

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería de Petróleo Gas Natural y Petroquímica



“ESTUDIO DE OBTENCION DE NEMATICIDAS A PARTIR DEL PETROLEO”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERIA PETROQUÍMICA

ELABORADO POR:

JAQUELINE HEIDY CHIRRE FLORES

PROMOCIÓN 2007-1

LIMA – PERÚ

2011

**Todo mi esfuerzo y sacrificio
durante mis años de estudio
las enseñanzas adquiridas
el compañerismo aprendido**

Todo ello lo dedico a mis padres, profesores y amigos.

**“Estudio de Obtención de Nematicidas a partir
del Petróleo”**

SUMARIO

Actualmente, con el crecimiento poblacional, es de gran interés incrementar la productividad agrícola del país para lo cual es importante resolver un problema frecuente en la agricultura; el cual es la presencia de plagas, una de estas plagas es la de nemátodos en las raíces de los cultivos, que los debilita obteniéndose productos subdesarrollados y en mal estado; para resolver este problema se ha desarrollado un producto nematicida que es un neutralizador de estos gusanos microscópicos y evita que se multipliquen.

El combate de los nemátodos no es sencillo, depende de un conocimiento de la fisiología y biología de ambos organismos (plantas y nemátodos). Los nemátodos se pueden combatir efectivamente con métodos preventivos y fitosanitarios que sigan los procedimientos de control, tales como: el control biológico, prácticas de cultivo y el uso de nematicidas. Un nematicida ideal afecta o altera la fisiología del nemátodo específico, reduce su tasa de reproducción así como su nivel poblacional.

Este nematicida está compuesto de un aceite proveniente de la destilación atmosférica del alquitrán de petróleo. El petróleo es un compuesto muy complejo, que por medio de la destilación y procesos de refinación produce una variedad de productos y subproductos útiles para diferentes industrias; en este caso, analizaremos cómo es posible obtener un aceite usado en la industria agroquímica, lo que permitirá resolver problemas que se presenten en el campo de la agricultura.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Problemática	1
1.2 Diagnóstico de la presencia de nemátodos en las plantas agrícolas	2
1.3 Formulación del problema	5
1.4 Justificación del estudio	5
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes	7
2.2 Base teórica	12
2.2.1 El petróleo y su composición química	12
2.2.2 Procesos para la obtención del alquitrán de petróleo	13
2.3 Marco conceptual del alquitrán	15
2.3.1 Definición y características de la carga	15
2.3.2 Países productores del alquitrán de petróleo	18

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis general	21
3.2 Hipótesis específica	21

3.3 Proceso de obtención del aceite amarillo	21
--	----

VARIABLES

3.4 Identificación de variables	29
---------------------------------	----

3.5 Operacionalización de variables	29
-------------------------------------	----

3.6 Productos obtenidos de la destilación del alquitrán	32
---	----

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL ACEITE AMARILLO

4.1 Definición del aceite amarillo	33
------------------------------------	----

4.2 Análisis físico-químico del aceite amarillo	35
---	----

CAPÍTULO V

DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL ACEITE AMARILLO COMO NEMATICIDA

5.1 Metodología	37
-----------------	----

5.2 Muestreo del suelo	37
------------------------	----

5.2.1 Población	37
-----------------	----

5.2.2 Muestra	38
---------------	----

5.2.3 Técnica Baerman para recolección y conteo de nematodos	39
--	----

5.2.4 Técnica Baerman para medir el rendimiento del nematicida	40
--	----

5.3 Instrumentos de recolección de datos	41
--	----

5.4 Interpretación de la información	41
--------------------------------------	----

5.5 Resultados del análisis	42
-----------------------------	----

CAPÍTULO VI

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO

6.1 Producto nematicida	44
-------------------------	----

6.2 Envasado del producto terminado	47
-------------------------------------	----

6.3 Especificación del material de envasado	48
6.4 Control de calidad en la fabricación del producto nematicida	48

CAPÍTULO VII

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

7.1 Efectos en la salud causados por exposición directa al alquitrán de petróleo	50
7.2 Instrucciones de uso y manejo de nematicidas	51
7.2.1 Frecuencia y época de aplicación del Producto nematicida	52
7.2.2 Precauciones y advertencias de uso	53
7.3 Manejo y desaparición de desechos y envases	53
7.3.1 Medidas para la protección del ambiente	53
7.4 Sistema de Seguridad y Salud en el proceso de recolección de aguas residuales	53

CAPÍTULO VIII

ESTUDIO ECONÓMICO

8.1 Estudio del mercado	55
8.1.1 Selección de la materia prima	57
8.1.2 Beneficio y costo del proyecto	59
8.2 Proyección del estado de resultados y flujo de caja	59
8.3 Flujo de caja del estudio	61

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	66

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Problemática

El problema que presentan los diferentes cultivos es la presencia de plagas de nemátodos, siendo el más frecuente el del tipo *Meloidogyne*, en las raíces de las plantas. La severidad del daño depende del cultivo afectado, la especie del nemátodo, edad de la planta y de las condiciones ambientales prevalecientes.

En la figura N° 1.1 se muestra una larva del nemátodo *Meloidogyne* aumentada en 500 veces, penetrando a una raíz de tomate. Una vez dentro, la larva establece un sitio para alimentarse, lo cual causa un robo de los nutrientes de la planta.

Figura N° 1.1: Plaga de nemátodo *Meloidogyne* aumentada a 500 veces



Fuente: <http://macrobacter.com/nematodos-para-sitos-de-plantas-en-suelos-agricolas>

1.2 Diagnóstico de la presencia de nemátodos en las plantas agrícolas

Generalmente, los síntomas causados por los ataques de nemátodos en los cultivos son la falta de nutrientes y humedad adecuada en el suelo. Los síntomas que presentan estos cultivos, se pueden dividir en aéreos y subterráneos.

Los síntomas aéreos se presentan como reducción de la germinación de la semilla, manchas foliares, deformación de hojas y tallos y defoliación, en las plantas agrícolas.

Los síntomas subterráneos son: desprendimiento de la corteza de las raíces, proliferación excesiva de raíces y sistema radical pobremente desarrollado. (Ver figura 1.2).

Figura N° 1.2: Comparación de raíces sanas e infectadas con la plaga de nemátodos



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos47/manejo-plagas/manejo-plagas3.shtml>

En la figura N° 1.3 se muestra el ataque de los nemátodos a las raíces de las plantas.

Figura N° 1.3: Raíces afectadas por la plaga

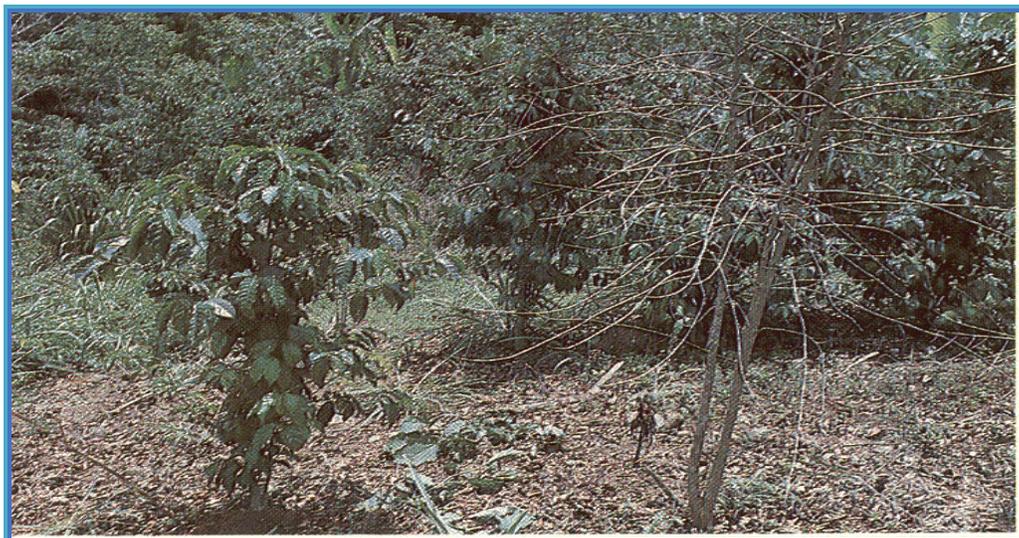


Fuente: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/488757>

Debido a que los nemátodos fitoparasíticos se mueven muy lentamente, la forma en que comúnmente se diseminan es durante el transporte de suelos y material vegetativo infectado. Para evitar la diseminación de los nemátodos se debe eliminar todo material vegetativo infectado y tratar el suelo con un fumigante o con calor. Además, la maquinaria agrícola debe ser limpiada antes de trasladarla a un campo libre de nemátodos y evitar que el suelo o material vegetativo contaminado llegue al agua de riego. Las plantas infectadas deben pasar a cuarentena para regular o prevenir la entrada de algunas especies de nemátodos fitoparasíticos.

A simple vista no es posible observar a estos nemátodos sin embargo, los síntomas visibles en la parte externa de los cultivos, se muestra en la figura 1.4.

Figura Nº 1.4: Defoliación de un cultivo de café debido al daño del nemátodo



Fuente: <http://greenpower-naturaleza.blogspot.com/>

La figura 1.5 muestra la forma en que los nemátodos se alimentan de los nutrientes de las raíces de las plantas agrícolas.

Figura Nº 1.5: Ataque de nemátodos a las raíces



Fuente: <http://www.bayercropscience.cl/soluciones/fichaproblema.asp?id=1072>

1.3 Formulación del problema

Los nemátodos se pueden combatir mediante diferentes métodos, los principales son:

- a) Métodos preventivos
- b) Control biológico
- c) Prácticas de cultivo
- d) Control químico

El control químico es uno de los mejores métodos de combate de nemátodos; se basa en el uso de nematicidas, compuestos a base de aceite amarillo y aditivos de gran eficacia, con un menor efecto negativo al ecosistema agrícola.

1.4 Justificación del estudio

Este estudio presenta la aplicación del aceite amarillo, (subproducto del petróleo), su uso en la vegetación y su efecto sobre el medio ambiente.

En el proceso de destilación del alquitrán se obtienen muchos productos, entre éstos están el aceite amarillo como producto principal para la producción de nematicidas y productos secundarios que no son aplicables a nuestro estudio porque son inestables a la emulsión en agua; además, los aceites parafínicos para su uso en la fabricación de naftalinas y colorantes; brea para la producción de pinturas undercoating y medicamentos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

- Estudiar las propiedades del aceite amarillo, proveniente del proceso de craqueo térmico moderado del alquitrán de petróleo, para su uso como base en la preparación de nematicidas.

1.5.2 Objetivos específicos

- Desarrollar una alternativa de solución mediante la petroquímica a problemas agrícolas.
- Obtener el aceite amarillo en las condiciones de operación adecuadas y estudiar las características de este producto.
- Prevenir las plagas y promover el fortalecimiento del cultivo, utilizando un producto con efecto rápido y eficiente.
- Obtener un cultivo sano y productivo utilizando un subproducto proveniente del petróleo.

CAPÍTULO II

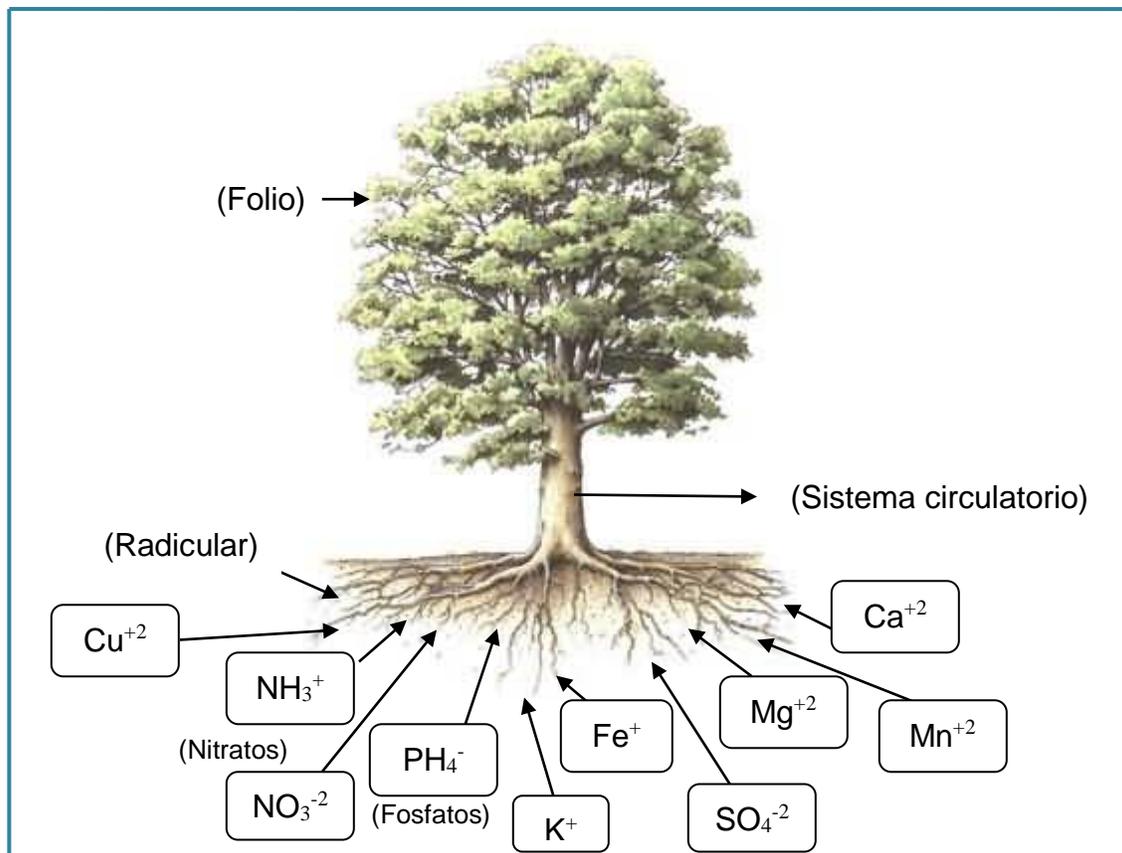
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Las plantas reciben nutrientes del suelo, por las raíces, a través del agua, para vivir y desarrollarse.

