

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

**TESIS PARA OPTAR POR EL TITULO
DE DOCTORA EN QUÍMICA Y FARMACIA**

TEMA:

**OBTENCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLA DE NIM
POR EXTRACCIÓN DE GASOLINA NATURAL
ESTUDIO PRELIMINAR**

AUTORA:

Q.F. MARTHA CECILIA HIDALGO LEÓN

TUTORA:

DRA. ZOILA LUNA ESTRELLA

Guayaquil - Ecuador

2002

En mi calidad de Directora de Tesis. Certifico que este trabajo ha sido elaborado por la Q.F. Martha Cecilia Hidalgo León, por lo que autorizo su presentación.

Dra. Zoila Luna Estrella
Directora de Tesis

La responsabilidad por los
hechos, ideas y doctrinas,
expuestas en esta tesis,
Corresponden
exclusivamente a su autor.

Q.F. Martha Cecilia Hidalgo León

DEDICATORIA

El presente trabajo Investigativo se lo dedico a:

- Mis queridos y adorados padres Luis Hidalgo C. y Luz León N. por su apoyo incondicional tanto moral como económico, por sus consejos, por ayudarme a alcanzar la meta deseada.
- A mis hermanos Mario, Ruben, Armando y Luis por su cariño y amistad, por los momentos felices y alegres que hemos compartido y seguiremos compartiendo.

AGRADECIMIENTO

- En primer lugar mi agradecimiento sincero a la MsC. Olga González S. Sub-directora del Instituto de Química de la ESPOL, Asesora del presente trabajo de investigación, por su gran y valiosa ayuda para llevar a feliz termino el presente trabajo, por sus enseñanzas y sobre todo por haberme brindado su amistad.
- Al Ing. Justo Huayamave, Jefe del Laboratorio de Hidrocarburos del ICQ – ESPOL, por permitirme desarrollar la tesis en el laboratorio.
- Al Dr. Gastón Del Rosario, Analista del Laboratorio de Hidrocarburos, por su ayuda en la realización de esta tesis.
- A la Dra. Zoila Luna Estrella, Directora de Tesis.

RESUMEN

Debido al peligro que sufre la agricultura, amenazada por la contaminación de plaguicidas químicos, se busca dar en esta tesis un pequeño aporte para frenar esta contaminación, que perjudica al hombre en su salud así como también al medio ambiente que lo rodea. Es por eso que este trabajo investigativo cubre la obtención de un plaguicida botánico como el aceite de semilla de Nim (*Azadirachta indica A, juss*), que gracias a su principio activo azadirachtina, provoca una alteración del ciclo vital del insecto, evitando que este se alimente, mude y se reproduzca, siendo totalmente inocuo para el hombre y los animales.

Trabajos anteriores ya han extraído el aceite de NIM con diferentes solventes destacándose el agua, el sulfuro de carbono, tricloro etileno y el hexano siendo este último, el ideal para realizar las extracciones, pero con costos muy elevados debido a que es un solvente muy caro. Lo que se realizó en este trabajo es obtener el aceite con un corte de gasolina natural que tenga las propiedades similares al hexano como su punto de ebullición, con lo que el costo de este aceite plaguicida sería más accesible para los agricultores y por ende se ayudaría al consumo alimentos más sanos.

Los resultados de esta investigación, fueron los esperados ya que no solo se logró un aceite que cumple con los parámetros de calidad, sino que también se obtuvo un rendimiento mayor del aceite.

SUMMARY

Due to danger that suffers the agriculture, threatened by the pollution of plaguicide chemical, is sought to give in this thesis a small contribution to stop this pollution, that prejudices to the man in its health as well as to the environment that surrounds it. Therefore that this investigative work covers the obtainment of a plaguicide botanical as oil of Nim (*Azadirachta indica* A, juss), that thanks to its active principle azadirachtine, provokes an alteration of the vital cycle of the insect, avoiding that this is fed, moved and is reproduced, being totally innocuous for the man and the animals.

Previous projects already they have extracted oil from NIM with different solvent being emphasized the water, the carbon sulphur, trichlor ethylene and the hexane being this last, the ideal to accomplish the extractions, but with very high costs due to the fact that it is a very expensive solvent. What was accomplished in this work is to obtain oil with a natural gasoline court that had the similar properties to the hexane as its boiling point, with what the cost of this oil plaguicide would be more accessible for the farmers and by would be helped foods consumption more sound.

The results of this investigation, they were waited since not alone was achieved an oil that complies with the parameters of quality, but also was obtained a greater yield of the oil.

INDICE

Introducción	1
Problema	4
Hipótesis	5
Objetivos	6
Capítulo I: Marco Teórico	
1. El NIM	
1.1 Generalidades	7
1.2 Distribución	7
1.3 Características del NIM	8
1.4 Ecología	8
1.5 Descripción Botánica	9
1.6 Composición Química	11
1.6.1 Azadirachtina	11
1.6.2 Mellantriol	13
1.6.3 Nimbin y Nimbidin	13
1.6.4 Salannin	13
1.6.5 Otros	14
1.7 Aplicaciones de la planta	14
1.7.1 Corteza	15
1.7.2 Madera	15
1.7.3 Flores	16
1.7.4 Hojas	16
1.7.5 Torta	17
1.7.6 Aceite	18

Capítulo II: Plaguicidas

2.1	Generalidades	21
2.2	¿Qué es u plaguicida?	22
2.3	Clasificación	22
2.4	Los plaguicidas en el Ecuador	25
2.5	Impacto Ambiental	25
2.6	Impacto Salud Humana	26
2.7	Impacto Socio-Económico	26
2.8	Los plaguicidas Botánicos	27
2.8.1	Ventajas	27

Capítulo III: Solvente Gasolina

3.1	Generalidades	28
3.2	Gasolina Natural	30
3.3	La Gasolina como Disolvente	30

Capítulo IV: Materiales y Métodos

4.1	Antecedentes	32
4.2	Metodología	32
4.2.1	Tratamiento de la semilla	32
4.2.2	Obtención del Corte Solvente	34
4.2.3	Extracción del aceite de NIM	35
4.2.4	Recuperación del Solvente	35
4.2.5	Purificación del aceite	36
4.3	Análisis realizados	36
4.3.1	Análisis cromatográfico	37
4.3.2	Propiedades Organolépticas	38
4.3.3	Índice de refracción	38
4.3.4	Densidad	38

4.3.5	Punto de Inflamación	39
4.3.6	Viscosidad Saybolt	39
4.3.7	Punto de Congelamiento	40
4.3.8	Indice de acidez	40
4.3.9	Solubilidad	41
4.4	Control de Calidad	41
Capitulo V: Resultados e Interpretación		
5.1	Obtención del peso real de la muestra	42
5.2	Rendimiento de extracción de aceite	43
5.3	Relación entre materia prima inicial y residuo	45
5.4	Solvente Recuperado	47
5.5	Análisis Realizados al aceite	49
	a. Propiedades Organolépticas	49
	b. Propiedades físico-químicas	50
	c. Ensayos de solubilidad	50
5.6	Análisis Cromatográfico del corte solvente	51
Capitulo VI: Conclusiones		53
Capitulo VII: Recomendaciones		54
Anexos		
	Anexo 1: Árbol de NIM	55
	Anexo 2: Composición Química	56
	Anexo 3: Evolución de Plaguicidas	57
	Anexo 4: Ciclo de los plaguicidas	58
	Anexo 5: Estadísticas en el Ecuador	59
	Anexo 6: Solventes Empleados	60
	Anexo 7: Poder Solvente	63
	Anexo 8: Diagrama del Proceso	64

Anexo 9: Tratamiento de semillas	65
Anexo 10: Obtención del Corte Solvente	66
Anexo 11: Extracción del aceite de NIM	67
Anexo 12: Purificación del aceite	68
Anexo 13: Análisis realizados	69
Bibliografía	71

INTRODUCCION

Las dificultades de carácter ecológico que sufre nuestro planeta, es fruto del abuso del hombre sobre el medio ambiente que se demuestra en las alteraciones del agrosistema.

