominante en las planicies del Estado, es húmedo templado y húmedo tropical, a excepción de las llanuras de Sotavento y las de Perote.

Las zonas Veracruzanas de altitud sobre el nivel del mar, menor a los 800 m, tienen un clima tropical, este tipo de clima es dominante desde Coatzacoalcos.

Lo anterior es muy importante para nosotros, ya que si observamos las altitudes de los lugares productores de barbasco (las que a continuación se reportan), podremos notar que todas ellas se encuentran a una altitud menor a los 800 m. y por tanto, podemos considerar que en función de su altitud, todos tienen el mismo tipo de clima.

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR:

Coyutla	248 m
Espinal	232
Papantla	298
Poza Rica	90
Tlapacoyan	504
Acayucan	158
Catemaco	398
Minatitlán	64
Playa Vicente	95
Tesechoacan	103
San A. Tuxtla	361

y lo anterior, se puede comprobar en el cuadro climatológico tomado de los libros de INFORMACION GENERAL DEL ESTADO DE VERACRUZ, en el capitulo de Datos Geográficos y Físicos:

"PROMEDIOS DE OBSERVACIONES DE LAS ESTACIONES Y OBSERVATORIOS DE LA RED DEL SERVICIO METEOROLOGICO DE LA ENTIDAD"

ESTACION	CLASIFICACION	TEMPERATURAS		
		MAX.PROM.	MIN.	MEDIA
Coatzacoalcos	Termopluviométrico	33.7	17.9	24.9
Minatitlán	"	35.4	13.9	26.2
Papantla	"	33.7	17.6	25.9
Playa Vicente	"	32.3	16.2	23.9
San A. Tuxtla	"	35.6	16.6	24.9

Entre otras, las anteriores estaciones fueron tomadas por ser lugares productores de barbasco, y aunque entre ellos sólo aparece un municipio de la zona norte, se puede comprobar que a pesar de la distancia entre ambas zonas, corresponden a los lugares productores de barbasco, temperaturas muy similares y en algunos casos iguales.

DETERMINACION DEL LUGAR DE UBICACION:

Una vez expuestos algunos de los factores determinantes para el lugar de ubicación de la Planta, procederemos primero a determinar la zona y posteriormente el lugar de la misma, que por sus ventajas pueda ser considerado como el más apropiado para nuestro objetivo.

Aunque en algunos aspectos existe mucha similitud entre ambas zonas, como por ejemplo: clima, salario mínimo, vías de comunicación, etc. la Zona Sur cuenta con algunas ventajas que la colocan como el lugar más apropiado, entre otras por ejemplo:

- a).- Capacidad de producción de barbasco.
- b).- Calidad (contenido de diosgenina).
- c).- Heptano (es producido exclusivamente por la Refinería de Minatitlán).
- d).- Campos experimentales.
- e).- Que los municipios productores se encuentran mejor comunicados entre si.

Por tanto, el lugar de ubicación deberá corresponder al Municipio de la Zona Sur (Acayucan, Catemaco, Minatitlán, Playa Vicente, Tesechoacan, San Andrés Tuxtla), que ofrezca las mejores condiciones para nuestro objeto. Por tanto, procederemos a hacer algunas consideraciones con el fin de llegar a una conclusión.

Como podrá observarse, desde el punto de vista industrial, el más importante de los municipios mencionados es Minatitlán. Las industrias ya establecidas, sus vías de comunicación (puerto aéreo), la facilidad de obtener mano de obra calificada, sus instalaciones eléctricas y una serie de factores menos objetivos hacen pensar en este lugar como el más seguro para la instalación de una planta química; sin embargo, hay algunas razones que indican que no es precisamente el más adecuado desde el punto de vista económico, entre otras:

a).- Que Minatitlán, no sólo tiene el salario mínimo más alto de la zona, sino que es uno de los municipios con salario mínimo más alto del Estado. Lo anterior, no sólo afecta la nómina de una Compañía, sino que se refleja en el nivel económico general del lugar.

b).- Que las ventajas que como lugar puede ofrecer Minatitlán, no justifican la diferencia económica.

Eliminado Minatitlán, quedan como posibles lugares los municipios de Acayucan, Catemaco, San Andrés Tuxtla, Playa Vicente y Tesechoacan; los tres primeros comunicados por la carretera principal 180, y los dos últimos comunicados entre sí por caminos revestidos y entroncando con la carretera 180 por carretera de "interés regional" a la altura de la región de los Tuxtlas.

Siendo, como antes mencionamos, la colección de barbasco el factor principal, debemos considerar la importancia de las vías de comunicación y la facilidad de acceso a los lugares productores. Desde este punto de vista, el lugar adecuado para nuestro objetivo deberá situarse en alguno de los puntos comunicados por la carretera federal 180 ya que Tesechoacan y Playa Vicente (el mejor productor de la zona), tienen el inconveniente de estar comunicados por caminos de los llamados de "interés regional", y no debe descartarse la posibilidad de que en algún momento se dificulte el acceso a estos lugares por esos caminos.

Una vez eliminados Playa Vicente y Tesechoacan, quedan ya sólo los municipios de Acayucan, Catemaco y San Andrés Tuxtla. Para la elección final, será necesaria la consideración de los llamados factores ambientales, ya antes mencionados, así como la de algunos otros aspectos menos tangibles pero igualmente importantes.

De los factores ambientales, en lo que respecta a ambiente natural y ambiente legal, podemos considerar que son prácticamente iguales, ya que el hecho de formar parte del mismo Estado los sujeta a las mismas imposiciones y restricciones de carácter legal, y la cercanía entre ellos, no establece prácticamente ninguna diferencia en cuanto a clima, topografía, etc.