En la figura 2.1 se muestran los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

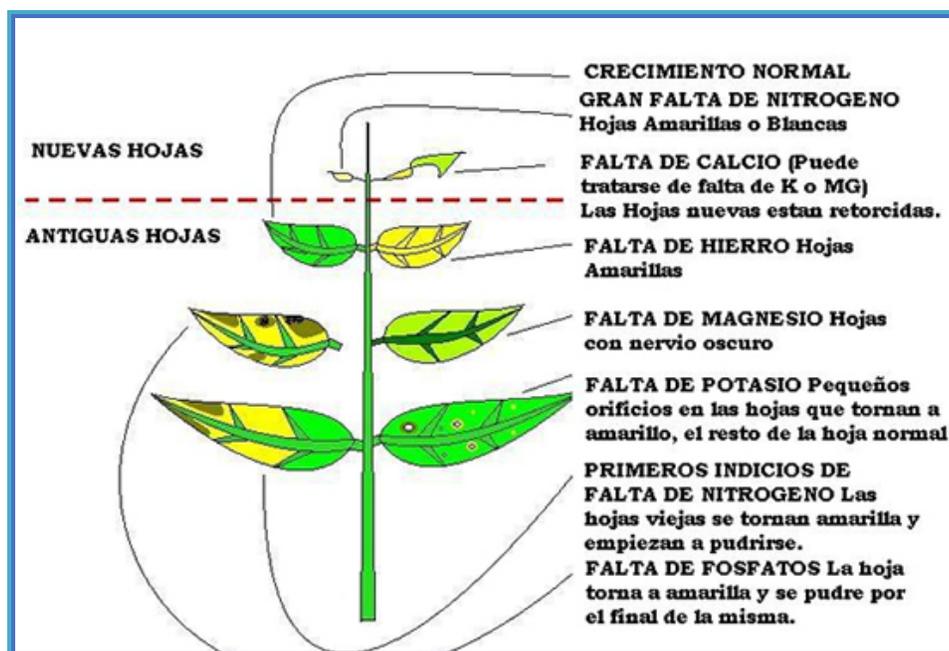
Figura Nº 2.1: Nutrientes de las plantas



Fuente: <http://www.ugr.es/~quiorred/pnatu/primario.htm>

En la figura 2.2, se muestra lo que provoca la falta de algunos de éstos nutrientes en los cultivos, como manchas foliares, marchitez, clorosis, enanismo, deformación de hojas y defoliación; a causa de la presencia de nemátodos en las raíces de las plantas.

Figura Nº 2.2: Efectos de la falta de nutrientes



Fuente: <http://www.fumigacontinente.com.ar/notas-jardin-nutrientes-plantas.html>

Por esta razón, en los últimos años se han realizado estudios en diferentes países para el control de nemátodos presentes en las plantas y se han hecho investigaciones sobre la erradicación de los nemátodos utilizando diferentes métodos como el control bioquímico de nemátodos, el control biológico de nemátodos fitopatógenos por hongos nematófagos, el efecto del Dazomet en el control de nemátodos en la producción de pepino, la selección de cepas de *Bacillus thuringiensis* con efecto nematicida y el manejo de nemátodos fitoparasíticos utilizando productos naturales y biológicos.

Uno de los mecanismos de defensa que han desarrollado las plantas es la utilización y modificación del oxígeno molecular para convertirlo en derivados con un alto grado de toxicidad hacia microorganismos potencialmente patógenos como nemátodos. Las plantas cuentan con

estrategias que dependen de la producción de compuestos químicos tóxicos (para los microorganismos), cuya síntesis se estimula cuando la planta reconoce la presencia de un posible patógeno.

En el Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas de Chile, se realizan estudios para caracterizar la respuesta de plantas en relación con la producción de derivados reactivos de oxígeno.

El oxígeno molecular es relativamente no reactivo y no tóxico para los organismos que consumen oxígeno durante la respiración; es decir, los organismos aeróbicos, lo cual se atribuye a su estructura electrónica estable; sin embargo, una vez que se altera su distribución electrónica, su estructura se vuelve muy reactiva y puede alterar los sistemas biológicos. Las especies reactivas derivadas del oxígeno se pueden generar por modificación del sentido de rotación de sus electrones más externos, o por la adición sucesiva de electrones al oxígeno molecular, produciendo el radical anión superóxido ($O_2^{\bullet-}$), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el radical hidroxilo (HO^{\bullet}), respectivamente. Estas moléculas reaccionan fácilmente ante cualquier tipo de molécula sin necesidad de energía adicional. La generación de derivados reactivos del oxígeno, específicamente la producción del radical anión superóxido, es un mecanismo de defensa bien caracterizado que utilizan las células del sistema inmunológico de los animales para matar microorganismos y eliminar la amenaza de enfermedades.

En 1888, Luis López de la Unidad de Diagnóstico y Control Biológico de Enfermedades Vegetales (Suecia), y Hans Borge Janson de la Universidad de Lund (Suecia), descubrieron por primera vez que un hongo (*Arthrobotrys oligospora*) era capaz de infectar nemátodos. Los hongos nematófagos son, sin duda, fascinantes de observar al microscopio capturando nemátodos. Muchos de sus huéspedes, los nemátodos, son parásitos de plantas o de animales que afectan a nuestros cultivos o ganado. Los nematicidas químicos que se usan para su control son compuestos tóxicos para la salud humana y el medio. Muchos de ellos, se han prohibido o se ha limitado su uso en muchos

países. Por ello, parece adecuado estudiar las posibilidades de los hongos nematófagos como agentes de control biológico de nemátodos fitopatógenos.

El efecto del Dazomet, producto formulado en ciudad de La Habana, Cuba, fue evaluado para el control de nemátodos, en la reducción de las poblaciones de *Meloidogyne incognita*, en el cultivo de pepino.

Un cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en Cuba, fue atacado por la plaga de nemátodo (*Meloidogyne*). Para el control de esta plaga, se utilizó un método para su control, en las condiciones climáticas de Cuba.

Se evaluó el efecto del Dazomet, producto a base de 3,5 dimetil tetrahidro y 1,3,5 tiadiazin formulación en polvo al 98%, sintetizado y producido en Cuba por el Instituto Nacional de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) en el 2008, a cargo de los Ingenieros Gómez y Rodríguez.

La aplicación del Dazomet, a dosis de 400 kg.ha⁻¹, logró reducir la población del nemátodo, *Meloidogyne incognita*, de índice infestación del 56% a índice del 13,3%.

La bacteria entomopatógena más conocida, estudiada y utilizada como agente de control microbiano es el *Bacillus thuringiensis* Berliner. Más del 90% del mercado de bioinsecticidas incluye productos a base de esta bacteria (Glare y O'Callaghan 2000), lo que revela el interés que existe en la aplicación de esta bacteria como agente de biocontrol.

La selección y evaluación de cepas de *Bacillus thuringiensis* con nuevas potencialidades de control podría aumentar sus posibilidades de uso. Son pocas las cepas de *Bacillus thuringiensis* con actividad conocida contra nemátodos.

A partir de 1992, aparecieron patentes de aplicación de Mycogen Corporation (San Diego, EUA), que refieren el uso de cepas de *B. thuringiensis* como agente biocontrolador de nemátodos fitoparásitos (Zuckerman 1995). Otras patentes cubren la clonación de genes de *Bacillus thuringiensis* y su transferencia al genoma de microorganismos y plantas para que se expresen allí y controlen los nemátodos susceptibles. El resto de las cepas mostró niveles de inhibición inferiores al 80%, por lo que fueron descartadas.

En Puerto Rico, el cultivo del plátano (*Musa acuminata* y *Musa balbissiana*), se ve afectado mayormente por los daños que ocasionan diversas plagas y enfermedades. Entre las plagas de importancia económica se encuentra, el picudo del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar) y los nemátodos fitoparasíticos (*Meloidogyne*). Las prácticas recomendadas para eliminar o disminuir las poblaciones de nemátodos en los cultivos están basadas en la utilización de métodos químicos, físicos, genéticos, culturales y biológicos.

Uno de los mecanismos de control, es la toxicidad de nitratos, cambios en pH del suelo y mayor actividad de la ureasa en el suelo. Generalmente, los residuos orgánicos más efectivos para el control de nemátodos son aquellos que poseen alto contenido de nitrógeno. Esto fue estudiado por González y Canto en 1993 en la Universidad de Puerto Rico, quienes reportaron que las microparcels inoculadas con estiércol de caballo y de gallina aumentaron el rendimiento de los tubérculos de papa y cultivos de plátanos, obteniéndose una mayor reducción en el número de nemátodos cuando se usaba estiércol alto en nitrógeno (gallinaza). El estiércol de gallina a diferencia de las otras enmiendas no mostró ser fitotóxico. Aparentemente, los resultados se relacionan con niveles altos de nitrato, actividad de la ureasa y un pH del suelo más básico. Otros estudios indican que la combinación de enmiendas orgánicas con benzaldehído reduce la incidencia de *Meloidogyne incognita* y otros nemátodos fitoparasíticos.

Estas prácticas han sido utilizadas por los agricultores y actualmente se incluyen en todo programa de manejo integrado y agricultura sustentable. La aplicación de residuos orgánicos, como una

alternativa de control de nemátodos fitoparasíticos, es una práctica agronómica que se ha utilizado por muchos años en cultivos de importancia económica.

Por tanto, existen muchos métodos de combate de nemátodos Meloidogyne y uno de estos es el que estudiaremos en los siguientes capítulos; el cual es el control químico a base de nematicidas eficaces, capaz de reducir en menor tiempo la plaga de nemátodos que afecta a la agricultura.

2.2 Base teórica

2.2.1 El petróleo y su composición química

El petróleo es una mezcla oleaginosa, natural, inflamable, cuyo color varía desde amarillo hasta negro, su densidad es igual o menor al agua y dependiendo de su origen puede tener un amplio rango de viscosidades. En su estado natural, el petróleo se encuentra constituido por una serie compleja de hidrocarburos, en la cual los que están presentes en mayor proporción en el alquitrán de petróleo son los fenoles, cresoles, mercaptanos, tiofenos, sulfuros, disulfuros y compuestos órgano-metálicos.

El Instituto Americano del Petróleo (API), ha desarrollado un sistema universal para la clasificación de los aceites crudos basados en su densidad. El rango de °API de los componentes del crudo se resume en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Características de los componentes del petróleo en función del °API

Rango API	Descripción	Viscosidad	Color	Componentes
0° - 24.3°	Pesado	Extrema	oscuro	Alquitrán, asfalto
24.3°- 31.3°	Medio	Moderada	marrón	Gasolina y diesel
31.3° - 47°	Ligero	Fluida	amarillo ligero	Condensados/gasolina

Fuente: Composición del crudo en función del API (1)

Para nuestros propósitos, es recomendable que el alquitrán tenga un °API bajo, porque así se obtendrá un mayor porcentaje de aceite amarillo requerido para la elaboración del nematicida. Por

otro lado, el alquitrán obtenido de un crudo pesado tendrá un menor costo que el proveniente de un crudo ligero.

2.2.2 Procesos para la obtención del alquitrán de petróleo

El petróleo por sí mismo es una mezcla de hidrocarburos. El alquitrán de petróleo se puede obtener luego de algunos procesos químicos de refinación del petróleo.

La refinación consiste en el empleo de calor, presión y/o sustancias químicas, para separar y combinar los tipos básicos de moléculas de hidrocarburos que se hallan de forma natural en el petróleo, transformándolos en grupos de moléculas similares. El alcance de esta investigación abarca los procesos de destilación y el craqueo térmico, métodos utilizados para la separación y conversión molecular del crudo y sus derivados.

La destilación fraccionada se realiza en una columna que opera a presión atmosférica y en función de temperaturas fijas se obtendrán sustancias predeterminadas. El petróleo crudo pasa primero por un horno, donde se calienta hasta un máximo de 400°C y se convierte en vapor, luego los vapores se van condensando para obtener diferentes productos; la porción del petróleo que no se evaporó, como el crudo reducido, se deposita en el fondo de la columna.

El crudo reducido o residuo atmosférico, procedente del fondo de la columna, se bombea a la unidad de destilación al vacío, en donde previamente se calienta en un horno a una temperatura cercana pero no mayor a los 400°C antes de ser introducida en la columna de vacío. Esta columna trabaja con una presión absoluta de unos 20 mm de Hg, permitiendo extraer más productos ligeros sin descomponer la estructura molecular de los componentes. En la unidad de vacío se obtendrá un residuo denominado alquitrán de petróleo y que constituye la materia prima que se necesita para la producción del aceite amarillo. (Ver figura 2.3).

En la figura 2.3 se puede apreciar los procesos involucrados en la producción de aceite amarillo.