El uso exagerado de plaguicidas, pesticidas, insecticidas, etc., por parte del hombre, ha ocasionado graves problemas en nuestro entorno. Es imprescindible asumir con sensatez la búsqueda de nuevas alternativas, que eviten el deterioro de los recursos naturales.

Es incuestionable la gran utilidad que suministra el empleo de pesticidas químicos en la agricultura, en la batalla contra enfermedades que afecta al hombre y a los animales. Pero el exagerado empleo de agroquímicos ha traído como resultado trastornos a la salud y a dado origen a la resistencia en las plagas, lo que exige aumentar las dosis de estas sustancias.

Según informes de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S), la intoxicación indirecta o directa por plaguicidas, perjudica anualmente a dos millones de personas y el tres por ciento de la población en desarrollo. Estudios llevados a cabo en países como Nicaragua el 86 % de la población se encuentra expuesta a la intoxicación por pesticidas. Costa Rica posee una elevada incidencia de envenenamiento por plaguicidas, el consumo medio es de 4 Kg por persona, 8 veces la media mundial.

En el Ecuador existen casos reportados por envenenamiento por pesticidas, pero no hay una estadística exacta.

De igual manera se ha reportado que en el mundo existen 600 ingredientes activos y 50.000 formulaciones comerciales de plaguicidas y solamente 10 empresas controlan el 80% del mercado global, y el mercado en América del Sur representa el 10,8%, existiendo una tendencia a experimentar un aumento por las diferentes habilidades que la propia industria utiliza y las políticas de subsidio de los gobiernos para el empleo de los agroquímicos en general.

Ante este panorama desesperanzador presentado por las estadísticas es recomendable adoptar otras medidas como técnicas naturales basadas en principios agroecológicos, como es el uso de productos extraídos de plantas que tengan propiedades plaguicidas como es el caso de la semilla del árbol de NIM, cuyo principio activo no es perjudicial y además no crea resistencia en las plagas.

El NIM es un árbol miembro de la familia de las Meliáceas, originario del sureste de Asia, principalmente de países como la India, Pakistán, Sri Lanka, siendo utilizado desde hace 5000 años.

Ingresa al país en el año de 1978 a la provincia de Manabí, se adapta a cualquier tipo de suelo debido a sus raíces muy profundas, así como también a una amplia variedad de climas, tolerando temperaturas dentro de un rango de 9,5 °C a 37°C.

Las características propias del árbol permiten que sea utilizado en la industria química, en la preparación de cosméticos, dentífricos, etc.

La semilla objeto de nuestro estudio tiene una elevada concentración de Azadirachtina, principio activo que tiene propiedades plaguicidas. Así como también posee otros componentes que le dan características amebicidas, antibacteriana, antiacné, antiseborreico, barrera antiparasitaria en la prevención de gingivitis, etc.

Debido a la inocuidad con el ser humano, los animales y la fauna benéfica del campo, puede ser empleado como plaguicida natural biodegradable en los cultivos lo que va a beneficiar la diversidad biológica de los sistemas, así como la seguridad alimentaria, disminuyendo ostensiblemente los casos por intoxicación por plaguicidas.

Por esta razón se quiere demostrar en el presente trabajo, que el empleo de plaguicidas originado de las semillas de un árbol con estas propiedades, evitará la contaminación de la flora y la fauna y por ende ayudará a proveer al hombre de alimentos que beneficiaran a la salud, en vez de perjudicarla como lo hacen los agroquímicos.

PROBLEMA

¿Se tendrá un mayor rendimiento de aceite de NIM, realizando la extracción con un corte solvente de gasolina natural?

HIPÓTESIS

El uso del método de extracción con gasolina natural, aumentará la cantidad de insecticida obtenido de la semilla del NIM, cuya aplicación disminuirá, la contaminación del suelo, agua y principalmente de los alimentos.

OBJETIVOS

GENERAL:

Contribuir al conocimiento del método de extracción del aceite de semilla de NIM con gasolina natural.

ESPECIFICOS:

- Obtener el aceite al nivel de laboratorio.
- Establecer las condiciones del proceso de extracción.
- Determinar el rendimiento de extracción.

1. EL NIM

1.1 Generalidades

El árbol de nim desde hace 5000 años ha sido ampliamente utilizado en la medicina y en la actualidad se lo emplea en la cosmética, en fitosanitarios así como también por sus propiedades es utilizado como plaguicida cuyos principios activos se lo encuentra en las semillas, la cual será objeto del presente estudio.

1.2 Distribución

El origen de este árbol es incierto, se cree que es originario de la región de Assam y Myanmar de la India, país en el que es considerado como una farmacia. Es muy difundido en Pakistán, Myanmar, Sri Lanka, Tailandia, Malasia e Indonesia.

Este árbol ha sido introducido y establecido en los trópicos y subtrópicos, especialmente en las áreas más secas del Sur de Asia, las Islas del Pacífico, Australia, Sur y Centro América, el Caribe, el Sub Sahara Africano y el Medio Oriente.

En nuestro país este árbol es poco conocido, fue introducido a la provincia de Manabí en el año de 1.978, también hay cultivos en Santa Elena y en Guayaquil encontramos estos árboles en el Hospital Alejandro Mann y en los viveros de la ESPOL.

Se calcula que en todo el mundo existen entre 64 a 91 millones de ejemplares.

1.3 Características del Nim

Reino	: Vegetal
División	: Spermatophyta
Subdivisión	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledonea
Subclase	: Archichamyda
Orden	: Geraniales
Sub-orden	: Rutineae
Familia	: Meliaceae
Genero	: Azadirachta
Especie	: Azadirachta indica A, juss
Sinónimo	: Antelea azadirachta, Melia
Nombres comunes	: Nim, neem, margosa, caoba criolla
Brechelt, A Fernández, C 1995. El árbol de nim para la agricultura y el medio ambiente.	

1.4 Ecología

Este árbol se desarrolla en climas tropicales y subtropicales. La precipitación lluviosa que requiere es de 400 a 1200 mm, su rango de temperatura para crecer puede ser de 9,5 a 37°C, no soporta el frío extremo.

Tabla Nro. 1 Tolerancia del nim a factores climáticos y de suelo				
Límites	Intervalo	Límites inferiores	Óptimo	Superiores
Lluvia (mm)	< 300	500 - 800	1800	2000 - 2500
Temperatura (°C)	4	10 - 20	27	40 - 49
Arcilla (%)	< 25	25 - 45	> 45	> 70
Arena (%)	<50	50 - 75	> 75	> 85
Marco (m)	< 1,8 x 1,8	3 x 3 - 4 x 5	> 7 x 7	

Fuente: El insecticida botánico neem, un control eficaz de plagas, 1993

El suelo en el que se desarrolla debe ser profundo, permeable y arenoso aunque también lo puede hacer en suelos rocosos, secos no así en suelos salinos, duros y barrocos. Crece en suelos ácidos, pero la acidez de este, se neutraliza con la caída de las hojas que tienen un pH de 8,2. Por lo que se podría decir que crece bien en suelos alcalinos, con altos niveles de Na, CO_3^{2-} y CO_3H^- . El pH del suelo varía entre 5.2 a 7. En suelos deficientes de zinc y potasio, el crecimiento es deficiente.