En lo que se refiere al ambiente social, será necesario considerar las ventajas, que como lugar, ofrezcan los posibles puntos de ubicación, tales como: escuelas, diversiones, mercados, servicios (postal, telegráfico, etc.) así como la consideración del resto de materias primas, ya que si bien es cierto que el barbasco es el factor locacional determinante, se debe considerar que no es el único. Además, se debe tomar en cuenta, la conveniencia de la fácil y rápida comunicación con el D.F., no tan sólo para transportar la diosgenina, sino para obtener con la mayor rapidez posible: accesorios, refacciones, documentos, etc., tan comúnmente requeridos en la industria. Aún sin tener los últimos datos a este respecto, por los datos obtenidos de las fuentes informativas, podemos considerar que tanto

Acayucan como San Andrés Tuxtla, se encuentran a un mismo nivel social y económico, y que tanto uno, como otro, podrían servir como punto de nuestro objeto.

Sin corresponder a datos de actualidad, en el "Compendio Estadístico del Estado de Veracruz", encontramos que en ambos lugares existen escuelas secundarias, bancos, teléfonos, estaciones de radio, delegaciones de la Cruz Roja, y hospitales con área de influencia extendida a otros municipios. Por ejemplo: en Acayucan el Hospital General Miguel Alemán, área de influencia: Texistepec, Sayula, San Juan Evangelista, Oluta, Soconusco y el propio municipio de Acayucan. En San Andrés Tuxtla, Hospital Leonardo Peña: área de influencia: Angel R. Cabada, Tesechoacan, Hueyapan de Ocampo, Catemaco, Mecayapan, Sotzapán y el propio municipio de San Andrés Tuxtla.

Lo anterior se anota para dar una idea de la importancia de estos dos municipios sobre sus alrededores, aunque lo más probable es que lo anterior ya no corresponde a la actualidad ya que alguno de los lugares mencionados se han superado, pero en esa misma proporción se han superado también Acayucan y San Andrés Tuxtla.

Por lo anteriormente anotado, podemos considerar que tanto Acayucan, como San Andrés Tuxtla reúnen los requisitos necesarios para nuestro objetivo y que la elección final, estará determinada por factores menos tangibles pero igualmente importantes, entre otros:

a).- La mayor facilidad (rapidez) de comunicación con el D.F.

b).- La importancia de la cercanía con un lugar como Minatitlán, desde el punto de vista industrial, social y comercial.

Es decir, la elección final está determinada por la cercanía existente con el lugar más importante de la zona, desde los puntos de vista mencionados.

Por tanto, la conclusión de nuestro estudio es que, el lugar más adecuado para la ubicación de la Planta, es el municipio de Acayucan, Ver.

CONSIDERACIONES ECONOMICAS:

El hecho de que la diosgenina sea tan sólo un paso intermedio en la elaboración de productos esteroides, y producto de consumo de las propias Compañías que la elaboran, no permite fácil acceso a la información de carácter contable necesaria para establecer comparaciones de tipo económico. Por tanto, se apoyará la conveniencia del presente estudio, en consideraciones objetivas, pero suficientemente claras como para establecer las ventajas existentes, como por ejemplo: La equivalencia de transporte entre barbasco y diosgenina, es decir, la economía que podría lograrse, si en vez de transportar barbasco de los centros productores al D.F., transportáramos diosgenina, tomando como base de referencia los datos reales de un viaje de barbasco de los lugares productores al D.F., y dimensiones y pesos, de envases de una Compañía elaboradora de productos esteroides.

DATOS Y DIMENSIONES DE TRANSPORTE Y CARGA DE BARBASCO:

Dimensiones del camión:

Largo: 5.21 m

Ancho: 2.34 m

Alto: 1.79 m

Número de costales: 180

Peso bruto: 8035 Kg

Peso de la costalera: 180 Kg (aproximadamente 1 Kg por costal)

Peso neto de barbasco: 7855 Kg

Considerando un 5.5 % de eficiencia en el proceso determinamos la cantidad de diosgenina obtenida

$7855 \times 0.055 = 432$ Kg de diosgenina

Cañete de cartón:

Diámetro: 40 cm

Altura: 70 cm

Peso de cañete: 3.62 Kg

Peso promedio de diosgenina por cañete: 20 Kg

DATOS CALCULADOS:

Con objeto de hacer coincidir las dimensiones del camión con los cañetes, se ha variado la altura de los cañetes y calculado la cantidad aproximada de diosgenina que cabría en ellos, tomando como base los datos reales anteriores.

Diámetro: 40 cm

Altura: 60 cm

Peso de cañete 3.1 Kg

Peso promedio de diosgenina por cuñete: 17.3 Kg

En este camión, cabrían tres niveles de cuñetes de 75 cuñetes cada nivel, por tanto:

$$75 \times 3 = 225 \text{ cuñetes}$$

Peso de diosgenina transportada: $225 \times 17.1 \text{ Kg} = 3860 \text{ Kg}$

Peso de cuñetes: $225 \times 3.1 = 697.5 \text{ Kg}$

Por lo que:

Para transportar la cantidad de barbasco que produciría tal cantidad de diosgenina, serían necesarios:

$$3860/432 = 8.93 \text{ viajes del mismo camión.}$$

Es decir, una Compañía que procesara 180 toneladas mensuales de barbasco, si utilizara el mismo camión y con base en los datos anteriores, si en lugar de transportar barbasco, transportara diosgenina, lograría una economía aproximada de 20 viajes mensuales.

DISEÑO DEL EQUIPO.

PARA UNA PLANTA CON CAPACIDAD DE EXTRACCION DE 6 TONELADAS DE
BARBASCO /DIA

Como complemento al estudio económico, se procederá a calcular el equipo de proceso necesario para una planta productora de diosgenina, con una capacidad de producción de seis toneladas de barbasco por día, trabajando días de 24 horas, dividido en turnos de 8 horas. Tomando en cuenta el bajo rendimiento de este proceso, es recomendable para objeto de control, formar lotes de una tonelada y calcular el equipo de acuerdo a las necesidades de producción y al tiempo requerido en cada fase del proceso.