Tabla 2.2: Características de los productos obtenidos de la destilación

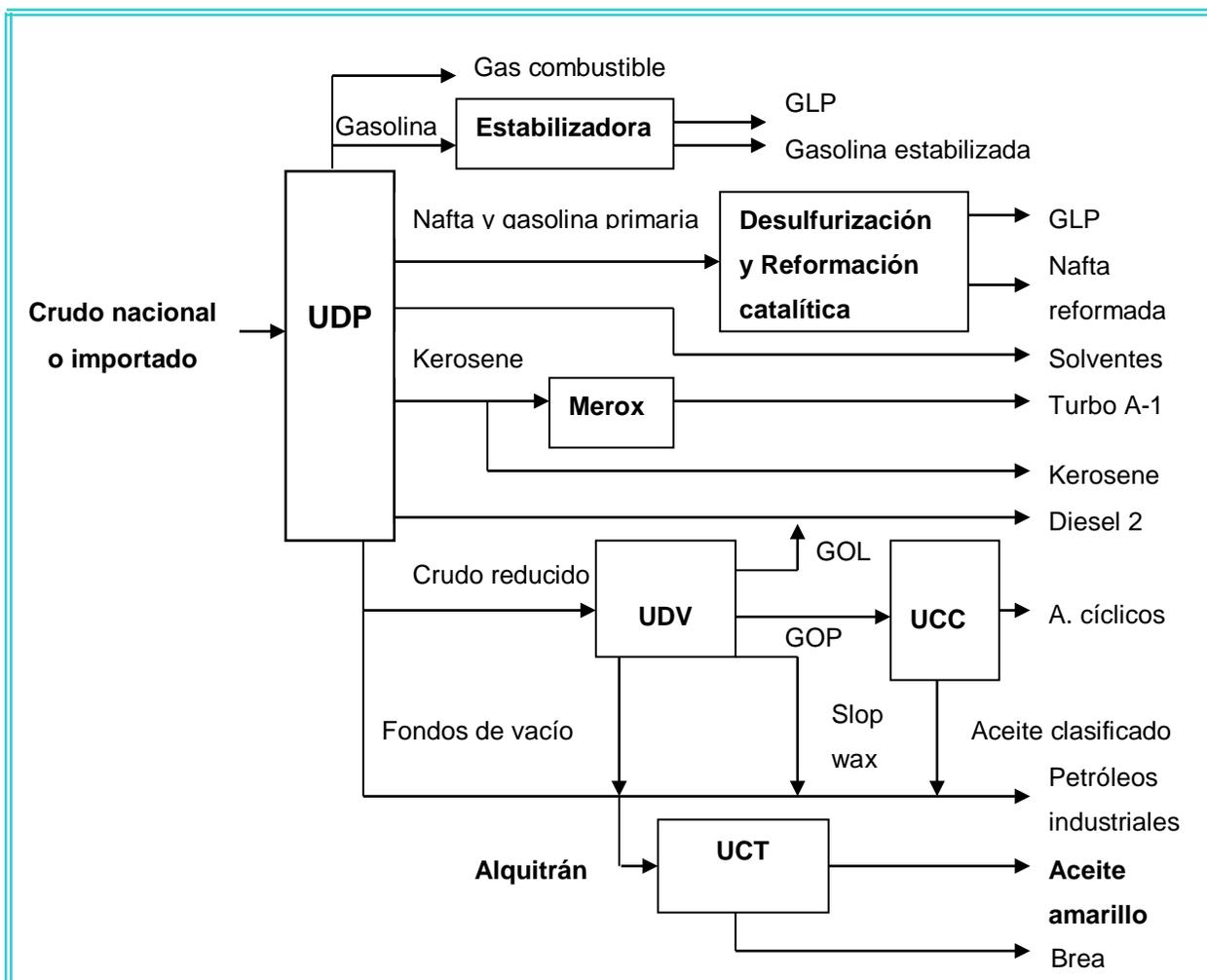
Producto	Composición	Temp. de dest. (°C)	Aplicación
Gases	Metano a butano	< 35	Combustibles
Éter del petróleo	Pentano a heptano	35-90	Solventes
Gasolina y bencina	Heptano a nonano	70-220	Combustibles para motores
Kerosene	Decano a hexano	200-300	Alumbrado y combustible
Gas oil	Heptano a eicosano	Hasta 375	Lubricantes de las gasolinas
Aceites lubricantes	Eicosano en adelante	> 300	Lubricantes de motores
Alquitrán de petróleo	Tetracontano en adelante	> 400	Aceite amarillo, brea

Fuente: <http://cta-quimiorga-sil.blogspot.com/>

Por otro lado, el craqueo térmico es un proceso en el cual los enlaces carbono-carbono del alquitrán son rotos por acción del calor a una temperatura de 350°C, seguido de enfriamiento, condensación y separación física de los productos.

Los procesos descritos se resumen a continuación:

Figura N° 2.3: Procesos de Refinación del crudo



Fuente: <http://cta-quimiorga-sil.blogspot.com/>

2.3 Marco conceptual del alquitrán

2.3.1 Definición y características de la carga

El alquitrán es una sustancia bituminosa líquida, muy viscosa, grasa, de color oscuro y de olor fuerte a naftalina, desagradable y amargo, que se obtiene de la destilación del petróleo. El alquitrán es un residuo negro y pegajoso formado por la mezcla de hidrocarburos aromáticos, bases nitrogenadas y fenoles, algunas de las cuales se consideran carcinogénicas o residuos tóxicos.

Es preciso cumplir con ciertas características del alquitrán para la destilación; esto es, utilizar una carga con la mayor composición de hidrocarburos nafténicos y aromáticos para obtener una mayor

producción de aceite amarillo. Aunque el alquitrán es un compuesto muy complejo, en la tabla 2.3 se mencionan algunos de sus componentes:

Tabla 2.3: Composición del alquitrán de petróleo

Componente	Fracción de alquitrán (%)	Uso
Quinolinas	8.0	Aceite amarillo
Carbazol	6.4	Aceite amarillo
Antraceno	4.2	Aceite amarillo
Acenaftenos	1.4	Aceite amarillo
Naftaleno	22.0	Ácido ftálico
Fenantreno	18.0	Tintes
Monometilnaftalenos	12.8	-
Cresoles y xilenoles	11.3	-
Fluoreno	7.8	Síntesis orgánica
Fenol	6.4	Plásticos
Otros	1.7	-

Fuente: MTC-Laboratorio de análisis químicos, Informe N° 060.91 – Agosto 1991

Para obtener un aceite amarillo de buena calidad a partir del alquitrán, es importante que éste cumpla con las especificaciones adecuadas. Veamos algunas definiciones de ellas:

a) Punto de Ablandamiento.- Prueba que se define como la temperatura a la cual el alquitrán pasa de sólido quebradizo a líquido viscoso.

b) Valor de Coquización (residuo de carbón).- Estas son mezclas de muchos compuestos sólidos ricos en carbonos, que difieren en sus propiedades físicas y químicas.

c) Contenido de material insoluble.- Son materiales insolubles en ciertos solventes que no se pueden separar a través de la destilación y que se encuentran presentes en el alquitrán en menor cantidad.

La calidad típica para una muestra de alquitrán de petróleo se presenta en la tabla 2.4.

Tabla 2.4: Análisis típico de una muestra de alquitrán de petróleo

Ensayo	Norma	Resultado
Grav. esp. a 15.6°C (°API)	ASTM D1298	3.26
% Contenido de agua	ASTM D1796	1.05
Viscosidad SSF (25°C)	ASTM D445	2.08
Viscosidad SSF (60°C)		19.00
Destilación (% en peso)	ASTM D-244	
170°C (aceite ligero)		1.7
230°C (aceite medio)		7.33
270°C (aceite pesado)		10.97
300°C (aceite antraceno)		15.74
355°C (brea)		68.76
Pto. de abland. (°C)	ASTM D36	40
%p/p Valor de coquización	ASTM D388	5
% Insolubilidad en quinolina	ASTM D2764	0.85

Fuente: MTC-Laboratorio de análisis químicos, Informe N° 060.91 – Agosto 1991

Como se ha mencionado, el alquitrán de petróleo está compuesto por una gran cantidad de hidrocarburos aromáticos, que tienen una importancia industrial extraordinaria; constituye materia prima para la producción de aceite amarillo empleada para preparar nematocidas útiles en la industria agroquímica; además de otras aplicaciones, es insumo en más del 60% de productos

tales como plásticos, elastómeros, fibras sintéticas y también, para colorantes, insecticidas, medicamentos, etc.

2.3.2 Países productores del alquitrán del petróleo

Los principales países productores de alquitrán de petróleo son: Canadá, Irak, Arabia Saudita, Rusia y países sudamericanos.

Canadá es uno de los mayores productores de petróleo a nivel mundial. Además, es el principal productor de alquitrán proveniente de arenas de alquitrán, no obstante, el proceso de obtención de este producto es altamente contaminante y costoso. En el 2010, la producción de arenas de alquitrán se incrementó de manera considerable hasta los 207.45 millones de barriles por día extraídas del norte de este país. Muchas compañías canadienses como Suncor Energy, Syncrude Corp. y Albian Sands, se encargan de la extracción y el refinamiento de este recurso.

El Sur de Irak posee grandes cuencas petroleras; en el 2010 se encontró que el 10.7% de las reservas mundiales de petróleo pertenecen a Irak, por lo que también es un gran productor de alquitrán de petróleo. En la tabla 2.5, se observa que Irak y Arabia Saudita tienen una producción diaria considerable de alquitrán.

La producción de alquitrán en Sudamérica está en ascenso, principalmente en los países de Venezuela, México y Colombia.

Es importante señalar que el alquitrán de petróleo está en función de los procesos de refinación a la que se le somete al crudo en cada país; por lo que se obtendrán diversas calidades de alquitrán que serán útiles para diferentes industrias. El alquitrán de petróleo que cumple con las características nematocidas corresponde a un alquitrán Colombiano, que tiene una alta composición de quinolina, que es el ingrediente activo para el control de los nemátodos.

En la tabla 2.5 se muestra la producción mundial de alquitrán de petróleo.

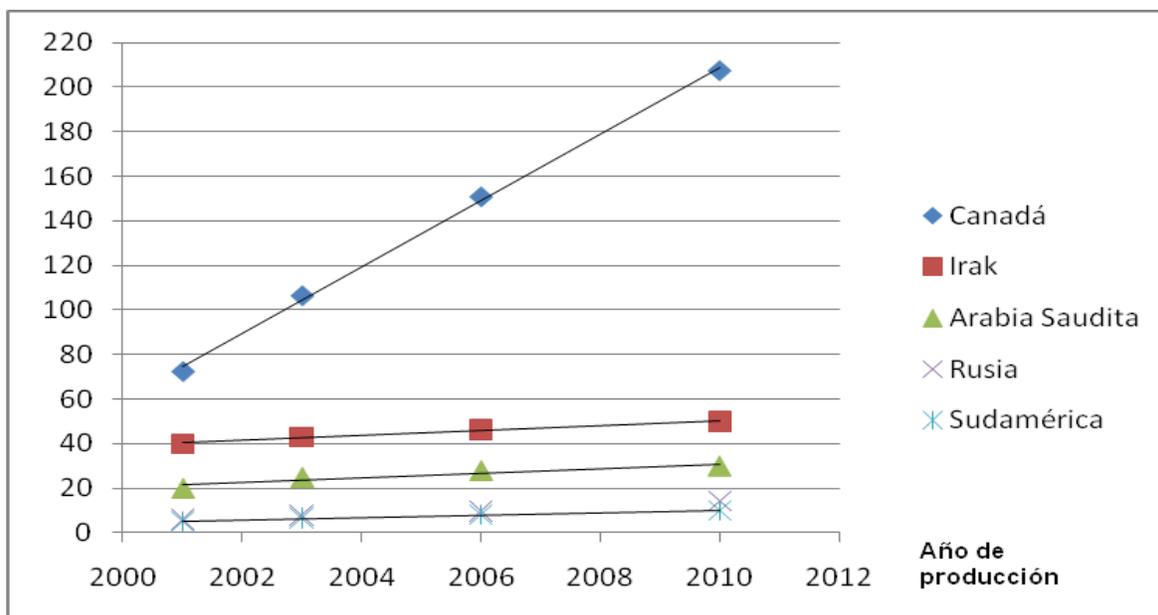
Tabla 2.5: Producción del alquitrán (mmb/día)

Año País	Canadá	Irak	Arabia Saudita	Rusia	Sudamérica
2001	72.48	40.00	20.00	6.00	5.00
2003	106.51	43.00	25.00	8.00	6.80
2006	150.86	46.20	28.00	9.80	8.20
2010	207.45	50.00	30.00	14.20	10.00

Fuente: http://www.sindominio.net/singuerra/reservas_petroli.html

En la figura 2.4 se observa la tendencia de la producción de alquitrán de petróleo en los últimos años, de los países ya mencionados.

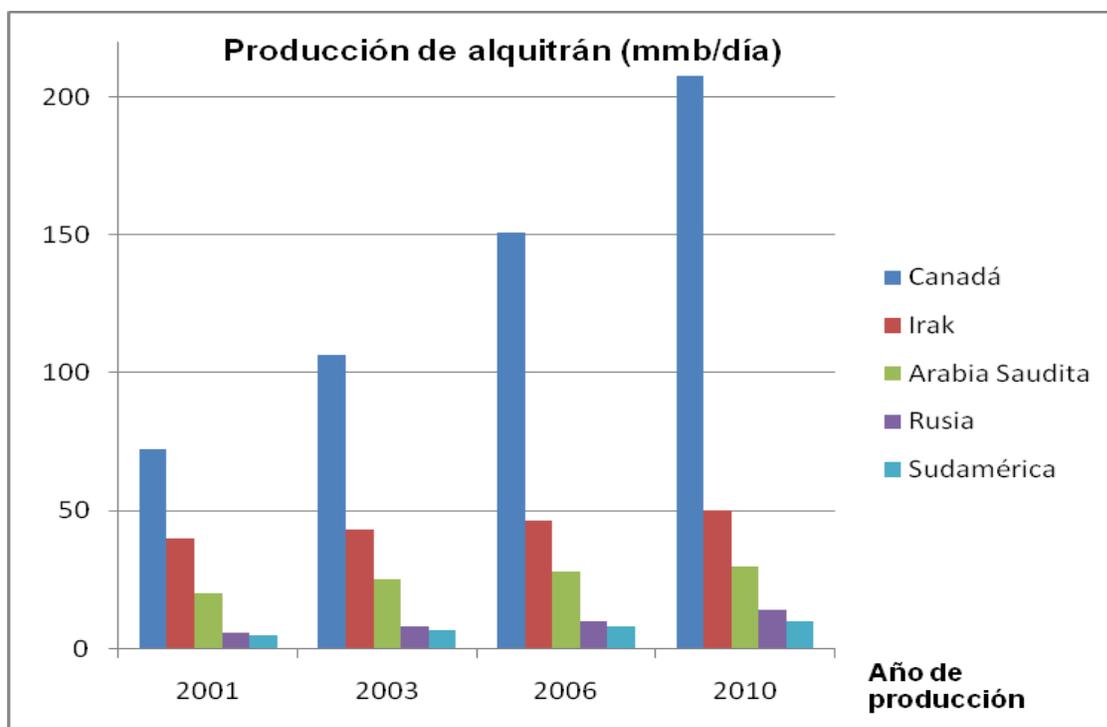
Figura 2.4: Tendencia de la producción del alquitrán (mmb/día)



Elaboración propia

En la figura 2.5 se muestra la comparación del alquitrán producido por los diversos países.