1.5 Descripción Botánica

Las plantas de nim se producen vegetativamente por acodos, cortes, injertos; generalmente son cultivadas de la semilla en viveros, las plantas de semillero se mantienen en el vivero de 1 a 2 años antes de transplantar, para obtener un máximo de rendimiento de semillas, los árboles deben ser plantados espaciadamente para proporcionar el desarrollo completo de la copa. La siembra realizada de forma directa es más eficaz en coste, a continuación una breve descripción botánica. **Anexo 1**

La cofia de la raíz es relativamente corta en comparación con sus raíces laterales, ya que pueden alcanzar una longitud de hasta 15 m, lo que es muy beneficioso para zonas secas.

El tronco es recto con una altura de 15 a 25 m y el diámetro oscila entre 30 a 90 cm. La corteza moderadamente gruesa y fuertemente surcada, cuyas fisuras son de color rojizo- castaño.

Las hojas son alternas, de 10 a 38 cm agrupándose en el extremo de las ramas, los periodos de deshoje son cortos, siempre está verde y la muda solo ocurre dependiendo del clima.

Las flores se caracterizan por ser de colores blancas o cremas, pequeñas, bisexuales, de aroma agradable a miel, lo que atrae a las abejas, las flores se encuentran reunidas en forma de racimos.

Las semillas presentan la particularidad se debe a que es una drupa carnosa y suave, de forma helicoidal con una longitud de hasta 2 cm de largo. Su color inicial es verde y cuando se madura adquiere un color amarillo, cerca de las doce semanas después de la floración, su pulpa es dulce, en cuyo interior se encuentra un germen que contiene en su interior aceite en un porcentaje de 45%.

El árbol de nim comienza a producir semillas a partir de los 3 a 5 años y es completamente productivo a los 10 años, llegando incluso a producir hasta 50 kg de semillas anualmente.

1.6 Composición Química

Los componentes principales del nim son los esteroides, alcaloides, flavonoides, glucósidos y primordialmente terpenoides existiendo en un número aproximado de 100.

Los limonoides (triterpenoides) de mayor importancia por su concentración y actividad que han demostrado ser excelentes para inhibir el crecimiento de los insectos, dividiéndose en nueve grupos que son:

Azadirona	Presente en el aceite de la semilla.
Amorastaitina	Aparece en las hojas.
Vepinina	En el aceite.
Vilasinina	En las hojas
Geduninina	Se haya en el aceite de la semilla y en la corteza
Nimbina	En las hojas y las semillas
Nimbolina	Igualmente en las semillas
Salanina	En las hojas y semillas.

Otros componentes aislados: azadirachtina, salanim, melantriol, ácido margósico, nimbin, nimbidin, nimbicelim, azadirone, sitosterol, meliacina entre otros.

1.6.1 Azadirachtina

Fórmula empírica: $C_{35}H_{44}O_{16}$

Peso Molecular: 720 g

Es el principal ingrediente activo aislado de la semilla de nim en una proporción de 0,1 a 0,9%. Existen nueve isómeros de la azadirachtina que se encuentran muy relacionados. Los tipos A y B se hallan en una mayor proporción de 83 % y 16 % respectivamente. El 1% restante los conforma los tipos C, D, E, F, H, I, K.

Es un 90% efectivo sobre la mayoría de los parásitos, cerca de doscientas especies de insectos nocivos para las plantas al tiempo que respeta la fauna auxiliar, siendo inofensivo para los vertebrados en general y los mamíferos incluidos el hombre. **Anexo 2A**

La azadirachtina posee una estructura similar a las hormonas ecdisonas del insecto que controla el proceso de la metamorfosis, afectando a un órgano similar a la glándula pituitaria del humano, que regula la secreción de las hormonas. La metamorfosis necesita la sincronía cuidadosa de las hormonas y los cambios fisiológicos deben ser acertados, la azadirachtina va actuar como un bloqueador, es decir, obstruye la producción, entonces los insectos no mudan y por supuesto se rompe el ciclo vital.

Uno de los elementos principales que forma parte de la azadirachtina es el magnesio que se encuentra en un porcentaje de 2 - 4 por gramo.

La principal limitación que presenta es su rápida degradación que dura aproximadamente cinco días. Otro factor que participa de una manera indirecta es la temperatura, su acción es más efectiva a altas temperaturas, porque, los insectos se hallan mas activos y el efecto anticomida es conseguido mas efectivamente que a temperaturas bajas.

La azadirachtina es un biopesticida natural efectivo contra 175 especies en dosis menores de 10 ppm que constituye una alternativa válida, frente a la utilización de pesticidas sintéticos más agresivos para el medio ambiente.

1.6.2 Mellantriol

Aislado en el año de 1967 por Lavie es otro inhibidor de la alimentación, con una estructura al igual que la azadirachtina muy complicada, se encuentra en concentraciones muy bajas, comprobándose su efectividad en cosechas de la India afectadas por una plaga de langosta. **Anexo 2B**

1.6.3 Nimbin y Nimbidin

Estos dos componentes tienen actividad antiviral, por lo cual ha tenido gran éxito empleándolo contra el virus del vaccinia, el virus de la patata y el virus de las enfermedades venéreas de las aves, es decir evita las enfermedades virales de cosecha y del ganado. **Anexo 2C y 2D**

El nimbidin se encuentra en un 2% por gramo y es el componente primario de los principios amargos obtenidos cuando las semillas son extraídas con alcohol.

1.6.4 Salannin

Este triterpenoide fue el tercer elemento aislado que también actúa inhibiendo la alimentación, pero no va a influir en las mudas del insecto. Las plagas en las que se ha hecho estudios tanto en laboratorio como en terreno son entre las principales la langosta migratoria, el escarabajo rayado del pepino, el escarabajo japonés, entre otros. **Anexo 2E**

1.6.5 Otros

Otros ingredientes de menor importancia trabajan como antihormonas, investigaciones han demostrado que estos productos paralizan el mecanismo de tragar, evitando que los insectos coman, entre estos componentes se encuentra el diacetilazadirachtinol, aislado de frutas frescas que es muy eficaz como la azadirachtina. Recientemente se han aislado del nim dos compuestos relacionados con el salannin que son el salannol y los 3 - diacetilsalannin.

En resumen los extractos del Neem actúan en los insectos de formas diferentes:

Impide la alimentación, destruye e inhibe el desarrollo de huevos, larvas o crisálidas, bloquea la metamorfosis de las larvas o ninfas, destruye su apareamiento y comunicación sexual, esteriliza a los adultos, envenena a larvas y adultos, bloquea la habilidad para tragar (reduce la movilidad intestinal), envía errores a la metamorfosis en varios periodos de desarrollo del insecto.

Inhibe la formación de quitina (material que compone el esqueleto del insecto).

Impide que se realicen las mudas, necesarias para entrar en la siguiente etapa del desarrollo, de tal forma que actúa como regulador de crecimiento del insecto.