Las operaciones que durante el ciclo se llevan a cabo son: Hidrólisis, filtración, secado, extracción, concentración, cristalización, filtración y secado.

HIDROLISIS.- Por las condiciones bajo las cuales se efectúa la reacción (medio ácido, presión y alta temperatura), será necesario equipo a prueba de corrosión, y las dimensiones, o capacidad del mismo, la determina el volumen ocupado por la mezcla barbasco-agua-ácido.

La cantidad de agua, será la necesaria para formar una suspensión homogénea y fácil de agitar, y la cantidad de ácido, será la requerida para formar una solución 2 N, de acuerdo con las técnicas de proceso.

Para determinar la capacidad del reactor, se hicieron pruebas, con objeto de determinar el volumen que ocupa la mezcla, habiéndose

utilizado para ello, diferentes cantidades de barbasco, haciendose variar las cantidades de agua y ácido, pero manteniendo siempre la normalidad indicada. Se encontró que una relación de \pm 2.3 litros de agua por Kg de barbasco, permiten lograr las condiciones requeridas.

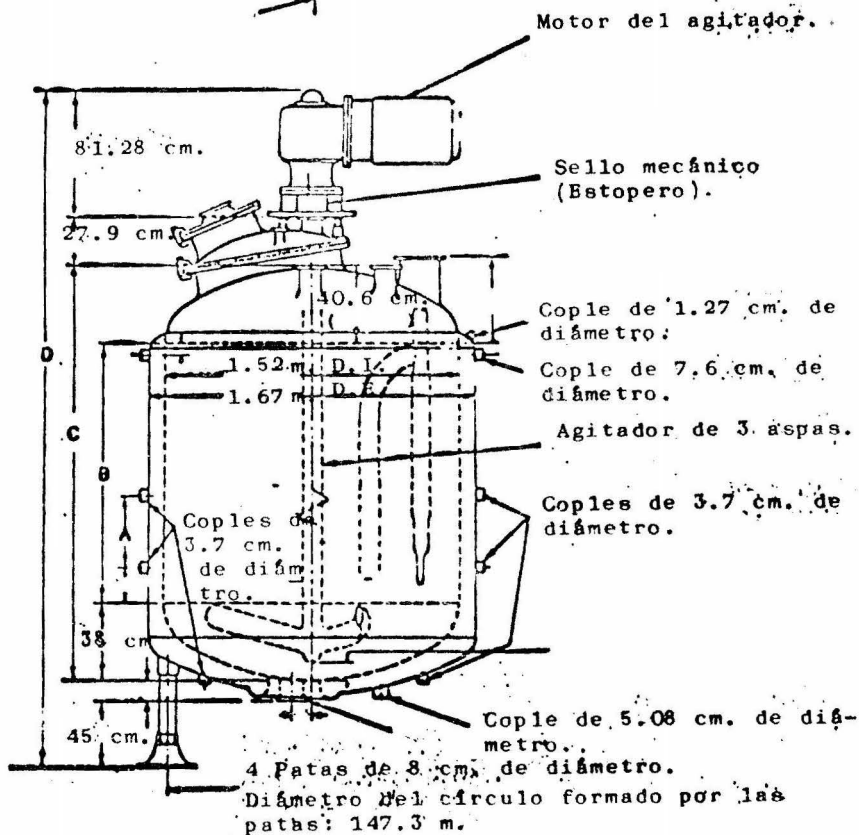
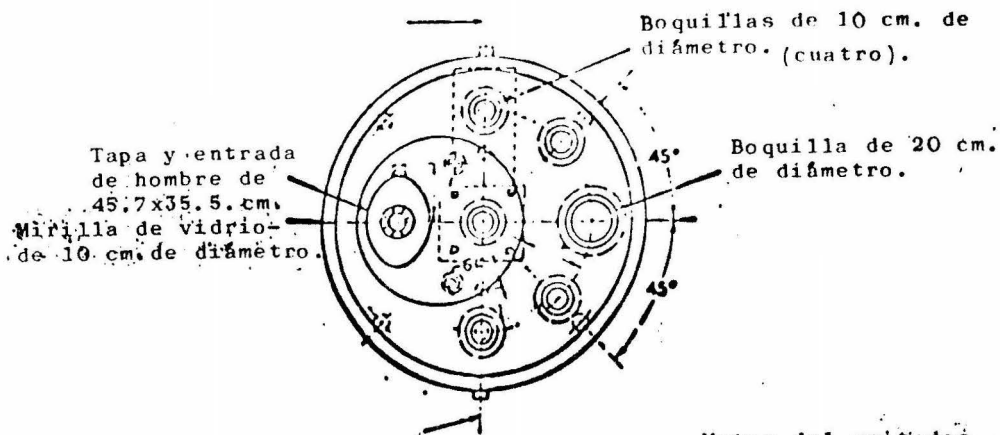
Por tanto, para una tonelada de barbasco, serán necesarios 2,300 l de agua, y para este volumen se calculó la cantidad de ácido para lograr la normalidad indicada. Determinandose que para una solución 2N, de acuerdo con el volumen empleado, serán necesarios 133 l de ácido sulfúrico.

La mezcla barbasco-agua-ácido, de acuerdo con las cantidades anotadas, ocupa un volumen de \pm 3.1 litros por cada Kg de barbasco.

O sea, que la mezcla de una tonelada de barbasco, ocupará un volumen aproximado de 3,100 litros.

Para las necesidades de nuestro proceso, podemos considerar que los reactores Pfaudler reúnen los requisitos necesarios, pudiendo encontrar en los manuales de construcción de esta casa, la información técnica necesaria a cerca del equipo que más se ajusta a nuestros requerimientos en esta fase del proceso.