Figura 2.5: Gráfico comparativo de la producción del alquitrán (mmb/día)



Elaboración propia

CAPÍTULO III

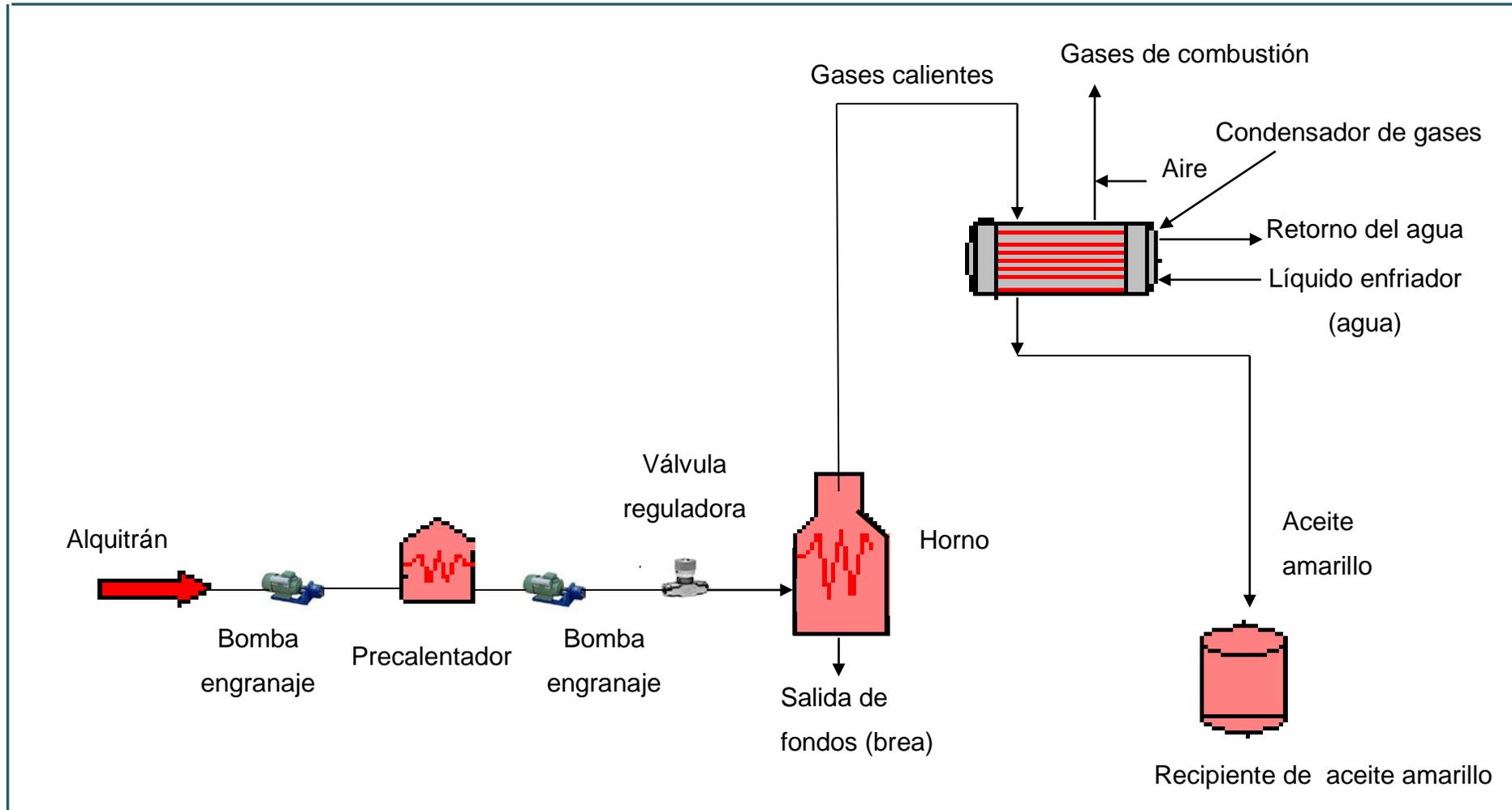
HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis general

3.3 Proceso de obtención del aceite amarillo

El proceso de obtención del aceite amarillo implica:

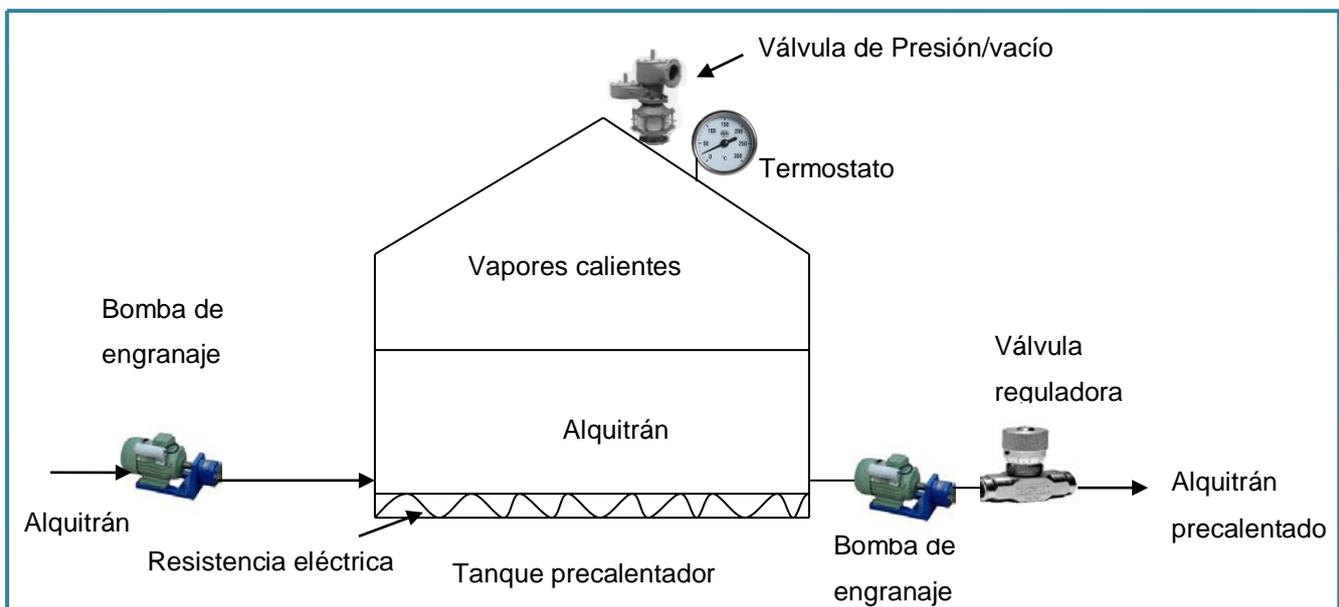
Figura N° 3.1: Diagrama de proceso de obtención del aceite amarillo



En un período de trabajo de 60 días se va a destilar 687gph de alquitrán de petróleo, el cual pasará primero por un equipo de destilación atmosférica que trabajará durante 8 horas diarias.

Es necesario realizar un precalentamiento de la carga para facilitar el flujo a través de la bomba; además, reducir gastos del combustible utilizado para el funcionamiento del horno. El tanque precalentador utilizado es un tipo de depósito con resistencia eléctrica que calienta la carga por transformación de energía eléctrica en energía calorífica. El equipo tiene una capacidad de almacenamiento de 450 000 galones, es de forma cilíndrica con techo cónico y está construido en acero inoxidable, ASTM A-240/480; presenta una válvula reguladora de flujo del alquitrán precalentado, que trabaja en función del nivel del horno. En este tanque precalentador, el alquitrán es calentado a una temperatura de 80 °C y se mantiene a esta temperatura durante el proceso de destilación del alquitrán.

Figura Nº 3.2: Tanque precalentador de la materia prima



Fuente: Diseño de tanque precalentador (2)

Desde el tanque precalentador de resistencias, el alquitrán se bombea a través de una bomba de engranajes que cuenta con dos engranajes externos los cuales giran en forma sincronizada, permitiendo que el líquido bombeado circule entre los dientes de los engranajes. Su diseño y

construcción permite el trabajo pesado y cubre una variedad de aplicaciones. Sus principales características establecen que:

- Caudales hasta 700 gph; nuestro equipo trabaja a 687 gph.
- Presiones hasta 20 psi; nuestro equipo opera a 14.7 psi ó 1 atm.
- Temperaturas hasta 260 °C; nuestro equipo trabaja a 80°C
- Viscosidad hasta 1000 cSt., nuestro equipo opera a 450 cSt.

Figura N° 3.3: Bomba de engranajes



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/viking-pump/bombas-de-engranajes>

El alquitrán pasará luego a través de un horno, en el que irá calentándose y en el que se mantendrá a la temperatura de 350°C durante cierto tiempo. El proceso de calentamiento utiliza un horno que cuenta con un recubrimiento refractario y aislante, protegido por una envoltura metálica de acero al carbono (ASTM A-36) como recubrimiento, de forma cúbica con dimensiones 2mx2mx3m y con una capacidad de 50 galones, recubrimiento interno que tiene por objetivo reducir las pérdidas caloríficas al exterior.

Como se ha indicado, las paredes interiores del horno se protegen contra los efectos de la temperatura mediante un recubrimiento refractario y aislante, constituido por ladrillos refractarios capaces de soportar temperaturas hasta los 1000°C; el forro metálico de acero al carbono se utiliza para proteger al equipo de la oxidación y corrosión que se pueda presentar.

Se escogió este material porque se trabajará a temperaturas de 350°C y tiene buena resistencia mecánica en caliente.

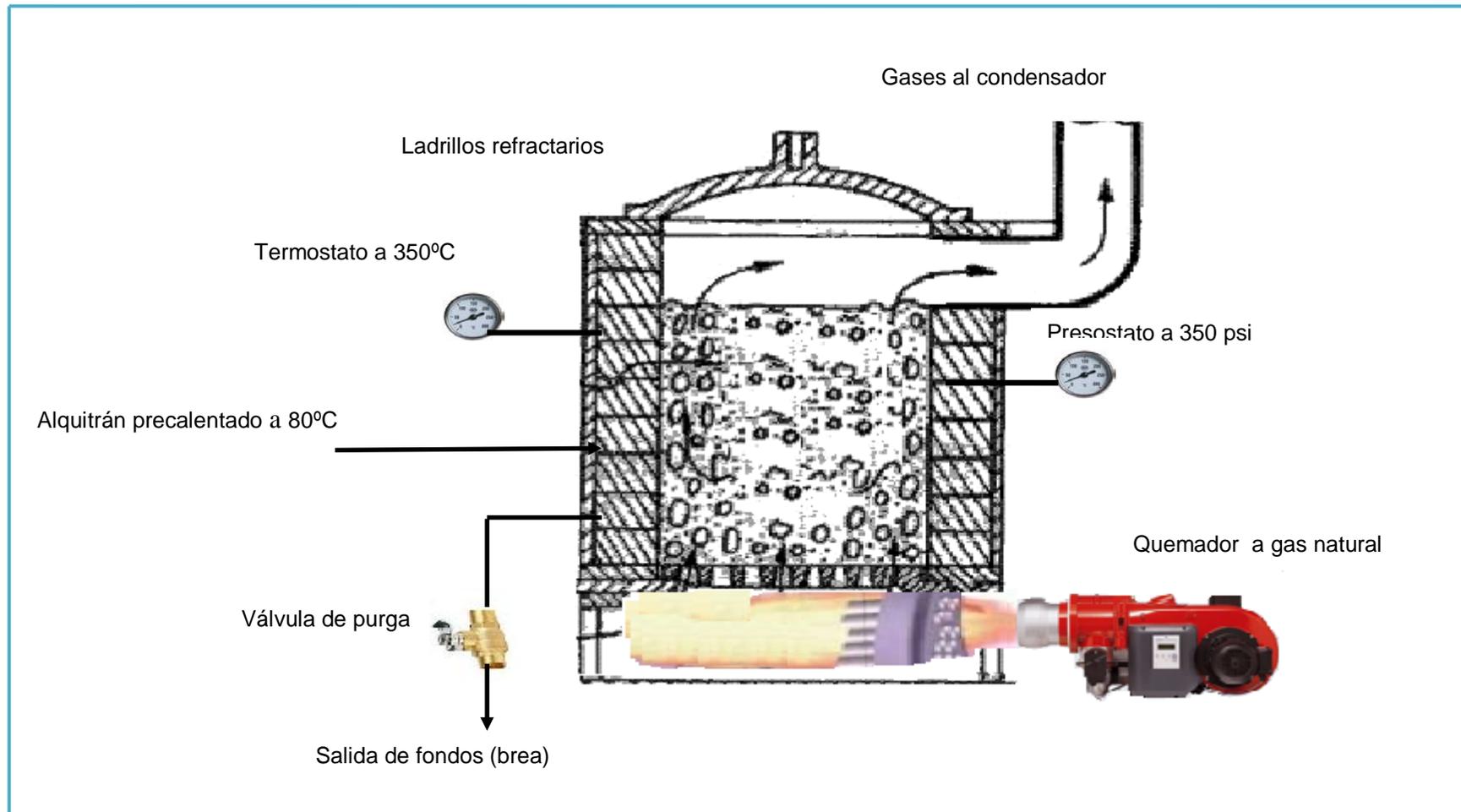
El horno es de fuego directo y produce una cantidad suficiente de calor que hará posible el craqueo del alquitrán y la obtención del aceite amarillo. La temperatura de calentamiento del fluido es de 300-350°C y la presión de vapor generado es de 350 psi, condiciones que evitan su deterioro; además, el nivel del líquido a calentar se mantiene a 2/3 de la altura total del horno.

Para el funcionamiento del horno es necesario suministrar una cantidad suficiente de combustible, como es el gas natural, que ingresará al quemador a una razón de flujo de 1.8gph, para mantener una cantidad de calor en el horno de 48973.10KJ/Kg.

Se utiliza este combustible para reducir las emisiones al medio ambiente y por ser un combustible limpio y económico.

En la Figura N° 3.4, se puede apreciar un horno, con sus respectivos accesorios:

Figura N° 3.4: Horno y accesorios



Fuente: Diseño de un horno de craqueo térmico (2)

Del proceso de destilación de una muestra de alquitrán de petróleo, se obtuvo la siguiente composición de los productos del alquitrán:

Tabla 3.1: % Composición de productos de alquitrán

Productos de la destilación del alquitrán	% de productos
Brea	70
Aceite amarillo	20
Hidrocarburos ligeros	10

Elaboración propia

El rendimiento del horno utilizado en nuestro caso es de aproximadamente 95 % en las condiciones de operación establecidas.