1.7 Aplicaciones de la Planta

Debido a la singularidad de esta planta se puede emplear la corteza, la madera, las hojas, las flores, el fruto, la torta y el aceite de la semilla, dependiendo del ingrediente activo que se encuentre en mayor proporción.

1.7.1 Aplicaciones de la corteza:

La corteza caracterizada por ser amarga, astringente, acre y fresca, se la utiliza como antídoto contra el veneno de serpientes y alacranes, en la industria química debido a su alto contenido de taninos, como cosmético, materia colorante, gomas, dentífrico. También empleada para elaborar cuerdas debido a la gran producción de tannis.

En forma de cremas para enfermedades de la piel, es útil para la tos, pérdida de apetito, se la utiliza para curar las heridas, utilizada para provocar vómito, debido a sus características previenen la gingivitis y la piorrea, los extractos de la corteza tienen características antiinflamatorias y diuréticas.

El compuesto químico nimbidim encontrado en la corteza, es eficaz contra la dermatitis seborreica, úlceras por quemaduras, herpes labial, verrugas y caspa. Además posee actividad espermaticida y antibacteriana contra organismos gram-positivos.

La savia es refrigerante por lo que es útil para enfermedades de la piel y debilidad en general. La goma exudada de la corteza se la considera estimulante, demulcente y tónico que es apto para infecciones, cataratas, entre otros.

1.7.2 Aplicación de la madera

La madera de nim es dura, densa, de opaca a lustrosa, fragante, repele a los insectos y hongos, su porción central posee una coloración rojiza mientras que la porción intermedia es gris blanquesino o amarillento grisáceo con una

gravedad específica promedio de 0,68; con un valor de energía de 16,92 megajoules/kg (Lemmens, 1995) y una humedad de 14%.

Una vez que ha sido aserrada se la puede utilizar para la fabricación de cajones, estantes, carretas, vigas, herramientas de labranza, muebles, armarios, roperos, etc. También es empleada como leña dando un buen carbón como resultado.

1.7.3 Aplicación de las flores

Son astringentes, con propiedades antihelmínticas, y no tóxicas.

1.7.4 Aplicación de las hojas

Debido a la cantidad apreciable de minerales, carotenos y proteínas (12 - 18%) se utiliza como abono, fertilizante verde, para alimento de ganado aunque por su sabor amargo estos prefieren otros alimentos.

Las hojas son empleadas para purificar la sangre, es decir eliminar toxinas. Estudios realizados con extractos acuosos de un 10% de hojas frescas son efectivos contra las infecciones parásitas, se ha demostrado que tiene efecto antiinflamatorio significativo, también se considera inhibidor de la coagulación por lo que se lo emplea en el tratamiento de mordeduras de serpientes. El aceite esencial de las hojas tiene acción fungicida suave.

Tabla Nro. 2 Composición química de las hojas frescas de nim	
Humedad	59 %
Proteínas	7,1 %
Grasa	1,0 %
Fibra	6,2 %
Carbohidratos	22,9 %
Minerales	3,4 %
Calcio	510 mg/100 g
Fósforo	80 mg/100 g
Hierro	17 mg/100 g
Tiamina	0,04 mg/100 g
Niacina	1,4 mg/100 g
Vitamina C	218 mg/100 g
Ácido glutámico	73,3 mg/100 g
Tirosina	31,50 mg/100 g
Ácido aspártico	15,50 mg/100 g
Alanina	6,40 mg/100 g
Prolina	4,00 mg/100 g
Glutamina	1,00 mg/100 g
Valor calórico	1290 kcal/kg
Fuente: www.neemfoundation.org/comp.htm	

1.7.5 Aplicación de la torta de nim

La torta es un subproducto obtenido de las semillas luego que se ha extraído el aceite, que presenta en su composición aminoácidos esenciales y no esenciales como la valina y el triptófano. El contenido de nitrógeno oscilan entre el 2-3%, que por sus propiedades impiden la desnitrificación del suelo, protege contra

las termitas, hormigas y nemátodos, reduce el número de hongos, bacterias. Actúa como pesticida natural cuando es adicionada al suelo.

Proteínas	13 - 35 %
Carbohidratos	26 - 50 %
Fibra cruda	8 - 26 %
Grasa	2 - 13 %
Ceniza	5 -18 %
Ceniza insoluble en ácido	1 -17 %

Fuente: www.neemfoundation.org/comp.htm

Entre los principales minerales que contienen se encuentran el fósforo, potasio, calcio y magnesio. La torta es fácil de almacenar y no es atacada por hongos. La mezcla de la torta con urea provee de un gran contenido de nutrientes aumentando la producción de cultivos. También puede servir como alimento de aves de corral.

1.7.6 Aplicación del aceite

El extracto del aceite se lo aplica como plaguicida natural y fungicida. También se aplica como jabón medicinal por su acción antiséptica. Se puede emplear como combustible de lamparas, aceite lubricante para maquinas debido a que se degrada menos y no se seca.

Estudios científicos preliminares atribuyen al nim beneficios en contra de enfermedades como:

SIDA: Pruebas llevadas a cabo en el laboratorio realizadas en células infectadas con VIH han dado como resultado una fuerte reacción inmunológica que produce la disminución drástica de las proteínas virales, estimulando la destrucción de los agentes infecciosos.

Cáncer: Resultan eficaces en la disminución de tumores y disolución de estos, utilizándose en forma masiva en Japón.

Diabetes: Gotas de aceite son útiles en pacientes insulino dependientes, ayudándoles a disminuir la dosis y en algunos casos haciendo que la función del páncreas se regularice trayendo como resultado que se suprima la administración de insulina. En cambio en pacientes no insulino dependientes, ha favorecido la desaparición de esta terrible enfermedad.

Úlceras: Actúa disminuyendo los trastornos provocados por la úlcera gástrica, evita las flatulencias, regula el pH y cura las lesiones.

Enfermedades del Corazón: Evita la formación de trombos, disminuye el colesterol, y reduce la presión arterial lo que evita el riesgo de un ataque al corazón.

Mal de Chagas: Investigaciones realizadas por el Instituto Max Plack de Alemania y el Instituto de Oswaldo Cruz en Río de Janeiro - Brasil consideran que los extractos elaborados a partir de las hojas de nim pueden ser considerada como la respuesta para esta terrible enfermedad que afecta a

miles de persona cada año. Como es conocida esta enfermedad es causada por el *Tripanosoma cruzi* que ataca en la noche mordiendo y aspirando la sangre de las personas y animales domésticos, su excremento pasa a la circulación desencadenando la enfermedad. Al ser aplicados los extractos se va a provocar un fallo en las funciones del insecto lo que evitará que el insecto se multiplique.

Malaria: Enfermedad característica de países tropicales, causada por el *Plasmodium falciparum* que provoca fiebres y escalofríos, el componente *gedunin* es muy eficaz como la quinina.