En el boletín SP 1970 "GUIA PARA EL COMPRADOR" encontramos en la pag. 4: REACTORES DE LINEA DE ACERO VIDRIADO GLASTEEL Y ACERO INOXIDABLE de diferentes capacidades, y el que más se ajusta a nuestras necesidades particulares es el reactor Serie RA 60 de 1000 galones



-DIMENSIONES-

		A	B	C	H I C R O L I Z A D O R	
					T E S I S P R O F E S I O N A L	
RA 60	750	-	-	-	Carlos Rueda P.	
	1000	50.8 cm.	1.82 m.	2.59 m.	4.225 m.	

de capacidad, y del cual damos a continuación sus dimensiones y especificaciones.

MATERIAL: Acero vidriado, con chaqueta de una sola pieza, todo soldado.

ESPECIFICACIONES:

Capacidad de trabajo: 1000 Gal

Capacidad de la chaqueta: 171 Gal

Area de calentamiento: 122 ft²

Presión interna de diseño: 100 psi

Presión de diseño de la chaqueta: 90 psi

Para nuestra capacidad de producción, en esta fase del proceso serán necesarios dos reactores de las dimensiones anotadas, y en los que de acuerdo a las técnicas de elaboración, se darán 2 h de reacción, después de las cuales la raíz hidrolizada quedará en condiciones de ser filtrada.

Todo el equipo de proceso, al igual que los dos reactores, será calculado no sólo para lograr la producción fijada, sino para en caso de necesidad, aumentar la producción en un 20 %.

FILTRACION.-

La raíz hidrolizada aumenta con relación al barbasco aproximadamente 1.8 : 1 en peso, por lo que, de acuerdo a la densidad aparente, el volumen de raíz hidrolizada por Kg de barbasco, es de 1.5 litros. Por tanto, para nuestro caso particular, sería necesario un filtro

de más o menos 1500 litros de capacidad.

Podemos encontrar para esta capacidad en manuales de construcción, prensas de 55 pies³, con marcos de 43 1/4" de tamaño, 32 placas, con una área total de filtración de 662 pies² y una presión de trabajo de 65 psi, que consideramos se adaptan perfectamente a nuestras necesidades.

Por estar sujeto cada lote a dos filtraciones, una ácida y una neutra, serán necesarias dos prensas de las dimensiones mencionadas, que nos permitirán trabajar desahogadamente y al mismo tiempo mantener el margen de expansión considerado.

TANQUE NEUTRALIZADOR.-

Recipiente cilíndrico vertical, de 2.70 m de alto por 1.80 m de diámetro, de fierro de 1/8" de espesor, con recubrimiento interior anticorrosivo, tapa plana y tolva de carga. Equipado con agitador con motor de 10 HP.

BOMBA DE RAIZ HIDROLIZADA ACIDA.-

Debido a la característica ácida de la solución, es inadecuado el uso de tubería de fierro. Por tanto, se utilizará en esta parte del proceso tubería de PVC. Los datos técnicos para los cálculos fueron tomados del MANUAL DE INSTALACIONES DE TUBERIA DURALON DE PVC.

longitud = 10 m
altura = 2 m
volumen = 3,100 l
tiempo = 15 min

$$Q = \frac{3 \cdot 100}{15'} = 206.6 \frac{1}{\text{min}} = 3.44 \frac{1}{\text{seg}} = 0.121 \frac{\text{pies}^3}{\text{seg}}$$

Para ese gasto:

Según pag. 12 del manual mencionado, corresponde una caída de presión debida a la fricción, de:

$$\Delta H = \frac{1.80 \text{ m columna de } H_2O}{100 \text{ m}}$$

$$\rho \text{ del agua} = 1 \text{ Kg/l} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$P = 1.80 \text{ m} \times 1000 \text{ Kg/m}^3 = 1800 \text{ Kg/m}^2 = 0.18 \text{ Kg/cm}^2 = 2.56 \text{ lb/pulg}^2$$

La presión anterior, según el manual, es por 100 m de tubería.

De Mc. Cabe pag. 69

Caída de presión correspondiente a la fricción:

$$H_{fg} = p_a - p_b$$

$$2.56 \text{ lb/pulg}^2 \times 144 \text{ pulg}^2/\text{pie}^2 = 368.64 \text{ lb/pie}^2$$

Considerando que la longitud de la tubería de nuestro problema es de 10 m, la caída de presión correspondiente será la decima parte.

$$H_f = \frac{\Delta p}{\rho} = \frac{36.86}{62.37} \frac{\text{lb-pie}}{\text{lb}} = 0.59$$

Además, hay que considerar la altura y la presión requerida para vencer la resistencia debida al filtro prensa.

Caída de presión debida a la altura:

$$6.6 \text{ pies} \times 62.37 \text{ lb/pie}^3 = 411.64 \text{ lb/pie}^2$$

Presión de trabajo del filtro: 65 psi

$$65 \text{ psi} \times 144 \text{ pulg}^2/\text{pie}^2 = 9360 \text{ lb/pie}^2$$

Caída total de presión: 9808.50 lb/pie²

$$9808.50/62.37 = 157.2 \text{ lb-pie/lb}$$

Potencia teórica requerida:

$$157.2 \times 455.3/0.6 \times 33000 = 3.61 \text{ HP}$$

EXTRACCION.- Para el agotamiento del barbasco, es necesaria una relación elevada de solvente a raíz, lo cual no permite agotarlo con una sola extracción, a menos, que se dispusiera de un equipo muy grande (lo cual haría impracticable la operación), o bien, se trabajaran cantidades muy pequeñas de barbasco, lo cual sería incosteable si consideramos los bajos rendimientos del proceso.

Además, aparentemente la extracción de la diosgenina, es independiente de la capacidad extractiva del solvente, sino más bien, depende de particularidades del barbasco; lo cual hace aún más necesario hacer varias extracciones.

Las pruebas realizadas permiten observar que a pesar de que una relación de solvente a barbasco de 5 a 1 1/Kg, logra una suspensión

manejable, la elevada concentración del extracto en la primera extracción (como se verá más adelante), provoca una fácil cristalización en el sistema.