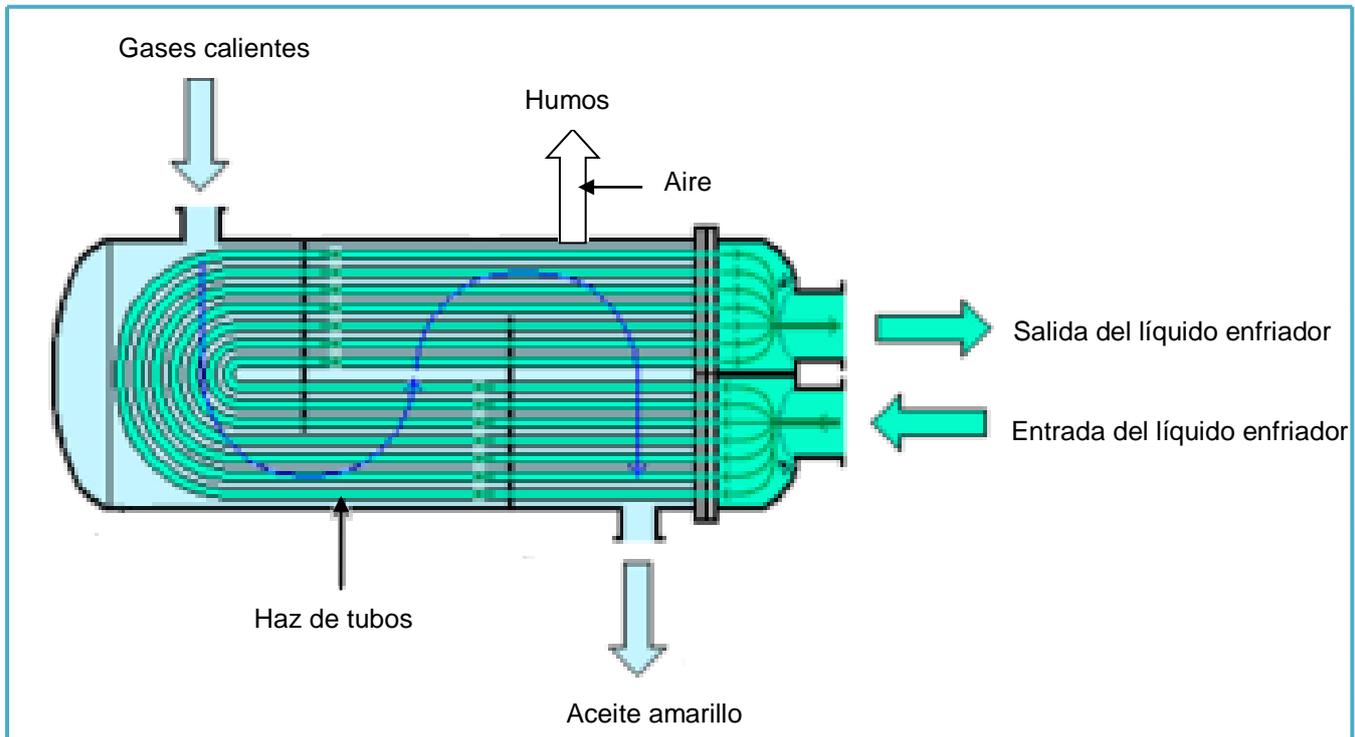
Los gases producidos durante el proceso de destilación van directamente al condensador de gases y en un intervalo de tiempo de una hora se obtendrá el aceite amarillo, que servirá para la preparación del producto nematocida.

El condensador está constituido por un casco y un haz de tubos de doble paso, por donde circula el fluido frío (agua); los tubos dispuestos horizontalmente son de acero al carbono (ASTM A-36), capaces de soportar temperaturas altas. Por otro lado, debe de realizarse un buen control de las variables de operación en el condensador: la temperatura de los gases calientes que ingresan a éste a la temperatura de 350 °C; la temperatura de salida del aceite amarillo, 150°C y el caudal del líquido enfriador o agua, es de 98.928m³/h de manera que se absorba la mayor cantidad de calor, necesaria para obtener el aceite amarillo.

El condensador tiene una chimenea, por la que los gases que no han sido condensados salen al exterior realizándose un control de los humos producto de la combustión, a través de una

entrada de aire con la finalidad de reducir las emisiones de CO, CO₂ y otros elementos que contaminan el medio ambiente. (Ver figura 3.5).

Figura N° 3.5: Condensador de gases



Fuente: <http://www.enalco.nl/index.asp>

El aceite amarillo se obtendrá a una temperatura de 150-200 °C, a una razón de flujo de 138 gph. Los vapores más ligeros se eliminan por el tope y el aceite producido es recibido en tanques de almacenamiento para luego proceder a separar los sólidos suspendidos o contaminantes por decantación y filtración mediante una malla; el porcentaje de impurezas encontradas en el aceite amarillo condensado equivale al 1% del volumen del condensado total. Una vez filtrado el aceite amarillo se toma una muestra a la que se le realizan pruebas en el laboratorio como la determinación de la densidad a temperatura standard (20°C) y la viscosidad, a fin de demostrar que el aceite amarillo es de la calidad requerida para ser usado en la preparación del producto nematicida.

VARIABLES

3.4 Identificación de Variables

Las variables identificadas en el proceso de obtención del aceite amarillo son:

- a) Temperatura de destilado
- b) Temperatura de condensado
- c) Presión de destilado
- d) Tiempo de residencia del alquitrán

3.5 Operacionalización de variables

Durante el proceso de destilación, se tienen algunas variables que requieren ser controladas, entre estas tenemos:

a) Temperatura de destilado

Es la temperatura a la que se calienta el alquitrán para obtener el aceite amarillo; es una variable que debe controlarse para que se produzca un buen craqueo, ya que pueden obtenerse productos no deseados.

b) Temperatura de condensado

Es la temperatura a la que salen los vapores condensados, la cual debe de estar entre 150 a 200°C. La temperatura del condensado obtenido debe controlarse para obtener el aceite deseado. Si la temperatura sobrepasa los 200°C se obtendrá ceras parafínicas; a temperaturas aproximadas a 270°C se obtendrán aceites de color rojo, no útil para nuestro propósito, y a temperaturas por debajo de los 150°C, se tendrá problemas en las tuberías debido a taponamientos o incrustaciones de brea en los accesorios del equipo, que causarán pérdidas del producto y obtención de productos no deseados.

Figura N° 3.6: Aceite amarillo con impurezas



Fuente: Muestra de aceite contaminado tomado el 14-10-2010 por el laboratorio de control de calidad de la empresa Comercial Andina Industrial.

c) Presión de destilado

Es la presión de vapor en el interior del horno, la que debe ser de 350 psi; esta presión es requerida para que se obtenga una buena condensación y se controla para lograr que los gases lleguen al condensador con facilidad.

d) Tiempo de residencia del alquitrán

Es el tiempo necesario en el que el alquitrán permanecerá en el horno para destilarse. Es importante mantener siempre un nivel de fondos mínimo de 18 galones de alquitrán o cubrir la tercera parte de la altura total del horno para aprovechar todo el calor suministrado por éste y mantener un proceso continuo durante toda la operación de destilación del alquitrán. Cada hora se irá purgando brea por los fondos del horno mediante una válvula de control de producto de fondos, que se almacenará en tanques; se estima que por hora se purga 481 galones de brea, aproximadamente. Este parámetro es muy importante durante el proceso de destilación, porque si no se controla el nivel del horno, puede ocasionar problemas operativos como la obtención de aceite amarillo contaminado y no se tendrá una buena eficiencia del proceso.

En caso que no se realice un buen control de las variables de proceso, se obtendrán productos indeseables, que causará una reducción de la eficiencia del equipo de destilación del alquitrán.

Las causas de estos problemas se explican a continuación:

1.- Si no se controla la temperatura de destilado (350°C), en el interior del horno se producirán aceites condensados no emulsionables, es decir, aceites que al ser mezclados con los otros componentes para la preparación del producto nematocida y realizar su dilución en agua al 5%, no producirá una emulsión estable. Esto traerá problemas en la aplicación del producto nematocida en el campo.

2.- Si no se controla la presión de vapor en el interior del horno, que es de 350 psi, se presentarán los siguientes problemas:

- Debajo de este valor, no se producirá la cantidad suficiente de aceite amarillo a la salida del condensador de gases.

- Por encima de los 350 psi, el vapor estará saturado y al pasar al condensador, arrastrará partículas de brea, causando taponamientos en los tubos del condensador de gases, así como alteraciones en los equipos de medición de temperatura y flujo.

3.- Al no tener un control adecuado del nivel de alquitrán en el horno, se producirá un aceite amarillo contaminado con trazas de aceites pesados e impurezas, que no nos permitirá obtener un aceite amarillo de la calidad requerida y causará una reducción en el rendimiento del equipo de destilación atmosférica del alquitrán.

Figura N° 3.7: Aceite amarillo contaminado

Fuente: Muestra de aceite contaminado tomado el 15-10-2010 por el laboratorio de control de calidad de la empresa Comercial Andina Industrial.

4.- En caso que no se controle la temperatura de condensado, se obtendrá un aceite amarillo mezclado con pequeñas partículas sólidas parafínicas, causando pérdidas de producto condensado.

5.- Es importante mantener el ingreso permanente de líquido enfriador en el condensador de gases, para la adecuada absorción del calor de los vapores producidos por el horno y la obtención de un buen porcentaje en volumen de aceite amarillo a la salida del condensador.

3.6 Productos obtenidos de la destilación del alquitrán

El alquitrán es un líquido viscoso, negro, brillante, formado por 10% de productos ligeros, 20% de aceites amarillo y 70% de brea no destilable.

Tabla 3.2: Temperaturas de destilación de los componentes del alquitrán

Productos Temp. (°C) de destilación	Productos ligeros	Aceite amarillo	Brea
<150	✓		
150 – 200		✓	
>200			✓

Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL ACEITE AMARILLO

4.1 Definición del aceite amarillo

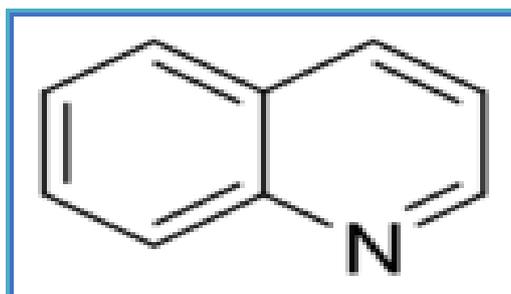
El aceite amarillo, es una mezcla orgánica obtenida de la destilación del alquitrán, es un aceite de uso preventivo contra las plagas, que se aplica en invierno en la etapa de crecimiento de la planta, es decir, cuando no tiene hojas.

La dosis de aplicación de aceite amarillo en los cultivos, debe ser controlada, porque debido a su fitotoxicidad (quemado del follaje por reacciones con la vegetación) puede causar daños a la planta, manifestándose desde manchas foliares hasta la muerte de los cultivos.

Composición química del aceite amarillo

El aceite amarillo, está formado a base de quinolina, C_9H_7N , que contiene un anillo bencénico y otro piridínico fusionados como se ilustra a continuación:

Figura N° 4.1: Estructura de Quinolina



Fuente: <http://members.fortunecity.es/aarontescari/feedback.htm>

Figura N° 4.2: Aceite amarillo

Fuente: Muestra de aceite amarillo tomado el 20-10-2010
por el laboratorio de control de calidad de la empresa
Comercial Andina Industrial.

La composición del aceite amarillo, obtenido de la destilación del alquitrán, se muestra en la tabla 4.1:

Tabla 4.1: Composición química del aceite amarillo

Componente	% Volumen
Quinolinas	57.0
Tolueno	13.0
Xilenos	6.0
Cumarona, indeno, dicitopentadieno	5.0
Naftaleno	4.0
Sustancias insaturadas	4.0
Polialquilbencenos, hidrindeno	3.0
Aceites pesados	1.0
Amilenos	1.0
Ciclopentadieno	0.5
Disulfuro de carbono	0.5
Etilbenceno	0.5
Estireno	0.5
Tiofeno	0.3

Fuente: MTC-Laboratorio de análisis químicos, Informe N° 060.91 – Agosto 1991

4.2 Análisis físico - químico del aceite amarillo

Un análisis normal que se realiza al aceite amarillo incluye los siguientes parámetros:

a) Análisis organoléptico

Este análisis es elemental porque indica las características del aceite amarillo que se pueden describir con facilidad, como el color, olor y aspecto. El aceite amarillo presenta un color amarillo pardo, olor característico y de aspecto líquido poco viscoso.

b) Densidad a condiciones estándar

Para medir la densidad relativa de un aceite, la prueba se realiza a condiciones estándar, presión atmosférica y temperatura de 20°C. El método utilizado es medición de densidad utilizando un picnómetro de 100 ml, a través de la relación entre el peso por unidad de volumen de aceite amarillo de acuerdo a la norma "Determinación de la densidad relativa de productos químicos" (NTP 311.086). El aceite amarillo tiene una densidad de 25.72 °API según la norma "Método de prueba estándar para determinar la gravedad API del petróleo crudo y productos líquidos del petróleo, por el método de hidrómetro" (ASTM D1298); si el aceite cumple esta especificación, es un producto de buena calidad.

c) Viscosidad

La viscosidad de un líquido es la medida de su resistencia interna al flujo. El aceite amarillo, presenta una viscosidad de 50 cSt. aproximadamente, de acuerdo a la norma "Método de prueba estándar para determinar la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos" (ASTM D-445) aplicada, esta viscosidad será un parámetro muy importante porque indicará las características de pureza del aceite amarillo y mostrará una buena mezcla y emulsión en la preparación del producto nematicida.

d) Poder calorífico

El poder calorífico del aceite amarillo, de acuerdo a la aplicación de la norma "Método de prueba estándar para determinar el calor de combustión de los hidrocarburos líquidos" (ASTM D-240), es de 9000 KJ/Kg.

e) Punto de inflamación

Es la temperatura requerida para que se produzcan vapores que, al desprenderse y mezclarse con el aire se inflamen en presencia de una fuente de calor. El punto de inflamación del aceite amarillo, medido de acuerdo a la norma "Método de prueba estándar para determinar el punto de inflamación por copa abierta" (ASTM D-92); es de 370°C.

En la tabla 4.2, se muestran algunas propiedades físicas y químicas medidas en el laboratorio, para determinar la calidad típica del producto.