2. PLAGUICIDAS

2.1 Generalidades

En los últimos 50 años, el aumento poblacional ha exigido al hombre servirse del suelo en forma intensiva con el fin de obtener un rendimiento agrícola mayor para contar con los recursos alimenticios necesarios. **Anexo 3**

La agricultura se ve amenazada por las plagas lo cual obliga al manejo y utilización de sustancias químicas conocidos como plaguicidas que representan uno de los principales contaminantes del ecosistema y provoca daños a la salud. Según datos de la Organización Internacional de las Uniones de Consumidores refieren que cada cuatro horas muere un trabajador agrícola y que 375000 individuos se intoxican anualmente. **Anexo 4**

Esto ha obligado a buscar nuevas opciones como lo es la agricultura orgánica que consiste en el uso de agentes microbiológicos, cuya acción es atacar a los insectos, provocándoles enfermedades específicas con lo cual se los elimina por esa vía sin envenenarlos, estos productos son totalmente inocuos para la salud humana y los animales.

Otra alternativa de interés para encontrar productos naturales aplicados al control de plagas en la agricultura son las plantas. Tal es el caso del aceite de semillas del árbol de Nim cuyo principal componente es la azadirachtina que provoca una alteración en el comportamiento de los insectos e inhibe la deposición de los huevos. Este plaguicida presenta una elevada biodegradabilidad, sobre todo por la acción de la radiación U.V, con una

persistencia en campo de 4-8 días y posibilidad de sinergismo con otros productos naturales como *Bacillus thuringiensis*.

El efecto residual de los productos del Nim, es disminuido en algunos días en un lapso de cinco a siete días. En el caso de los efectos sistémicos y con la aplicación de altas concentraciones, estos permanecen algo más. No obstante esto parece ser suficiente para obtener un buen control de plagas.

2.2 ¿Qué es un plaguicida?

Se define como plaguicida a una sustancia o mezcla, de cualquier estado físico cuya finalidad es la de combatir, controlar, prevenir enfermedades o plagas, en la que se incluye vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales en general el objetivo es proteger al hombre de organismos que afectan al ambiente, animales y/o alimentos.

2.3 Clasificación

Los plaguicidas se clasifican de acuerdo a:

- Según su actividad biológica
- Su grado de toxicidad
- Por su naturaleza química

Tabla Nro 4.- Según su Actividad Biológica		
Plaguicida		Organismo que controla
Insecticida	Larvicida	Larvas de insectos
	Formicida	Hormigas
	Pulguicida	Pulgas
	Piojicida	Piojos
	Aficida	Pulgones
Acaricida	Garrapaticida	Garrapatas
Nematicidas		Nemátodos
Molusquicidas		Moluscos
Rodenticidas		Roedores
Avicida	Columbicida	Aves (palomas)
Bactericida		Bacterias
Fungicida		Hongos
Herbicida		Plantas indeseables
Antibióticos		Microorganismos
Fuente: García Inés. Contaminación por fitosanitarios. Plaguicidas.		

Tabla Nro 5.- Por su Toxicidad.- Clasificación de toxicidad de la EPA/EE.UU			
Clase	Oral (mg/Kg)	Dérmica (mg/Kg)	Inhalación (mg/L)
Extremadamente peligroso	50 o menos	200 o menos	0,2
Altamente peligroso	50 - 500	200 - 2.000	0,2 - 2,0
Moderadamente peligroso	500 - 5.000	2000 - 20.000	2,0 - 20
Ligeramente peligroso	5.000 y más	20.000 y más	20 y más
Fuente: British Crop Protection Council. <u>The Pesticide Manual</u> . 10 Ed. Royal Society of Chemistry. 1994.			

Tabla Nro 6.- Por su Naturaleza Química	
Tipos	Ejemplos
Bipiridilos	Paraquat.
Carbamatos	Baygon; Lannate; Sevin; Carbaryl; Temik (aldicarb); Furadan.
Compuestos organoclorados	Thiodan; Endosulfan; Aldrin; Endrin; Mirex; DDT.
Compuestos organofosforados	Diazinon; Sistemín; Disulfuton; Parathion; Malathion; Bidrin; Mocap.
Derivados fosforados	Fosfuro de aluminio; Fosfuro de zinc; Fosfuro de calcio.
Derivados halogenados	Bromuro de metilo; Cloroformo; Dibromocloropropano; Dicloruro de etileno; Dicloropropeno.
Derivados cumarínicos	Warfarina; Coumactor; Coumatetralil; Bromadiclona; Cumaclor; Difacinona; Pindona; Clorofacinona.
Derivados de la urea	Linuron; Linex; Lorox; Afalon.
Piretroides y piretrinas	Karate; Alletrina; Tetrametrina; Permetrina; Decametrina; Esmetrina; Cipermetrina.
Tiocarbamatos	Dithane; Manzate; Mancozeb; Manex Polyram; Trimiltox; Antracol.
Triazinas	Bensulide; Bromacil; Diuron; Fenuron; Monuron; Propazine.
Fuente: http://uaca.ac.cr/acta/1999nov/jgarcia.htm .índice	

2.4 Los Plaguicidas en el Ecuador

Según las estadísticas del Banco Central del Ecuador y el Servicio de Información Agropecuaria SICA, en nuestro país al año se importan aproximadamente 20 toneladas métricas de plaguicidas distribuidos entre insecticidas, herbicidas y fungicidas. **Anexo 5**

Cuadro 1: Importación de Plaguicidas en el Ecuador				
Plaguicidas	Enero - Agosto 1999		Enero - Agosto 2000	
	Millones US \$	TM	Millones US \$	TM
Fungicida	28,28	5,76	33,10	8,36
Herbicida	13,30	2,70	14,68	3,70
Insecticida	11,58	2,24	11,26	2,17

Fuente: Análisis de la regulación de Pesticidas en los EEUU. Análisis de los pesticidas en el Ecuador.

Se desprende de los datos expuestos en el **Cuadro 1** que existe un aumento en un 33 % la importación de plaguicidas considerando el volumen en toneladas métricas (TM) importadas en periodos iguales en el año 1999 y el año 2000.

2.5 Impacto Ambiental

El uso de plaguicidas químicos ha generado la persistencia ambiental de residuos tóxicos y la contaminación de recursos hídricos con degradación de la flora y fauna. Un ejemplo destacado son los plaguicidas organoclorados con una persistencia de 30 años después de aplicados. La sustitución de los pesticidas químicos generadores de efectos indeseables por plaguicidas biodegradables

permite reducir la contaminación de los recursos hídricos y del suelo así como la recuperación de la flora y la fauna afectada.

El extracto de la semilla de nim no genera resistencia en las plagas por lo que no será necesario incrementar las cantidades del insecticida natural.

2.6 Impacto en la salud humana

La OMS reporta que anualmente se intoxican aproximadamente dos millones de trabajadores agrícolas de los cuales las $\frac{3}{4}$ partes de afectados pertenecen a los países subdesarrollados. En nuestro país existen dificultades para obtener registros y estadísticas fiables. Un vehículo importante es la ingestión de alimentos contaminados por plaguicidas lo que contribuye a bioconcentración y bioampliación.

2.7 Impacto Socio - económico

En países desarrollados ha sido prohibido el uso de ciertos plaguicidas por los efectos dañinos que provocan en el ser humano y principalmente por la ruptura del equilibrio ecológico del planeta. En cambio en países subdesarrollados toman como excusa de que no pueden prohibir el uso de ciertos plaguicidas por razones de costo y eficacia.

La implantación de alternativas de bajo costo en la obtención del aceite biodegradable permitirá incursionar en la producción masiva del aceite para lo cual se requiere del cultivo a mayor escala del árbol de NIM que decididamente incide en la generación de nuevas plazas de trabajo ya que no

existen grandes cultivos que pueden abastecer de materia prima al mercado nacional.