Las pruebas efectuadas, determinaron que la relación mínima manejable, de solvente a barbasco, debe ser de 10:1 (heptano-raíz hidrolizada seca), al menos en la primera extracción, relación que consideramos se debe mantener para mayor facilidad de la extracción. Asimismo, permitieron observar que aproximadamente el 50% del contenido total de diosgenina, se extrae en la primera extracción, que después de ésta se dificulta el agotamiento de la raíz, y que es independiente, de la relación de solvente a barbasco y de la capacidad extractiva del mismo.

Por tanto, para una planta que deba extraer 6 ton/día de barbasco, serán necesarios dos extractores, en los cuales sean repartidas las seis toneladas en dos ciclos (o sean 3 ton/ciclo total de extracción). Con objeto de lograr concentraciones más homogéneas, se procedería en cada uno de los dos ciclos, de la manera siguiente: se cargaría una tonelada por cada extractor, y la otra tonelada sería repartida en los dos extractores después de las dos primeras extracciones. Posteriormente, se harían las extracciones necesarias para agotar el barbasco.

Podemos considerar, en base a las pruebas realizadas, que las cargas anteriormente mencionadas, podrá ser agotadas en 5 extracciones con los siguientes tiempos de reflujo: 15, 30, 15, 60 y 60 minutos respectivamente.

De acuerdo a lo anterior, los extractores deberán tener como mínimo una capacidad de 8000 litros; encaquetados, equipados con un agitador vertical y 8 deflectores radiales para ayudar a la turbulencia; construido de fierro de 3/16", con salida de gases conectada a un condensador y linea de retorno de reflujo.

El tiempo total por ciclo de extracción (carga de solvente, reflujo, reposo, decantación, etc.) determinará la capacidad necesaria de evaporación, que a su vez debe determinar la capacidad de enfriamiento en los cristalizadores para lograr la temperatura de filtración, sin que haya retraso en alguna fase del proceso.

El número de extracciones indicado, y la relación de solvente a barbasco, nos dará un volumen a concentrar, de 35 a 40 mil litros por ciclo de extracción, por cada extractor.

BOMBA DE CARGA DE HEPTANO A EXTRACTORES.

Gasto: 184.6 gal/min. = 24.6 pies³/min

El gasto, queda determinado por el tiempo de carga (7000 l en 10')

$$\mu = 0.42 \text{ cp}$$

$$\rho = 42.35$$

$$V = 17.6 \text{ pies/seg}$$

$$\phi \text{ de tubería: } 2" \text{ nominal } \quad 2.067"$$

Longitud de tubería: 82.5 pies = 25 m

$$\text{No. de Re} = \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{2.067 \times 17.6 \times 42.35}{12 \times 0.42 \times 0.000672} = \frac{1540.27}{0.0003386}$$

$$= 4.541 \times 10^5$$

$$k/D = \frac{0.00015}{0.172} = 0.00087$$

De Mc. Cabe, pag.68:

$$f = 0.005$$

$$H_{fs} = 4f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2gc}$$

Longitud Total:

3 codos de 90°	32 x 3 = 96
1 válvula de compuerta	7
1 T	60
	<hr/>
	163

$$\frac{2.067 \times 163}{12} = 27 \text{ pies}$$

Longitud total:

$$82.5 + 27 = 109.5 \text{ pies}$$

$$4 \times 0.005 \times \frac{110}{0.172} \times \frac{(17.6)^2}{64.34} = 61.35$$

Fijando una altura de 7 m = 23.1 pies

$$\eta = 0.60$$

$$- \omega_s \eta = Z_b \frac{g}{gc} + \frac{V_b^2}{2gc} + H^c$$

$$- \omega_s \eta = 23.1 \frac{g}{gc} + 61.3$$

$$-0.6 \omega_s = 84.4$$

$$- W_s = \frac{84.4}{0.60} = 140.6 \frac{\text{pies-lb}}{\text{lb}}$$

$$P = \frac{-w W_s}{33000}$$

$$w = Q_p = 24.6 \times 42.35 = 1042.8 \text{ lb/min}$$

$$P = \frac{140.6 \times 1042.8}{33000} = 4.44 \text{ HP}$$

CONDENSADORES DE LOS EXTRACTORES:

Calor latente de vaporización del heptano: 157 Btu/lb

Temperatura de ebullición del heptano: 90°C

La capacidad de los condensadores, no está calculada en base a una relación determinada de reflujo, ya que será suficiente con que tengan capacidad para condensar los vapores de heptano que se producen durante el calentamiento. Sin embargo, para tener una base de referencia y contar con capacidad suficiente, se calcularán para condensar 5000 litros por hora de heptano.

$$\Delta t = 194 - 140 = 54^\circ \text{ F}$$

$$Q_e = 5000 \text{ l/h} \times 0.683 \text{ kg/l} \times 2.2 \text{ lb/kg} \times 0.507 \text{ Btu/lb}^\circ \text{ F} \times 54^\circ \text{ F} =$$

$$205\,691.4 \text{ Btu/h}$$

$$Q_c = 5000 \text{ l/h} \times 0.683 \text{ kg/l} \times 2.2 \text{ lb/kg} \times 157 \text{ Btu/lb} = 1\,179\,541 \text{ Btu/h}$$

$$Q_t = Q_e + Q_c = 1\,385\,232.4 \text{ Btu/h}$$

Considerando una Δt para el agua de enfriamiento de: 14°C (16°C a 30°C), 26°F ($60.8 - 86^{\circ}\text{F}$).