Tabla 4.2: Propiedades físicas y químicas del aceite amarillo

Propiedad	Método	Resultado
Estado físico	Visual	Líquido, poco viscoso
Color	Pantone	Pantone Black 3C
Apariencia	Visual	Líquido aceitoso
Olor		Olor característico
pH	pH metro	5-7 (sin diluir)
Punto de inflamación (°C)	ASTM D92	370°C aproximadamente
Propiedades explosivas	-	No es explosivo
Peligros de explosión	-	Sin peligro de explosión
Densidad a 20°C (g/cc)	Picnómetro	0.9 +/- 0.3 g/cm ³
Densidad a 20°C (°API)	ASTM D1298	25.72
Viscosidad (cSt) a 40°C	ASTM D445	50
Poder Calorífico (KJ/Kg.)	ASTM D240	9000
Solubilidad en agua	ASTM D893	Miscible en agua

Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL ACEITE AMARILLO COMO NEMATICIDA

5.1 Metodología

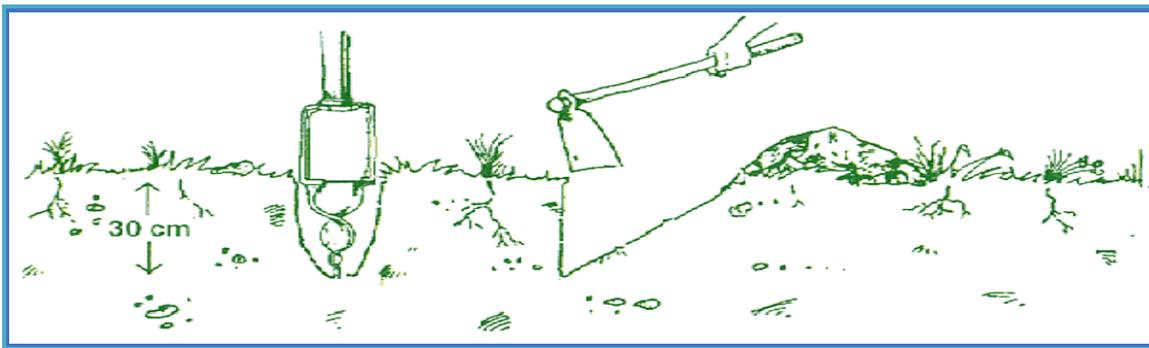
La investigación permitirá hallar la eficiencia del aceite amarillo como nematicida, en condiciones de laboratorio. La metodología empleada, consiste en la recuperación de los nemátodos (*Meloidogyne incógnita*), por el método Baerman (método de la bandejita) para lo cual se realizó el estudio a tres soluciones de aceite amarillo en concentraciones del 10%, 20%, 30%. Siendo la dosis de disolución 5% (1lt. de aceite/200lt. de agua) y el tiempo de exposición de los nemátodos de: 2, 8, 24, 48, 72 horas, tomando como testigo o solución blanco (sin soluto), el agua.

5.2 Muestreo del suelo

5.2.1 Población

Para comprobar la presencia de nemátodos se toman alrededor del suelo inmediato a las raíces de las plantas que muestran síntomas y de plantas próximas aparentemente sanas. Las muestras se toman a una profundidad de 20 a 30 cm, generalmente en la zona de mayor desarrollo radical. Las muestras se toman al azar, recorriendo el terreno en forma de zigzag recomendándose tomar de 10 a 20 submuestras por hectárea. No deben tomarse muestras de plantas muertas.

Figura N° 5.1: Instrumentos utilizados para la extracción de muestras de suelo

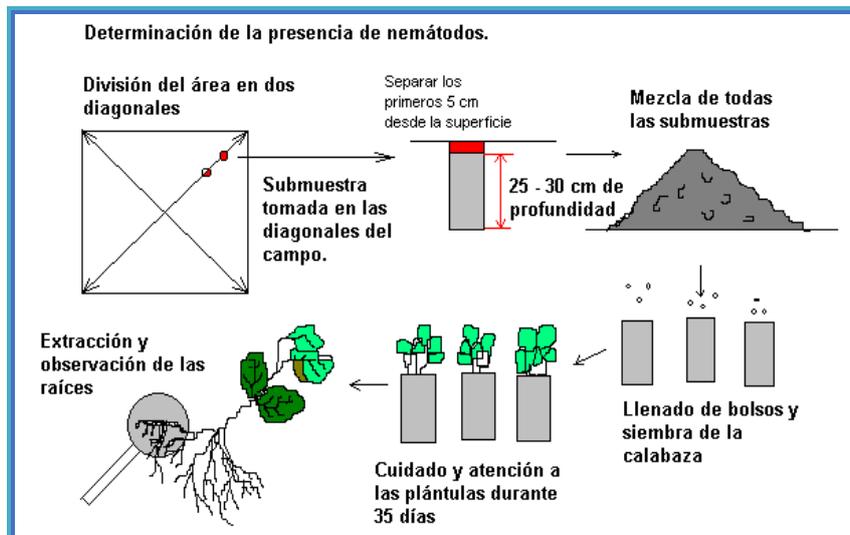


Fuente: http://www.infoagro.com/citricos/diagnostico_nutricional_citricos2.htm

5.2.2 Muestra

Las muestras deben depositarse en bolsas plásticas para evitar que se sequen, dado que los nemátodos mueren cuando están expuestos a altas temperaturas o cuando se encuentran en suelo seco. Si no es posible analizar inmediatamente o en pocos días la muestra, esta debe ser refrigerada entre 5 a 10°C. A estas temperaturas los nemátodos permanecen vivos durante varias semanas.

Figura N° 5.2: Método de recolección de nemátodos



Fuente: <http://guarico.com.ve>

Después de tomar las muestras, se procede a la extracción de los nemátodos.

5.2.3 Técnica Baerman para recolección y conteo de nemátodos

Esta técnica requiere usar suelo húmedo y sólo sirve en los casos de nemátodos vivos y móviles. Los materiales que se emplean son: una vasija plástica, 3 tamices número 20, 270 y 325 mesh, platos de decantación, tamices de decantación y papel filtro.

Figura N° 5.3: Instrumentos para la recolección de los nematodos



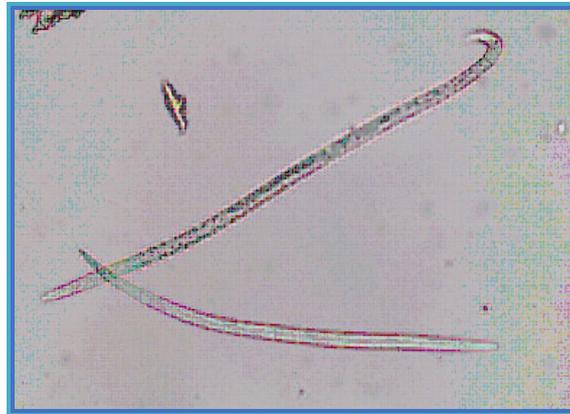
Fuente: Laboratorio nematológico UNALM, 10-09-2005

El procedimiento establece que se miden 100 centímetros cúbicos de la muestra de suelo y se colocan en la vasija plástica. Luego, se agrega agua en cantidad suficiente para formar una suspensión. Esta suspensión debe ser agitada intensamente hasta que todo el suelo quede totalmente disperso. Después, se hace pasar la suspensión a través de los tamices que deben ser colocados uno debajo del otro, de mayor a menor abertura de malla. Se recoge el sedimento del tamiz de menor abertura y se pasa a un vaso de precipitado.

La suspensión del vaso se vierte en el tamiz de decantación, al que previamente se le ha colocado papel de filtro. Luego, el tamiz de decantación se coloca sobre el plato de decantación y al tamiz se le agrega agua hasta cubrir completamente el suelo. Se deja por 24 ó 48 horas; los nemátodos se remueven por gravedad y quedan suspendidos en el agua del plato. Al cabo de ese tiempo, se vierte la suspensión del plato a un vaso de precipitado. La suspensión del vaso se agita y de ella se toma una alícuota de 5cc si la lectura se va a hacer

en cajas de conteo o de, aproximadamente, $\frac{1}{2}$ cc si se va a hacer en portaobjetos con divisiones. El conteo de los nemátodos se realiza en un microscopio de disección.

Figura N° 5.4: Vista de los nemátodos en el microscopio de disección



Fuente:http://aym.juntaex.es/sectores/agricultura/sanidad_vegetal_introduc/nematodo/ficha.htm

5.2.4 Técnica Baerman para medir el rendimiento del nematicida

Se obtuvo una muestra de suelo de un campo de tomate infestado con el nemátodo del nudo o *Meloidogyne incógnita*.

Se recuperaron los nemátodos por el método de Baerman. Los nemátodos (42, aproximadamente), se colocaron en 12 placas de conteo, en una gota de agua. En cada placa, se añadieron 10 cc de las soluciones de aceite amarillo a las concentraciones respectivas, con las dosis mencionadas de 5% (1lt/200lt de agua). En las evaluaciones a las 2, 8, 24, 48 y 72 horas, se contaron los nemátodos que no tenían movimiento (posiblemente muertos) y los vivos. Después de las 72 horas, empleando un tamiz o malla de 500 mesh, se transfirieron los nemátodos al agua de caño, para observar si se recuperaban. Finalmente, se dejaron a los nemátodos en el agua, por un tiempo de 30 minutos, para luego contar los nemátodos muertos y vivos. En el caso del testigo, los nemátodos permanecieron sólo en agua de caño, continuando vivos.

Figura N° 5.5: Vista al microscopio de la acción del aceite amarillo en los nemátodos



Fuente:http://aym.juntaex.es/sectores/agricultura/sanidad_vegetal_introduc/nematodo/ficha.htm

5.3 Instrumentos de recolección de datos

Los materiales que se utilizan para este análisis por el método de Baerman son: placas de contaje, coladera metálica o rejilla, pipetas, gasas, pinzas.

Figura N° 5.6: Instrumentos usados para el ensayo nematológico



Fuente: Laboratorio nematológico UNALM, 10-09-2005

5.4 Resultados del análisis.- Los resultados obtenidos, para una población de 42 nemátodos se muestran en las tablas 5.1 y 5.2:

Tabla 5.1: Números de nemátodos (Meloidogyne) muertos, después de su exposición en aceite amarillo durante varias horas:

Horas de exposición	Aceite Amarillo			Testigo
	10%	20%	30%	
2	0	1	0	0
8	0	1	1	0
24	4	5	3	0
48	15	20	17	1
72	21	22	20	1
Final	21	22	20	1

Fuente: UNALM, Informe de ensayo nematológico para

Comercial Andina, 30-09-2005

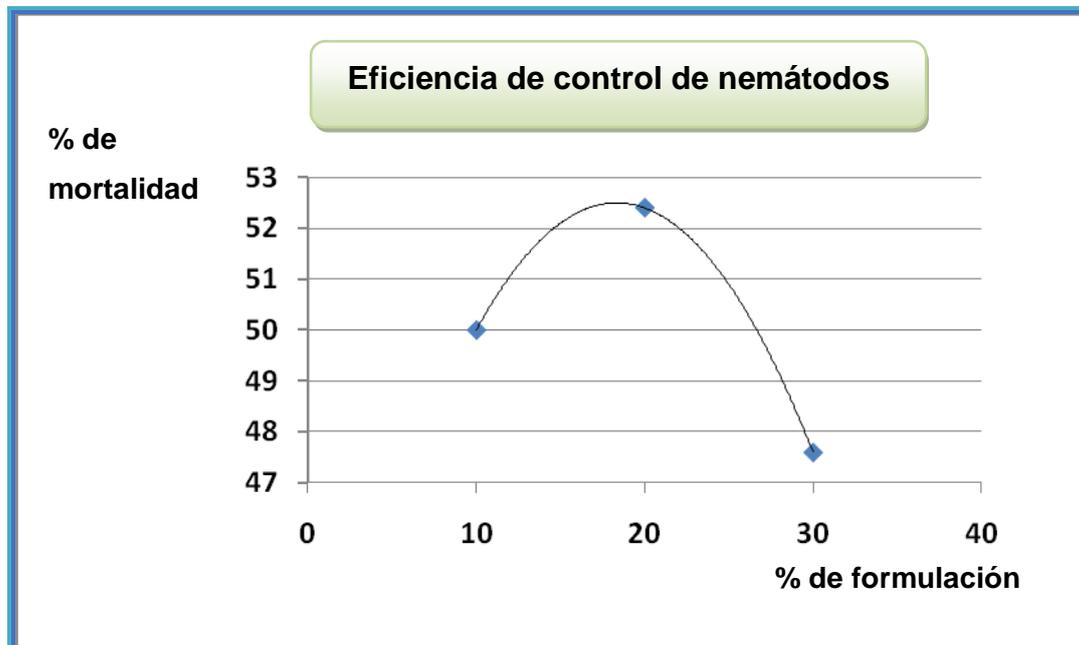
Tabla 5.2: Porcentaje de nemátodos (Meloidogyne) muertos, después de su exposición en aceite amarillo durante varias horas.

Horas de Exposición	Aceite Amarillo			Testigo
	10%	20%	30%	
2	0	2.4	0	0
8	0	2.4	2.4	0
24	9.5	12	7.1	0
48	35.7	47.6	40.5	2.4
72	50	52.4	47.6	2.4
Final	50	52.4	47.6	2.4

Fuente: UNALM, Informe de ensayo nematológico para Comercial

Andina, 30-09-2005

Figura 5.7: Gráfica de eficiencia del aceite amarillo en el control de nemátodos (*Meloidogyne incógnita*) a diferentes concentraciones.



Elaboración propia

5.5 Interpretación de la información

- La concentración al 10% de aceite amarillo alcanzó una eficiencia del 50%, además se observó que a medida que se incrementaba la concentración en 20% y 30%, la eficiencia iba disminuyendo en 52.4% y 47.6%, respectivamente.
- Se observó que para la elaboración del producto nematicida, el aceite amarillo debe ser usado en concentraciones del 10% al 20%, para obtener una mayor eficiencia de control de nemátodos en los cultivos.
- Para facilitar el mezclado del aceite amarillo con el agua, es necesario añadir un aditivo emulsificante al producto nematicida.

CAPÍTULO VI

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO

6.1 Producto nematicida

El producto nematicida es un nematicida agrícola, cuya composición principal es el aceite amarillo y un aditivo como el aceite de pino con un emulsionante. Este producto debe tener una gran actividad en el campo de forma eficaz, previsible y firme.