2.8 Los plaguicidas Botánicos

Las plantas poseedoras de sustancias químicas con propiedades repelentes son utilizadas como plaguicidas, destacándose entre ellos el piretro, la nicotina, la rotenona, etc. Sin embargo, estos plaguicidas son empleados generalmente en huertos caseros o pequeñas parcelas.

En comparación con los plaguicidas químicos que son importados anualmente, estos no representan ni el 1% del total de pesticidas.

2.8.1 Ventajas

El auge de estos insecticidas, en reemplazo de los químicos, está sustentado en un sinnúmero de ventajas como:

1. Menos contaminantes por ser limpios ecológicamente;
2. Biodegradables;
3. No origina genes de resistencia
4. Mínima toxicidad para mamíferos incluido el hombre;
5. Recomendable para cultivos de exportación, ya que el empleo de los mismos está aprobado por organismos internacionales.

Las pruebas realizadas con el aceite de nim en diferentes cultivos de ciclo corto; han originado buenos resultados empleando diversos métodos de aplicación.

3. SOLVENTE GASOLINA

3.1 Generalidades

Para extraer el aceite de nim se han llevado a cabo muchos métodos de obtención, destacándose, aquellos que se realizan con disolventes por que van a contribuir a los estudios científicos como medios para la realización química.

Entre los solventes que se han utilizado se destacan el agua, benceno, hexano, sulfuro de carbono y tricloro etano. **Anexo 6**

Los solventes que extraen la mayor cantidad del aceite son el tricloro etano y el sulfuro de carbono pero debido a su alto poder solvente arrastra en la destilación otros componentes que van a interferir en la acción plaguicida del aceite, por tal motivo el hexano es el disolvente que cumple los parámetros de extracción. **Anexo 7**

Pero como es sabido este tipo de disolventes tienen costos elevados y siendo utilizados en estas extracciones saldrían costos altos en estos extractos.

Por tal motivo lo que se pretende realizar en el presente trabajo investigativo es realizar un proceso de extracción, aplicando un corte solvente destilado a presión atmosférica de la gasolina natural, que tenga propiedades similares al hexano.

Para obtener este corte solvente con características del hexano se va a emplear la destilación ASTM, que consiste en una destilación simple, en la que se van a emplear equipos y procedimientos especificados rigurosamente en el ASTM. Book of Standards.

Este método se fundamenta en el hecho de que consta de una sola etapa de equilibrio y la fuente única de reflujo será la cantidad de condensado que se forma.

Para finalmente seguir con la obtención del aceite mediante proceso de extracción sólido - líquido llevado a cabo a presión atmosférica utilizando como solvente el hexano destilado a partir de la gasolina, fundamentándose el método en que el punto de ebullición va a modificar las volatilidades relativas de los componentes de la mezcla de alimentación.

La gasolina es un subproducto del petróleo, el cual se lo obtiene por diferentes etapas siendo estas las siguientes:

1. Proceso de destilación de los componentes del petróleo, uno de los cuales es la gasolina.
2. Proceso de desintegración de los componentes pesados del petróleo, para convertirlos en gasolina y gas licuado.
3. Procesos para mejorar las características de las gasolinas como el de isomerización, reformación catalítica, alquilación y adición de compuestos oxigenantes como el metil terbutil éter y metil teramil éter.
4. Procesos de purificación, para que su calidad cumpla con las normas de calidad y las normas ecológicas, tales como la hidrodeshulfuración.

3.2 Gasolina Natural

Más del 10% de la gasolina total es elaborada con gas natural. Alrededor del año 1912, la gasolina natural trajo la atención, debido a que en esa época se agudizó la demanda de combustible para motores.

La gasolina natural, obtenida del gas natural, requiere, generalmente, solo un tratamiento de endulzamiento para la eliminación de ácido sulfhídrico.

Las gasolinas naturales están clasificadas por la Natural Gasoline Manufacture's Association of America (1948):

Presión de vapor Reid	0.7 - 2.4 Kg/ cm ²
Porcentaje evaporado a 60°C	25 - 85
Porcentaje evaporado a 135°C	No menos de 90
Punto final	No mayor de 190°C
Corrosión	Negativo corrosiva
Ensayo "Doctor"	Negativo (dulce)
Color	No menor de +25

Fuente: Refinación de Petróleos, W.L. Nelson

De acuerdo con el porcentaje evaporado a 60°C y la presión de vapor la gasolina natural se divide en 24 grados.

3.3 La Gasolina como Disolvente

La gasolina también se la puede emplear como un buen disolvente orgánico aunque es aplicada principalmente como carburante en motores de explosión,

químicamente es una mezcla de hexano y heptano. Las propiedades físicas de la gasolina están comprendidas entre los límites siguientes:

Intervalo de destilación	60 - 120 °C
Peso específico	0.66 - 0.684
Índice de refracción	1.375 - 1.387

La gasolina empleada como disolvente y diluyente debe cumplir los siguientes parámetros:

Tabla Nro 8: Gasolina: Parámetros	
Peso específico	0.760 -0.810
Residuo de evaporación	Menor del 0.2%
Destilación hasta 150 °C	10% como máximo
Destilación hasta 190 °C	80% como mínimo
Destilación hasta 200 °C	90% como mínimo
Punto de inflamación	Mayor de -25 °C
Velocidad de evaporación	16 como máximo.
Fuente: Disolventes y plastificantes. Luis Blas	

Otro tipo de gasolina es la especial 100/160 caracterizándose por:

Tabla Nro. 9: Gasolina 100/160	
Peso específico	0.720 -0.760
Punto inicial de destilación	No inferior a 100 °C
Destilación hasta 160 °C	95% como mínimo
Punto de inflamación	-20 a -10 °C
Velocidad de evaporación	8 como máximo.
Fuente: Disolventes y plastificantes. Luis Blas	

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Antecedentes

El presente trabajo investigativo se enmarca en las características de un estudio de carácter prospectivo y analítico para realizar la "Obtención del Aceite de Semilla de NIM por Extracción con Gasolina Natural". Este estudio preliminar pretende determinar las características de extracción del aceite de la semilla de NIM que permitirán optimizar el proceso de extracción y mejorar su rendimiento. Las corridas, análisis y tratamiento de las muestras se realizaron en el laboratorio de Hidrocarburos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en el periodo Agosto 2001 - Febrero 2002.

4.2 Metodología

4.2.1 Tratamiento de la semilla

Universo: El universo de estudio está constituido por las semillas del árbol de NIM, obtenidos en el Centro Manabita de Desarrollo Comunitario (CEMADEC) estas semillas se caracterizan por estar libres de pulpa.

Muestras: Las muestras comprenden 15 extracciones donde la cantidad de semilla, el volumen de solvente y la temperatura son constantes.

El tratamiento cubre los siguientes pasos: (**Anexo 8**)

- Selección:
 - **Criterio de Inclusión:** Se considera a las semillas que cumplan con los parámetros de madurez .
 - **Criterio de Exclusión:** Se excluyen todas aquellas semillas que presenten deformaciones, manchas, etc.

- Limpieza: Esta se realiza para eliminar las impurezas, que traen las semillas como tierra, piedritas, restos de hojas, hierbas, etc. Posteriormente se realizó un lavado con abundante agua.