AGUA DE ENFRIAMIENTO:

$$Q_t = m C_p (\Delta t) \quad \therefore \quad m = \frac{1\,385\,232.4}{1 \times 26} = 53\,278.17 \text{ lb/h}$$

$$\frac{53\,278.17}{2.2} = 24\,217.35 \text{ l}$$

$$Q_e = m C_p \times \Delta t; \quad \Delta t = \frac{205\,691.4}{1 \times 53\,278.17} = 3.86^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta t_c = \frac{1\,179\,541}{1 \times 53\,278.17} = 22.14^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta t_{\text{lm log}} = \frac{129.4 - 79.2}{2.3 \log \frac{129.4}{79.2}} = \frac{50.2}{3.488} = 14.39^{\circ}\text{F}$$

$$\text{Area de enfriamiento : } \frac{Q_e}{U \times \Delta t}$$

De pag. 480, John H. Perry: Chemical Engineers' Handbook

$$U = 80 \frac{\text{Btu}}{\text{pie}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{F}}$$

$$A = \frac{205\,691.4}{8160} = 25.2 \text{ pies}^2$$

Δt de condensación:

$$\Delta t_{mc} = \frac{133.2 - 111.1}{2.3 \log \frac{133.2}{111.1}} = \frac{22.1}{0.1804} = 122.5$$

$$A_c = \frac{1\,179\,541}{80 \times 122.5} = \frac{1\,179\,541}{9\,800} = 120.3 \text{ pies}^2$$

$$A_t = A_e + A_c$$

$$\text{Area total} = 25.2 + 120.3 = 145.5 \text{ pies}^2$$

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE EXTRACTO:

Para el almacenamiento de extracto, serán necesarios cuatro tanques de 15 000 litros de capacidad cada uno, con las siguientes características y dimensiones: de fierro de 1/8" de espesor, 2.45 m de diámetro y 3.35 m de alto, tapa plana y fondo cónico, con orificios en la parte superior para conexiones de tubería y accesorios.

EVAPORADOR:

Por las características del producto a manejar, será necesario un evaporador de circulación forzada, con recipiente de capacidad aproximada de 2000 litros, equipado con los accesorios necesarios en esta clase de equipo. La calandria externa tendrá una capacidad de condensación de 10 000 litros de heptano por hora, con dimensiones basadas en los cálculos siguientes:

CAMBIADOR DE CALOR DEL EVAPORADOR:

Volumen a concentrar: 10 000 litros por hora

$$Q = 10\ 000\ \text{l/h} \times 0.683\ \text{Kg/l} \times 2.2\ \text{lb/Kg} \times 157\ \text{Btu/lb}$$
$$= 2\ 359\ 082\ \text{Btu/h} \text{ (Calor requerido sólo para la evaporación)}$$

Para calcular el área, se considerará una $\Delta t = 58^{\circ}\text{F}$ y un coeficiente de transmisión de calor $U = 200\ \text{Btu/pie}^2\ \text{h}^{\circ}\text{F}$

$$A = \frac{Q}{U \Delta t}$$

$$A = \frac{2\ 359\ 082}{200 \times 58} = \frac{2\ 359\ 082}{11\ 600} = 203$$

$$\text{Area} = 203\ \text{pies}^2$$

CONDENSADOR DEL EVAPORADOR:

$$Q_e = 10\ 000\ \text{l/h} \times 0.683 \times 2.2\ \text{lb/Kg} \times 0.507\ \text{Btu/lb}^{\circ}\text{F} \times (194-122)$$
$$= 548\ 509.1\ \text{Btu/h}$$

$$Q_e + Q_c = Q_t$$

$$Q_t = 2\ 907\ 591.1$$

$$\text{Gasto de agua: } \frac{2\ 907\ 591.1}{26} = 111\ 830.4\ \text{lb/h}$$

$$111\ 830.4\ \text{lb/h} \times 1\ \text{litro}/2.2\ \text{lb} = 50\ 832\ \text{l/h}$$

$$Q_e = 111\ 830.4 \times 1 \times (t - 60.8)$$

$$t - 60.8 = \frac{548\ 509.1}{111\ 830.4 \times 1} = 4.9^{\circ}\text{F}$$

AREA DE CONDENSACION:

$$\Delta t_m = \frac{133.2 - 112.1}{2.3 \log \frac{133.2}{112.1}} = \frac{21.1}{2.3 \log 1.18}$$

$$\frac{21.1}{0.172} = 122^{\circ}\text{F}$$

$$A_c = \frac{2\,359\,082}{50 \times 122} = \frac{2\,359\,082}{6\,100} = 386 \text{ pies}^2$$

Area de condensación = 386 pies²

AREA DE ENFRIAMIENTO:

$$\Delta t_{me} = \frac{128.3 - 61.2}{2.3 \log \frac{128.3}{61.2}} = \frac{67.1}{2. \log 2.09} = 91^{\circ}\text{F}$$

$$\frac{548\,509.1}{50 \times 91} = \frac{548\,509.1}{4\,550} = 120.5 \text{ pies}^2$$

AREA TOTAL: 506 pies²

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HEPTANO RECUPERADO.

Tanque vertical de fierro, de 3.00 m de diámetro y 3.66 de alto, con capacidad aproximada de 25 000 litros.

CRISTALIZACION:

Para el enfriamiento del producto concentrado, serán necesarios dos

recipientes cilíndricos de fierro, con capacidad aproximada de 2 000 litros, enchaquetados, con dimensiones de 1.25 m de diámetro y 1.78 de alto, con agitador y motor de 3 HP.

FILTRO CENTRIFUGO.

Para la filtración del producto se empleará un filtro centrifugo del tipo de canasta usando lona como medio filtrante, puesta en el lado interior de la pared perforada de la taza para retener los precipitados y arrojar las aguas madres. Las ventajas del uso de un filtro de este tipo son: la eliminación muy completa en el precipitado, de las aguas madres, la facilidad del lavado, que se consigue rociando un líquido adecuado sobre la torta, y la eliminación final muy completa de las aguas madres y del lavado.

De este tipo de filtros se encuentran desde 46 cm hasta 1.50 m de diámetro, con velocidades de 500 a 1500 rpm.

Para nuestras necesidades de filtración, se adaptará convenientemente un filtro de 0.98 m de diámetro y 0.64 m de alto (dimensiones de canasta), con motor de 10 HP, con baja y alta velocidad, girando a 750 y 1000 rpm.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUAS MADRES.