El aceite amarillo que ataca a la plaga se utilizará al 20%, se mezclará con el 74% de aceite de pino que es un ingrediente inerte y finalmente, se le añadirá el 6% de un emulsionante (Quimex MP4N9) para mejorar su disolución en agua. Este tipo de plaguicida, debe emplearse diluido en agua para reducir su concentración antes de su empleo. Este producto no es explosivo, no es corrosivo, no es inflamable. El componente principal del aceite amarillo es el amarillo de quinolina. Este producto, dependerá de la composición de la carga, por lo que cuanto más componentes aromáticos y nafténicos posea el alquitrán de petróleo, más amarillo de quinolina se obtendrá en el producto nematicida, lo cual es bueno para el proceso. Posteriormente, con el uso del producto, se verá que no solamente es un nematicida eficaz, sino además induce al crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Figura N° 6.1: Producto nematicida



Fuente: Laboratorio de análisis físico-químico de
Comercial Andina, 20-10-2010

El proceso de obtención del producto terminado requiere pruebas físico-químicas, como estabilidad a la emulsión para que sea un producto de calidad apropiada.

La estabilidad se refiere a la resistencia presentada por las emulsiones a la coalescencia de las gotitas de la fase dispersa.

El Concentrado Emulsionable (EC) es el nombre que se le da a este producto por sus características físico-químicas por formar una emulsión al contacto con el agua y estar formado por una mezcla de aceite amarillo, aceite vegetal y emulsificante. La fórmula debe formar una emulsión estable durante la aplicación al contacto con el agua. Al verter un volumen de 50 ml. del producto nematocida en un litro de agua, la solución se decolora de pardo a blanco, se puede voltear el recipiente para ver este efecto. Las emulsiones son, por definición, sistemas inestables.

Figura N° 6.2: Emulsión de aceite amarillo en agua



Fuente: Laboratorio de análisis físico-químico de
Comercial Andina, 20-10-2010

Existen tres procesos que definen la inestabilidad de la emulsión, los cuales son:

a) Formación de nata (creaming).- Este fenómeno es originado por las diferencias de densidades entre dos fases líquidas, esto ocurre al realizar una mala mezcla del aceite amarillo el aceite vegetal y el emulsificante que trae como consecuencia la formación de una película de nata o crema, generalmente en la parte superior, pero hay casos que se forma en la parte

inferior del recipiente con el líquido en emulsión. Esto ocurre por la presencia de contaminantes en la mezcla que no permite que haya una buena emulsión.

Figura N° 6.3: Formación de nata en la emulsión



Fuente: Laboratorio de análisis físico-químico de
Comercial Andina, 25-10-2010

b) Agregación.- Este proceso ocurre cuando dos o más gotitas de aceite se agrupan tocándose sólo en ciertos puntos sin que se genere ningún cambio en el área interfacial total. Esto se presenta debido a un mal control de la temperatura al realizar el craqueo del alquitrán de petróleo.

c) Coalescencia.- Este fenómeno ocurre cuando dos o más gotas se unen formando una unidad simple de mayor tamaño con una consecuente reducción total del área interfacial hasta cubrir toda la superficie de la disolución. Este fenómeno se produce como consecuencia de no haber tenido un buen control del nivel adecuado de materia prima al realizar la destilación fraccionada del alquitrán.

Figura N° 6.4: Coalescencia de aceite amarillo en emulsión

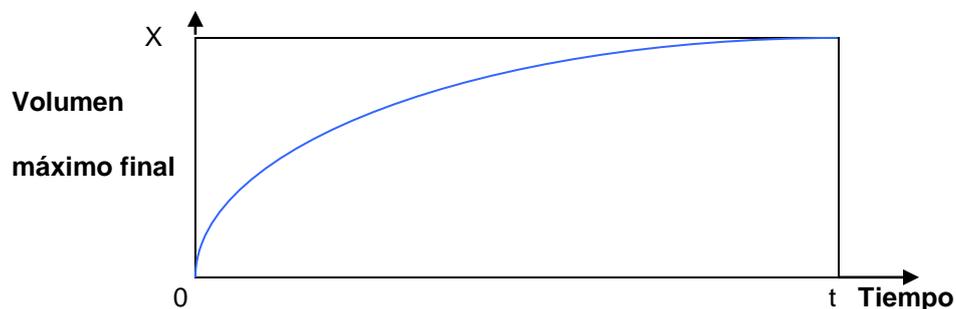


Fuente: Laboratorio de análisis físico-químico de
Comercial Andina, 25-10-2010

Si no se tiene un buen control de las variables de operación en la destilación del alquitrán, se obtendrá productos contaminantes en el producto final que alterarán la superficie de la emulsión e irá aumentando su volumen en el tiempo causando inestabilidad en la emulsión.

La estabilidad de una emulsión suele relacionarse con el volumen de las fases separadas. La figura 6.5 indica la variación típica del volumen de la fase separada de la emulsión a medida que transcurre el tiempo. El volumen máximo final corresponde a las gotas de fase interna que han coalescido, donde X es el volumen de una misma fase a tiempo infinito, que puede llegar a 3% del volumen total de disolución.

Figura Nº 6.5: Fracción de volumen coalescido en función del tiempo



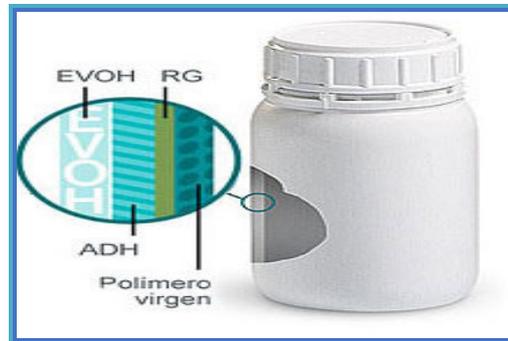
De acuerdo a la Norma Técnica Peruana “Estabilidad de la emulsión y reemulsificación de plaguicidas” (NTP 319.030); el producto nematocida emulsiona al 5% de dilución con agua y es estable durante un tiempo considerable antes de su aplicación en los cultivos. La calidad del producto depende de este análisis porque determina el grado de coalescencia que se forma en el tiempo, si no se observa este fenómeno de la coalescencia se definirá como un producto estable y de buena calidad.

6.2 Envasado del producto terminado

Por tener aceite amarillo, este producto debe ser envasado en un frasco plástico típico, resistente a las características físico-químicas del aceite amarillo, el tipo de frasco que responde a estas exigencias son los del tipo coex o co-extrusión. Los productos líquidos generalmente se venden por volumen, pero pueden ser envasados por envase a un nivel, por peso o técnicas volumétricas. Los envases se llenan con cantidades requeridas de acuerdo a

un sistema de envasado promedio cuyo peso no debe ser menor que la cantidad declarada en la etiqueta. Se deben realizar chequeos regulares de volumen o de peso del producto. Es importante usar una densidad correcta cuando se llena un líquido por peso para asegurar que se ha añadido el volumen adecuado.

Figura N° 6.6: Envase tipo Coex



Fuente: <http://www.alcion.com/botellas-envases-plástico-agroquimicos-fitosanitarios-industriales.html>

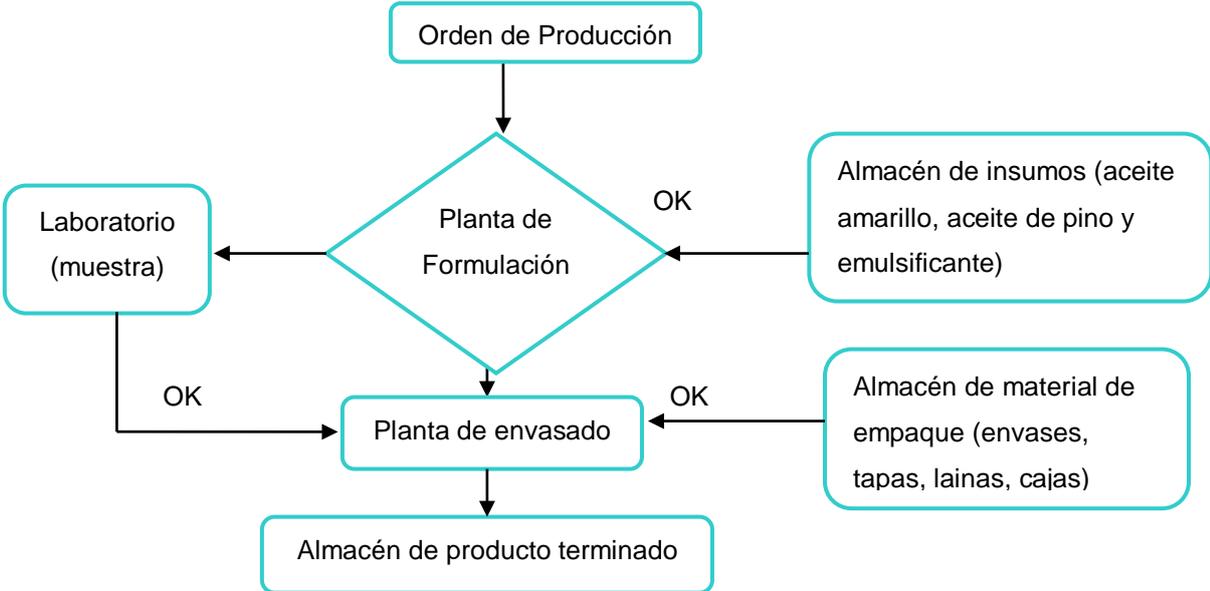
6.3 Especificaciones del material de envasado

Un envase inadecuado o defectuoso puede afectar la calidad del contenido y puede presentar un peligro para la seguridad durante el envasado, el transporte, el almacenamiento y el uso final. Para minimizar estas posibilidades, todos los materiales de envasado, incluidas las etiquetas, deben ser adquiridas de acuerdo con las especificaciones que se indican en su hoja técnica y ser revisadas como control de calidad.

6.4 Control de calidad en la fabricación del producto nematocida

Durante la fabricación, son esenciales procedimientos operacionales estrictos. El siguiente diagrama es una representación esquemática de los aspectos del control de calidad de la producción.

Figura Nº 6.7: Diagrama de flujo de control de calidad



CAPÍTULO VII

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

7.1 Efectos en la salud causados por exposición directa al alquitrán de petróleo

Uno de los efectos causados por el alquitrán de petróleo ($C_{14}H_{10}$) es la degradación de los pulmones por causa de la presencia de los hidrocarburos cíclicos y el monóxido de carbono (CO), que son cancerígenos y tóxicos. Por tanto, es necesario tomar las debidas precauciones al momento de manipular estos productos de petróleo.

Los riegos más comunes que se presentan al contacto directo con el alquitrán de petróleo implican la generación de lesiones irritantes en la piel y las mucosas, con hinchazón, enrojecimiento, ardor y picores, que pueden desaparecer con el tiempo, pero pueden intensificarse con la exposición al sol, viento o agua caliente. Entre las lesiones internas, están los posibles efectos carcinógenos pulmonares, además de dolores de cabeza, cansancio, mareos, lesiones digestivas como dolor de estómago y diarreas.

En caso de contaminación con alquitrán por contacto con los ojos, debe enjuagarse los ojos inmediatamente con abundante agua, por al menos 15 minutos, levantando los párpados superiores e inferiores. En contacto con la piel, debe quitarse rápidamente la ropa contaminada. Luego, debe lavarse inmediatamente la piel contaminada, con abundante agua y jabón. En caso de inhalación, debe retirarse a la víctima del lugar de exposición y trasladarlo sin demora a un centro de atención médica.

La prevención que se debe tener presente en caso de estar expuesto al alquitrán de petróleo incluye la protección completa del personal con Equipos de Protección Personal (EPP) como ropa, capucha, lentes oscuros, guantes y botas. Se recomienda el uso de una fina tela de nylon negro, para la protección del rostro; realizar los controles médicos, especialmente para detectar las lesiones citadas; y, disponer de duchas e instalaciones higiénicas, además del uso de cremas y lociones para tratar pequeños daños a la piel.

7.2 Instrucciones de uso y manejo de los nematicidas

Para el manejo de los nematicidas realizar la dilución en agua, como vehículo para el uso del producto según su dosificación. Aplicar, mediante el uso de un aspersor accionado manualmente o a motor. Usar el producto en dilución el mismo día de la preparación y no guardar la mezcla preparada para usarla en días posteriores.

Tabla 7.1: Características del uso del nematocida

Cultivo	Nombre de Plaga	Nombre Científico	Dosis	Periodo de Carencia	LMR
Tomate	Nematodo del Nudo	Meloidogyne	1.5 lt/200lt	15 días	N/D
Apio	Nematodo del Nudo	Meloidogyne	1.5 lt/200lt	15 días	N/D
Pepinillo	Nematodo del Nudo	Meloidogyne	1 lt/200lt	15 días	N/D
Papa	Nematodo del Nudo	Meloidogyne	1 lt/200lt	15 días	N/D
Zanahoria	Nematodo del Nudo	Meloidogyne	1.5 lt/200lt	15 días	N/D
Vid	Nematodo del Nudo	Meloidogyne	5-7 lt/200lt	15 días	N/D
Páprika	Nematodo del Nudo	Meloidogyne	4-6 lt/200lt	15 días	N/D
Alcachofa	Nematodo del Nudo	Meloidogyne	6-8 lt/200lt	15 días	N/D

Fuente: http://www.grupoandina.com.pe/files/ficha_tecnica/NEMATHOR20L

LMR= Límite Máximo de Residencia

N/D= No definido

7.2.1 Frecuencia y época de aplicación del producto nematocida

La aplicación debe realizarse al inicio de los síntomas, cubriendo completamente el follaje; pueden efectuarse aplicaciones cada 15 días, siendo el período de reingreso de 24 horas.

7.2.2 Precauciones y advertencias de uso

- No comer, beber o fumar durante las operaciones de mezcla y aplicaciones.
- Conservar el producto en su envase original, etiquetado y cerrado.
- No almacenar, ni transportar conjuntamente con alimentos, medicinas, bebidas, ni forrajes.
- Utilizar ropa protectora durante el manipuleo, aplicación y para reingresar al área tratadas en las primeras 24 horas.
- Después de usar el producto, cambiarse, lavar la ropa contaminada y bañarse con abundante agua y jabón.

7.3 Manejo y desaparición de desechos y envases

Después de usar el contenido, enjuagar tres veces este envase y verter la solución en la mezcla de aplicación; luego, inutilizarlo triturando o perforando el envase y depositarlo en el lugar destinado por las autoridades locales para este fin. Este envase no debe utilizarse para conservar alimentos o agua porque puede afectar la salud de las personas o de los animales.