- Secado: Una vez que la semilla ha sido lavada, se debe secarla muy bien para evitar que se altere su principio activo o que se pudran sus tejidos, por lo cual se la extiende sobre una malla de hilo, sacudiéndola regularmente para que el secado sea uniforme, esto se llevo a cabo en un lugar muy ventilado, ya que no se seca al sol directamente por que, puede afectar o evaporar los principios activos de las mismas.

- Descascarado: Este paso se realiza manualmente, para evitar dañar la materia prima.

- Molienda: Se la ejecuta con un molino de tornillo sin fin.

- Almacenamiento: Para el almacenamiento se utiliza frascos de vidrio de boca ancha, bien tapados, se lo almacena en un lugar fresco y oscuro para protegerlos del polvo, humedad, insectos y sobre todo para preservar al máximo sus principios activos. (**Anexo 9**)

- Variables:

Cualitativas	Cuantitativas
<ul style="list-style-type: none"> • Aspecto de la semilla • Corte hexano • Análisis Cromatográfico • Propiedades organolépticas del aceite: <ul style="list-style-type: none"> • Color • Olor • Solubilidad 	Destilación ASTM Rendimiento de extracción <ul style="list-style-type: none"> • Índice de Refracción • Densidad • Punto de Inflamación • Viscosidad Saybolt • Punto de Congelamiento • Índice de Acidez

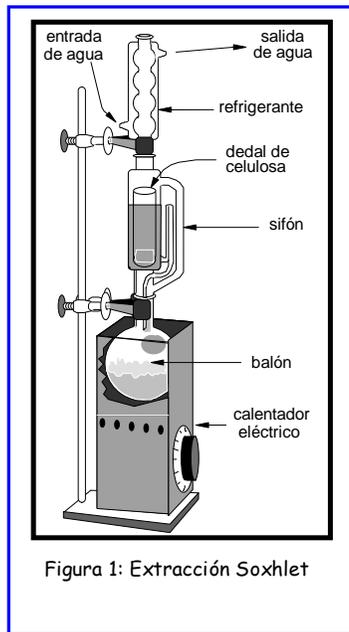
4.2.2 Obtención del corte solvente

La gasolina natural que se empleó como disolvente proviene del Campo Ancón perteneciente al cantón Santa Elena de la provincia del Guayas.

Es de anotar que la gasolina fue sometida a una destilación simple para obtener un corte solvente con un rango de ebullición de 34 - 70 °C para garantizar las características del hexano, cuyo punto de ebullición es de 67 °C. Para la destilación del corte solvente se utilizó el equipo descrito en el **Anexo 10** y cuyo procedimiento se describe a continuación.

Utilizando una probeta se mide 100 mL de gasolina natural el cual se lo trasvasa a un balón de destilación ASTM, se lo coloca en el equipo y una vez que este alcanza la temperatura del corte que es de 70 °C, se retira la probeta en el que se recoge el corte para guardarlo en una botella ámbar y se lo almacena en refrigeración ya que es un solvente muy volátil.

4.2.3 Extracción del aceite de NIM



Para efectuar la extracción del aceite de NIM con el corte solvente (figura 1), se usa un método de extracción continua, con el extractor Soxhlet, el proceso a seguir es el siguiente:

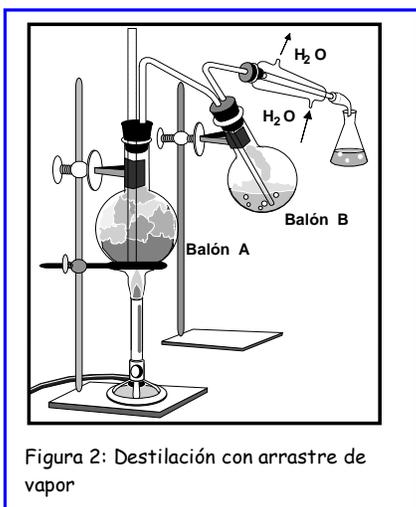
La semilla molida (35 g) se la coloca en un dedal de celulosa, introduciendo éste en el sifón, en el balón se deposita el solvente (corte, 250 ml) que se lo calienta a la temperatura de ebullición del hexano (67 °C), cuando los vapores empiezan a ascender por el tubo lateral se van a condensar en el refrigerante, retornando a la sustancia en el cartucho. Una vez que se nivela el solvente con los tubos comunicantes, se sifonea por el tubo y cae en el balón, arrastrando consigo el aceite de NIM, este ciclo se repite varias veces, durante la extracción que dura 6 horas. (**Anexo 11**)

4.2.4 Recuperación del Solvente

La recuperación del solvente, se la realiza empleando el equipo de destilación ASTM. El método usado es el mismo que se empleó para obtener el corte solvente; es decir se destila hasta 70 °C recuperándose el solvente en la probeta, quedando el aceite de NIM en el balón. La recuperación termina tan pronto deja de gotear el solvente en la probeta, evitando que el aceite se comience a quemar.

4.2.5 Purificación del Aceite

Para eliminar completamente todo vestigio del solvente en el aceite se realizó una destilación con arrastre de vapor, cuyo procedimiento es el siguiente:



En el primer balón (ver figura 2), se introduce agua hasta la mitad sellándolo con un tapón provisto de un tubo de seguridad y un tubo de desprendimiento doblado que a su vez posee otro tapón en el extremo para tapar el segundo balón que contiene la muestra (aceite), éste tiene otro tubo de desprendimiento con tapón que une el refrigerante. (**Anexo 12**)

Antes de proceder a calentar el agua del primer balón, se conecta el refrigerante a una entrada y salida de agua a temperatura ambiente.

El vapor de agua que se genera en el primer balón ingresa al balón que contiene la muestra y libera al aceite de los residuos de solvente, que son recogidos en una fiola al final del refrigerante.

4.3 Análisis realizados

Para conocer las características que presenta el aceite se realizaron varios análisis con el objeto de establecer sus propiedades físico - químicas, las mismas que fueron realizados varias veces para garantizar la repetibilidad de los resultados. (**Anexo 13**)

4.3.1 Análisis Cromatográfico

El corte solvente de gasolina natural, que se empleó para realizar la extracción del aceite de NIM, fue sometido a un análisis cromatográfico para lo cual se utilizó el Cromatografo Perkin-Elmer 8500.

La cromatografía es un método físico de separación, mediante el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos fases:

- Una fase móvil constituido por el helio, y
- Una fase estacionaria de Metyl silicona (PEG, Carbowax™)

Durante la corrida de un cromatograma la fase móvil arrastra las moléculas de la muestra a través de un lecho de la fase estacionaria. Durante el trayecto las distintas moléculas de la muestra son retardadas por la fase estacionaria en función de la interacción entre los componentes de la muestra y las fases: estacionaria y móvil, dado que las interacciones entre la muestra y las fases son selectivas, para nuestro caso se utilizó las siguientes condiciones de operación:

Tipo de columna:	Capilar
Componente de arrastre:	Helio
Tipo de detector:	FID
Temperatura fija:	70 °C
Longitud de columna:	50 m x 0.32 mm
Presión:	30 PSI

Siendo estas interacciones selectivas lo que significa que para un análisis específico las fases son diferentes para cada componente.

4.3.2 Propiedades Organolépticas

Esta determinación es fundamentalmente subjetiva, los caracteres organolépticos son las cualidades de las sustancias perceptibles directamente por los sentidos.

- Color Visual: Coloración perceptible a través del órgano de la visión.
- Olor: Percepción característica de la sustancia a través del olfato.