Tanque de fierro, vertical, de 10 000 litros de capacidad, con dimensiones aproximadas de 1.90 m de diámetro y 3.10 de alto, tapa plana y orificios para conexiones y accesorios.

BOMBA DE AGUAS MADRES.

$$\mu = 0.42 \text{ centipoises}$$

$$\rho = 42.35 \text{ lb/pie}^3$$

ϕ de tubería: 1" nominal = 1.049"; área seccional en $\text{pies}^2 = 0.006$

Q = 200 litros/min

$$200/60 = 3.3 \text{ l/seg} = 12 \text{ 000 l/h} = 7.06 \text{ pies}^3/\text{min} = 0.117 \text{ pies}^3/\text{seg}$$

$$V = Q/A = \frac{0.117 \text{ pies}^3/\text{seg}}{0.006 \text{ pies}^2} = 19.5 \text{ pies/seg}$$

$$\text{No. de Reynolds} = DV\rho/\mu = \frac{1.049 \times 19.5 \times 42.35}{12 \times 0.42 \times 0.000672} = 2.55 \times 10^5$$

$$k/D = \frac{0.00015}{1.042/12} = 0.0017$$

De fig. 219 Mc. Cabe pag. 68

$$f = 0.0053$$

$$H_{fs} = 4f \frac{L V^2}{D 2gc}$$

L = longitud de tubería + longitud equivalente, debida a accesorios.

De pag. 159 Mc. Cabe: Resistencia Equivalente

$$\text{Codo de } 90^\circ \quad 32 \phi$$

El sistema tiene 3 codos de 90° .

$$3 \times 32 = 96 \text{ diámetros.}$$

$$\frac{1.049 \times 96}{12} = 8.4 \text{ pies}$$

Longitud de tubería 12.5 m = 41.25 pies

Longitud total = 41.25 + 8.4 = 49.65

$$H_{fs} = 4 \times 0.0053 \times \frac{49.65}{\frac{1.049}{12}} \times \frac{(19.5)^2}{64.34} = 71$$

h = 10 m = 33 pies

$\eta = 0.60$

$$-ws\eta = 33 + 71 = 104$$

$$-0.6ws = 104$$

$$-ws = \frac{104}{0.6} = 173.2 \frac{\text{pies} \cdot \text{lb}}{\text{lb}}$$

$$P = \frac{-w \cdot ws}{33\,000}$$

$$w = Q\rho = 7.06 \text{ pies}^3/\text{min} \times 42.35 \text{ lb/pie}^3$$

$$= 298.9 \text{ lb/min}$$

$$P = \frac{298.9 \times 173.2}{33\,000} = 1.56 \text{ HP}$$

$$P = 1.56 \text{ HP}$$

CONSUMOS DE VAPOR.

HIDROLIZADORES:

$$\Delta t = 155^{\circ}\text{F} \quad \text{de } 75 \text{ a } 230^{\circ}\text{F}$$

$$3\ 000 \quad 1 \times 2.2 \times 1 (230-75) = 1\ 023\ 000 \times 2 \\ = 2\ 046\ 000 \text{ Btu}$$

EXTRACTORES:

$$\Delta t = 126^{\circ}\text{F} \quad \text{de } 71.6 \text{ a } 197.6^{\circ}\text{F}$$

$$7\ 500 \quad 1 \times 0.683 \text{ Kg/l} \times 2.2 \text{ lb/Kg} \times 0.507 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^{\circ}\text{F}} \times 126^{\circ}\text{F} = 719\ 917.38$$

$$719\ 917.38 \times 2 = 1\ 439\ 834.76 \text{ Btu}$$

EVAPORADOR: 2 046 000 Btu/h

CAPACIDAD DE LA CALDERA.

Para nuestros requerimientos de vapor, será suficiente una caldera de tubos de humo, con una capacidad de 8500 libras de vapor/hora, y una presión de trabajo de 10 Kg/cm²

AGUA DE ENFRIAMIENTO.

Tanto en hidrólisis como en extracción, se enfriará tan sólo lo necesario para poder efectuar la filtración.

HIDROLIZADORES:

$$\Delta t = 36^{\circ}\text{F} \text{ de } 230 \text{ a } 194^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 3\,000 \times 2.2 \times 1 \times 36 = 237\,600 \text{ Btu}$$

$$237\,600 \times 2 = 475\,200 \text{ Btu}$$

EXTRACTORES:

$$\Delta t = 75.6^{\circ}\text{F} \text{ de } 197.6^{\circ}\text{F} \text{ a } 122^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 7\,500 \times 0.683 \times 2.2 \times 0.507 \times 75.6 = 431\,950.9 \text{ por cada extractor}$$

$$431\,950.9 \times 2 = 863\,901.8 \text{ Btu}$$

CONDENSADOR DEL EVAPORADOR: 2 907 591.1 Btu/h

CRISTALIZADORES:

Volumen de cristalización: 1 800 litros

Número de cristalizadores: 2

Se considerará un valor de $C_p = 1$

$$\Delta t = 126^{\circ}\text{F} \text{ de } 194^{\circ}\text{F} \text{ a } 68^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 1\,800 \times 1 \times 2.2 \times 0.95 \times 126 = 474\,012 \text{ Btu por cada cristizador}$$

$$474\,012 \times 2 = 948\,024 \text{ Btu}$$

$$\text{TOTAL} = 5\,194\,716.9 \text{ Btu}$$

$$m = \frac{Q}{C_p \times t} = \frac{5\,194\,716.9}{1 \times 26} = 199\,796.8 \text{ lb/h}$$

$$199\,796.8 / 2.2 = 90\,816.7 \text{ litros/h}$$

REQUERIMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO: 90 816.7 litros/hora.

Tanto la demanda de vapor, como los requerimientos de agua fría, fueron calculados tomando como base todo el equipo trabajando al máximo de su capacidad. Considerando que, tanto los calentamientos, como enfriamientos, no se efectúan normalmente al mismo tiempo, la capacidad calculada está suficientemente sobrada.