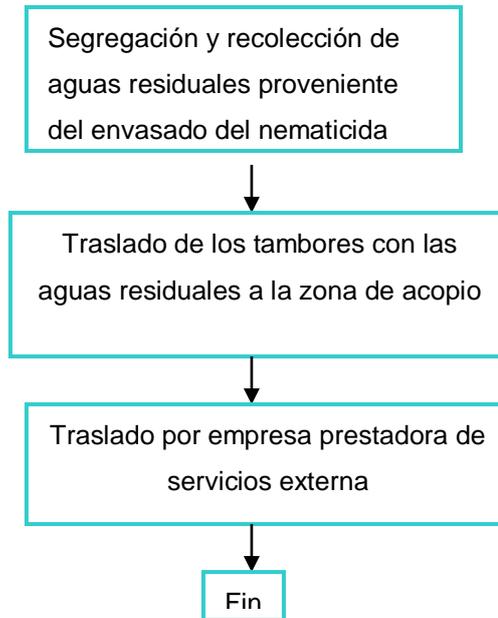
7.3.1 Medidas para la protección del ambiente

- No contaminar las fuentes de agua con los restos de la aplicación o sobrantes del producto ya que causaría enfermedades si es usado para consumo humano.
- Es peligroso para la fauna, peces, debido a que el producto contiene un aceite orgánico, que puede afectar la vida de estas especies.
- En caso de derrame, recoger el producto y depositarlo en el sitio destinado por las autoridades locales para este fin, porque causaría contaminación de los suelos y enfermedades de animales que están alrededor del campo de cultivo.

7.4 Sistema de Seguridad y Salud en el proceso de recolección de aguas residuales

En el siguiente diagrama de flujo, se observa un conjunto de procedimientos de recolección, segregación y evacuación de aguas residuales, procedentes de la limpieza de los equipos de producción del nematocida. Es necesario cumplir los respectivos instructivos de seguridad de la planta para evitar la contaminación e impacto ambiental.

Figura 7.1: Diagrama del proceso de recolección de aguas residuales



CAPÍTULO VIII

ESTUDIO ECONÓMICO

8.1 Estudio del mercado

La extensión de terreno peruano disponible para la siembra de diferentes cultivos, es de 442000 hectáreas, de la cual aproximadamente un 30% es atacado por la plaga de nemátodos. Por tanto, una superficie de 132600 hectáreas es afectada por esta plaga una vez al año.

Para poder abastecer de nematicida a toda la extensión de terreno sembrado en el país, ya sea para uso preventivo o de eliminación de esta plaga, se ha visto necesario evaluar la construcción de una planta de producción de nematicidas a base de aceite amarillo proveniente de la destilación del alquitrán de petróleo. Por tanto, para realizar la fumigación de toda la superficie de terreno del país afectado de nemátodos, que es de 132600 hectáreas, y ser capaz de cubrir las exigencias del agricultor, la planta debe tener la capacidad de producir 312000 litros de aceite amarillo por lote de producción, para lo que necesita 1560000 Kg. de alquitrán de petróleo. Además se fijará una producción de producto nematicida en un tiempo estimado de 60 días o 480 horas de trabajo.

Por otro lado, existen muchas localizaciones para la realización del proyecto, pero hay factores que deben tomarse en cuenta, estos son:

- Costo de transporte.- Considerando que los mayores distribuidores de productos agroquímicos se encuentran en la ciudad de Lima, y siendo más económico trasladar nuestro producto nematicida de la planta a los distribuidores y establecimientos comerciales de esta ciudad; es una razón a tomar en cuenta para la instalación de la planta en un lugar apropiado de Lima.

- Disponibilidad y costo de mano de obra. - La ciudad de Lima cuenta con una gran población demográfica, por lo que es más factible encontrar mano de obra calificada y con experiencia en ésta industria.
- Cercano al mercado de materia prima. - Por encontrarse la oficina administrativa en la capital peruana, la compra de la materia prima y su documentación respectiva se hará en un menor tiempo; por otro lado Lima cuenta con un gran mercado de aditivos necesarios para la elaboración de productos nematicidas.
- Factores Ambientales. - Este es un factor importante que se toma en cuenta para el cuidado del medio ambiente y la población, por lo que la planta debe cumplir con las medidas de seguridad necesarias para el envasado de nematicidas. Por esta razón es recomendable que la instalación de la planta se instale en una zona alejada de la ciudad de Lima.
- Costo de disponibilidad de terrenos. - El costo de un terreno depende de su ubicación, si la zona es céntrica tendrá un mayor costo, por lo que se requiere un terreno de zona apartada del centro de la ciudad de Lima para reducir costos de terreno y tener un menor impacto ambiental.
- Disponibilidad de agua y servicios. - El terreno que se va a comprar debe contar con agua, electricidad, servicios de gas natural; para que nuestro proceso opere sin problemas durante su funcionamiento.
- Comunicaciones. - Es importante mantener la comunicación con todas las áreas de la empresa, para facilitar las operaciones de trabajo como las de compras de insumos y ventas de nuestros productos.

Teniendo en cuenta todos estos factores de localización del proyecto, se sugiere que la planta sea instalada en un lugar apropiado de la ciudad de Lima.

El mercado del producto nematicida es para la demanda interna, es decir, para poder abastecer a toda la población del territorio peruano. En la tabla N° 8.1 se muestra la producción estimada de aceite amarillo, clasificada por regiones.

Tabla N° 8.1: La producción de aceite amarillo que se va a abastecer por regiones

Regiones	Producción de aceite amarillo/año (lt)
Costa	62400
Sierra	156000
Selva	93600

Total 312000 litros de aceite amarillo

8.1.1 Selección de la materia prima

El alquitrán peruano está compuesto por pequeñas cantidades de hidrocarburos nafténicos y aromáticos, que no es beneficioso para nuestro proceso, además este alquitrán tiene mucha demanda por su uso en el asfaltado de las carreteras, que no abastece para otras industrias. En los siguientes cuadros se muestra las propiedades físico-químicas y la composición química del alquitrán peruano:

Tabla N° 8.2: Propiedades físico-químicas del alquitrán de Perú

Propiedades	Ref. Talara
Grav.esp. a 15.6°C (°API)	18.0
% Contenido de agua	5.0
Punto de ablandamiento (°C)	30.0
% Insoluble en Quinolina	0.5

Fuente: MTC Informe técnico N°1 de análisis de alquitrán,

Agosto 1991.

Tabla N° 8.3: Composición del alquitrán de Talara

Componente	Fracción de alquitrán (%)	Uso
Quinolinas	4.5	Aceite amarillo
Carbazol	3.9	Aceite amarillo
Antraceno	1.5	Aceite amarillo
Acenaftenos	0.1	Aceite amarillo

Fuente: MTC Informe técnico N°01 de análisis de alquitrán, Agosto 1991.

Por otro lado, el alquitrán colombiano es un insumo de bajo costo y tiene una composición que posee un mayor porcentaje de hidrocarburos aromáticos y nafténicos, entre estos la quinolina que es el componente principal del aceite amarillo, por lo que se prefiere usar esta materia prima para el proceso de craqueo térmico y obtención del producto nematicida.

En el siguiente cuadro se muestran las propiedades físico-químicas y composición química de dos tipos de alquitrán cuya fuente corresponde a la Refinería Nabandina y Carbotar de Colombia, con sus respectivas especificaciones:

Tabla N° 8.4: Propiedades físico-químicas de dos tipos de alquitrán de Colombia

Propiedades	Especificación	
	Ref. Nabandina	Ref. Carbotar (Colombia)
Grav.esp. a 15.6°C (°API)	4.56	5.20
% Contenido de agua	1.05	1.03
Punto de ablandamiento (°C)	45.00	40.00
% Insoluble en Quinolina	0.82	0.85

Fuente: MTC Informe técnico N°01 de análisis de alquitrán, Agosto 1991.

Tabla N° 8.5: Composición del alquitrán Colombiano

Componente	Fracción de alquitrán (%)	Uso
Quinolinas	9.8	Aceite amarillo
Carbazol	5.9	Aceite amarillo
Antraceno	3.6	Aceite amarillo
Acenaftenos	0.7	Aceite amarillo

Fuente: MTC Informe técnico N°01 de análisis de alquitrán, Agosto 1991.

Inversión del proyecto

La inversión de este proyecto se muestra en la tabla N° 8.6:

Tabla N° 8.6: Costos de equipos para el proceso de craqueo térmico

Descripción	Monto (S/.)
Tanque precalentador	15000
Bomba de engranaje	4000
Horno y accesorios	20000
Condensador y accesorios	5000
Total	S/. 44000

8.1.2 Beneficio y costo del proyecto

El beneficio de producir aceite amarillo para la elaboración de nematicidas es brindar un producto eficaz y económico, que tiene un gran aporte a la industria agroquímica y un menor efecto negativo al medio ambiente.

8.2 Proyección del estado de resultados y flujo de caja

Considerando una inversión total de S/.100000 nuevos soles, un ingreso en las ventas de los productos de S/.141570 nuevos soles, con un gasto en los equipos de S/. 44000, el precio de la materia prima en el año 2010 de \$ 0.86/barril de alquitrán por lote de producción de 1560000 litros de producto nematicida, se realizará un estudio económico de todo el proceso de

obtención del producto nematicida; a continuación se definirá cada uno de los indicadores económicos:

a).- Ventas

Es el valor de las ganancias recibidas al vender el producto nematicida, como un producto envasado y embalado para su venta. El precio internacional con las diferentes tecnologías utilizadas para una planta de nematicidas, está situada de \$10 a \$20 por galón de producto en el año 2010. El precio de un galón de nematicida en el año 2010 en el mercado nacional es de S/. 4, que están muy debajo del precio internacional.

b).-Gastos de producción

Son los gastos operativos del proceso de destilación, sumado a los gastos de suministros de agua, combustible, energía eléctrica y gas natural, así como también la compra de la materia prima y aditivos como el aceite de pino y emulsificante. El gasto de la instalación de los equipos, se considera el 2.5% del monto total de los equipos para el proceso de craqueo térmico. En la tabla 8.7 se resumen los gastos de producción de todo el proceso:

Tabla N° 8.7: Tabla de gastos de producción del proceso

Gastos de Producción	Monto (S/.)
Alquitrán	23000
Aceite de Pino	8400
Emulsificante	500
Costo total del equipo	45100
Servicios de agua, gas natural y electricidad	2000
Material de empaque	1000
Total	80000

c).- Depreciación

Es la pérdida de valor que sufre el equipo, durante todo el proceso. La depreciación en término medio se ha considerado como el 5% de la inversión total.

d).- Impuestos

Es el valor del tributo pagado al Estado por la venta del producto nematocida por lote de producción, para nuestro caso los impuestos para el último año de producción es el 20% de la utilidad neta.

8.3 Flujo de caja del estudio

Una planta con capacidad de producción de 312000 litros de aceite amarillo, necesitará una inversión de S/. 100000 nuevos soles.

En la tabla N° 8.8 se muestra el flujo de caja proyectado para 10 años; que refleja los recursos que generará la empresa en un determinado tiempo; además indica que el proyecto es rentable en términos económico y financiero con un período de recuperación de la inversión de dos años y tres meses.

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES

De acuerdo al proceso de craqueo térmico del alquitrán de petróleo y obtención del producto nematocida, podemos mencionar lo siguiente:

- 1.- El proceso de destilación fraccionada de una carga de alquitrán de petróleo, produjo un rendimiento de 20% de aceite amarillo.

- 2.- Si no se controla las variables de operación en el proceso de craqueo del alquitrán; no se obtendrá el aceite amarillo requerido para la preparación del producto nematocida.

- 3.- De los ensayos nematológicos realizados en laboratorio, a medida que se aumente la concentración de aceite amarillo; la eficiencia de control de nemátodos tiende a disminuir.

- 4.- La eficiencia en la obtención de un mayor porcentaje de aceite amarillo depende de que la carga posea mayor composición de hidrocarburos nafténicos y aromáticos.

- 5.- De acuerdo a las tablas N° 8.4 y 8.6, el alquitrán colombiano tiene mayor composición de quinolinas que el alquitrán peruano.

6.- Para la preparación del producto nematicida se usa 20% de aceite amarillo, por su mayor capacidad de control de plagas de nemátodos en los cultivos.

7.- En la elaboración del producto nematicida, se debe usar un buen emulsificante, con el fin de lograr una emulsión estable en agua y la planta sea capaz de absorber con facilidad el aceite amarillo del nematicida.

8.- En cuanto al estudio económico del proceso de obtención del producto nematicida, por tener un TIR de 45.93%, el proyecto se considera rentable con un período de recuperación de la inversión de dos años y tres meses.

9.- Este producto nematicida ha reemplazado el 48% de importación de nematicidas en el Perú en la última década.

10.- El producto nematicida obtenido es eficaz y de acción rápida en el campo; además de económica que estará al alcance del agricultor y beneficiará a la población peruana.

RECOMENDACIONES

- 1.- Añadir un sistema de recuperación de gases para mejorar la eficiencia del proceso y aumentar el volumen de aceite amarillo condensado.
- 2.- Implantar un sistema de lavado de gases de combustión a fin de reducir la contaminación del medio ambiente.
- 3.- Realizar el mantenimiento continuo de los equipos de craqueo térmico, para prevenir fallas cuando estén operando, así como evitar obtener aceites contaminados no aptos para la preparación del nematicida.
- 4.- Utilizar una concentración de 10% a 20% de aceite amarillo en la preparación del producto nematicida, para alcanzar una mayor eficiencia en el control de nemátodos.
- 5.- Cumplir las normas de seguridad al entrar en contacto directo con el producto nematicida, para prevenir posibles accidentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Watkins A. y co., "Chemistry Engineering Process", Editorial Mc. Graw-Hill Book Company, Londres 1973, 704 páginas.

- Nelson W.L., "Petroleum Refinery Engineering", Editorial Mc. Green Hill Book Company Inc., New York 1960, 250 páginas.

- Prats, M., "Procesos Térmicos de Extracción de Petróleo", Editorial Intevep, Miranda 1987, 605 páginas.

- "Normas para el Control de Calidad de los Plaguicidas en formulación y envasado", Revista N° 01 Volumen 01, Revisado el 2010-10-15, página de 07 a 49.

- <http://Fertilizantes Comerciales Artículos.htm>
(Visitado el 2010-11-20 a las 14:30 pm.)

- <http://FERTILIZANTES ISUSA.htm>
(Visitado el 2011-01-10 a las 10:50 am.)

- <http://cta-quimiorga-sil.blogspot.com/>
(Visitado el 2011-03-17 a las 10:50 am.)