SECADORAS.

De acuerdo a las características de los materiales a secar, se emplearán secadoras de charolas; serán dos unidades de secado, independientes una de otra. En ambas unidades se emplearán charolas en carretillas.

SECADORA DE DIOSGENINA.

Para el secado del producto terminado, por sus propias características, será suficiente el vapor como medio de calefacción.

De acuerdo a recomendaciones de los fabricantes, en este tipo de secadores, son convenientes velocidades de aire de 120 a 300 m/min, el espacio libre entre el material de una charola y el fondo de la otra, deberá ser cuando menos de 38mm. Las charolas serán metálicas, con dimensiones de 0.70 m x 0.80m.

La capacidad de nuestra planta, los bajos rendimientos del proceso (entre 300 y 400 Kg de material seco por día), y que la humedad del producto sea debida a un solvente (heptano), nos permite considerar que dos carretillas, con 15 charolas de las dimensiones indicadas, serán suficientes para el secado de nuestro producto.

SECADORA DE RAIZ.

Peso del producto húmedo: 1 800 Kg/lote

Peso de producto seco: 650 Kg

La unidad de secado deberá tener capacidad cuando menos para siete lotes por día.

Humedad por lote: $1\ 800 - 650 = 1\ 150$ Kg

Humedad por siete lotes: 8 050 Kg

Considerando el elevado contenido de humedad y siendo el agua el material que la produce, se utilizará un combustible para lograr la capacidad necesaria de calefacción.

Para secar los siete lotes por día, será necesario eliminar 335 Kg por hora de agua. Las charolas deberán ser construídas de metal, con fondo perforado que permita una superficie adicional de desecación, con las dimensiones siguientes: 0.80 m x 0.80 m x 0.05 m.

De acuerdo a las características de nuestro material (densidad aparente = 1.2), el volúmen ocupado por la torta será de 1.5 m³.

Volúmen de una charola: 0.032 m³

Número de charolas: $1.5/0.032 = 47$

Aunque podrían construirse carretillas con 25 charolas, por facilidad de manejo, se deberán construir carretillas con 16 charolas, utilizándose 3 carretillas por lote.

La capacidad del ventilador, deberá ser calculada para secar dos lotes cada 6 horas, lo cual nos permitiría secar 8 lotes por día.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACION

- 1.-La diosgenina es una sapogenina esteroide usada para la obtención de productos hormonales. Se obtiene de algunas especies del género dioscoreas, de las que es extraída. Las especies más comúnmente usadas para la producción comercial de diosgenina son: *D. mexicana* (cabeza de negro), *D. floribunda* y *D. composita* (conocidas con el nombre de barbasco). El barbasco crece en México en forma silvestre en los Estados de: Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Puebla y Guerrero.
- 2.-El contenido de diosgenina en el barbasco, varía de 1 a 4 % de su peso seco, lo cual indica que es una materia prima de baja densidad económica.
- 3.-Que la colección y transportación, afectan considerablemente los costos de producción.
- 4.-Que siendo inevitable, dado su bajo contenido de diosgenina, transportar grandes volúmenes de barbasco, es importante reducir las distancias a recorrer.
- 5.-Las estadísticas muestran que el Estado de Veracruz ha sido siempre el primer productor de barbasco en la República Mexicana. Lo anterior se consideró razón suficiente para justificar el situar ahí una planta de extracción de diosgenina si lo que se pretende es acercarla a los lugares de recolección de la materia prima.

- 6.- Un análisis de los lugares del Estado de Veracruz reportados como productores de barbasco, su persistencia como tales, su producción y su tendencia, permitieron separarlos y dividirlos en dos grupos, que corresponden: uno a la zona norte del Estado y otro a la zona sur.
- 7.- De acuerdo a este estudio, se considera: Que por su capacidad de producción, por la calidad de su producto, sus vías de comunicación, así como su proximidad a los puertos del Pacífico y del Golfo de México, el lugar económico para ubicar una planta de extracción de diosgenina, se encuentra en la zona sur del Estado de Veracruz, y de los municipios productores correspondientes a esta zona el más apropiado es el de Acayucan como se dejó anteriormente establecido.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- APPLEZWEIG, N.: Steroid Drugs.
Mc Graw Hill Book Company, Inc., 1962.
- 2.- DJERASSI, C.: Steroids Reactions.
Golden Day Inc., 1963
- 3.- FIESER, L.F. y MARY FIESER
Segunda Edición en Español (Versión Española de F. Giral)
Editorial Grijalbo, S. A.
México, D.F., 1960.
- 4.- UNA CORPORACION Y UNA MOLECULA: Historia de la Investigación
en Syntex.
México, D. F., 1967.
- 5.- ANUARIOS DE LA PRODUCCION FORESTAL DE MEXICO 1960 - 1971
Subsecretaría de Recursos Forestales.
Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- 6.- ROJAS, G. A. : Tratado de Economía Industrial.
Primera Edición.
Universidad Nacional Autónoma de México.
México, D. F., 1964.
- 7.- FAIRES, V. M.: Applied Thermodynamics.
The MacMillan Company
New York, 1945.
- 8.- McCABE, W. L. & J. C. SMITH: Unit Operations of Chemical
Engineering.
McGraw - Hill Book Company. New York, 1950.

- 9.- PERRY, J. H.: Manual del Ingeniero Químico.
Traducción al Español de la Tercera Edición en Inglés.
Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana.
México, D. F., 1958.
- 10.- PERRY, J. H.: Chemical Engineers' Handbook
Third Edition.
McGraw-Hill Book Company, Inc.
New York, 1950.
- 11.- PIERCE, D. E.: Chemical Engineering for Production Supervision
McGraw-Hill Book Company, Inc.
New York, 1950.
- 12.- Rev.Soc. quim. Méx. 13, 4, pags. 205-208 (1969).