4.3.3 Índice de refracción

Para determinar el índice de refracción se empleó el refractómetro de ABBE Bausch & Lomb. El análisis mediante el uso del refractómetro se basa en la relación aire - sustancia, es decir la razón de la velocidad de un rayo de luz a través de la sustancia.

El índice de refracción de una sustancia dada varía con la longitud de onda del rayo de luz refractado y con la temperatura. Salvo indicación contraria el índice de refracción viene referido a la longitud de onda correspondiente a la línea D 589,3 nm de la luz del sodio, y a una temperatura de 20 °C.

4.3.4 Densidad

La determinación de la densidad de las muestras de aceite se realizó empleando el picnómetro, el cual debe estar a una temperatura constante de 25 °C, inicialmente se procede a llenar el picnómetro con la muestra hasta el

borde del tubo capilar, luego se pesa y finalmente se aplica la siguiente formula:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Picnómetro con Muestra}}{\text{Picnómetro con Agua}}$$

4.3.5 Punto de Inflamación (Norma INEN 808)

En razón de que el aceite puede contener residuos de solvente, es conveniente determinar el punto de inflamación y que nos permite verificar la pureza del aceite o si éste está exento de residuos solventes. Este método se fundamenta en la medición de la temperatura, en la que los vapores emitidos se inflaman por primera vez.

La muestra de aceite de NIM, se coloca en un vaso Cleveland, calentándose de manera rápida en un principio y cada 2 grados al acercarse al punto de inflamación, se aplicará un aumento lento de temperatura (1 grado).

El equipo que se utilizó durante el ensayo es el determinador de punto de inflamación de copa abierta Cleveland.

4.3.6 Viscosidad Saybolt (INEN 1 981)

Este análisis consiste en medir el tiempo de flujo en segundos de 60 cm³ de muestra a través de un orificio universal, calibrado en condiciones normalizadas.

El viscosímetro Saybolt consta de las siguientes partes:

Un tubo de carga en el que se coloca el aceite de NIM, la parte inferior del tubo es roscado y tendrá un tope para fijarlo dentro del baño, provisto de un tapón de corcho para evitar que el aceite se escurra antes de empezar el ensayo.

Un baño termostático, provisto de un dispositivo de agitación y de medios de calentamiento, encontrándose a una distancia mayor de 3 cm del tubo de carga. La temperatura de ensayo para el aceite es de 40 °C.

Copa receptora de vidrio con capacidad de 60 cm³. Además de cronómetros graduados en décimas de segundos.

El análisis de las muestras de aceite se realizaron aplicando las condiciones descritas en la Norma INEN 1981.

4.3.7 Punto de Congelamiento (ASTM D 2386)

Este método mide la resistencia de la muestra a la cristalización, para lo cual se emplea una pequeña cantidad de aceite en un tubo de ensayo, el que es introducido en un baño de hielo. Se considera que se ha alcanzado su punto de congelamiento cuando la muestra a solidificado.

4.3.8 Índice de Acidez

La acidez es una expresión del porcentaje de los ácidos grasos libres. Para realizar este análisis se emplea un método volumétrico, que se define como el

peso en miligramos de hidróxido de sodio necesario para neutralizar un gramo de materia grasa.

$$\text{Indice de Acidez} = \frac{40,0 \text{ VN}}{P}$$

El índice de acidez de la muestra se realiza como procedimiento de calidad.

4.3.9 Solubilidad

Al aceite de NIM se le practicó, ensayos de solubilidad en diferentes solventes, entre estos tenemos: agua, acetona, tolueno, iso octano, éter, solución de cloruro de sodio, para establecer el grado de solvencia con respecto a solventes distintos al utilizado.

4.4 Control de Calidad

Para certificar la fidelidad de los resultados obtenidos se siguen las normas INEN, ASTM y las Buenas Practicas de Laboratorio, para disminuir los errores que pudieran presentarse durante la realización de la investigación desde el momento de la obtención de la muestra, siguiendo con el proceso de extracción, recuperación del solvente, conservación del aceite, así como diferentes análisis realizados y finalmente la interpretación de los resultados obtenidos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

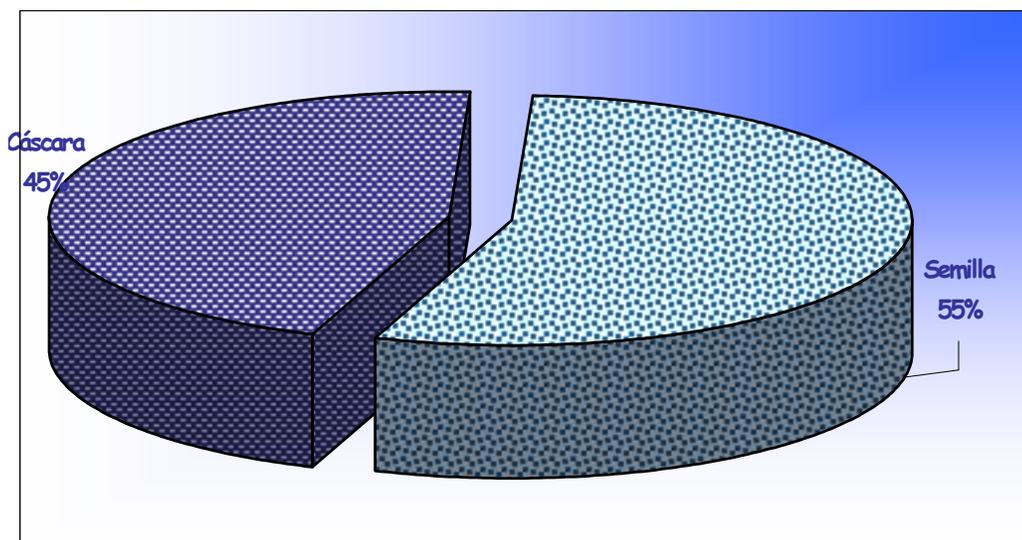
En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación y que mantiene la secuencia en el proceso de obtención del aceite.

5.1 Obtención del Peso Real de la Muestra

Después de que la muestra fue sometida al tratamiento de selección, limpieza y secado se procede al descascarado para continuar con la molienda.

En el descascarado se obtiene el primer resultado, por que la muestra va a perder peso. Tomando como base 1 Kg de semilla (con cáscara) se va a conocer el peso real de la semilla limpia que será empleada en la extracción del aceite.

Como se observa en el **gráfico 1**; la semilla limpia (libre de cáscara) corresponde a un 55%, mientras que la cáscara corresponde a un 45%.



Esto indica que a partir de 1 Kg de semilla con cáscara; se obtiene 550 g de semilla lista para ser empleada en la extracción, lo que representa una pérdida de 450 g, más o menos la mitad del peso inicial de referencia.

5.2 Rendimiento de extracción de aceite

Para establecer el rendimiento del aceite en la extracción se ensayaron 15 extracciones, manteniendo en cada uno de ellas el peso inicial de la muestra, la cantidad de solvente, la temperatura. El tiempo aplicado varía entre 4 a 6 horas, fijando finalmente el tiempo de extracción de 6 horas en la mayoría de las corridas en razón de que los rendimientos aumentan a medida que se incrementa el tiempo de extracción, como se aprecia en la **Tabla 1**.

En el **gráfico 2** se puede apreciar los puntos que representan las muestras 1, 2, 3, 4 con rendimiento menor que de 5 en adelante, en donde se aplicó 6 horas.

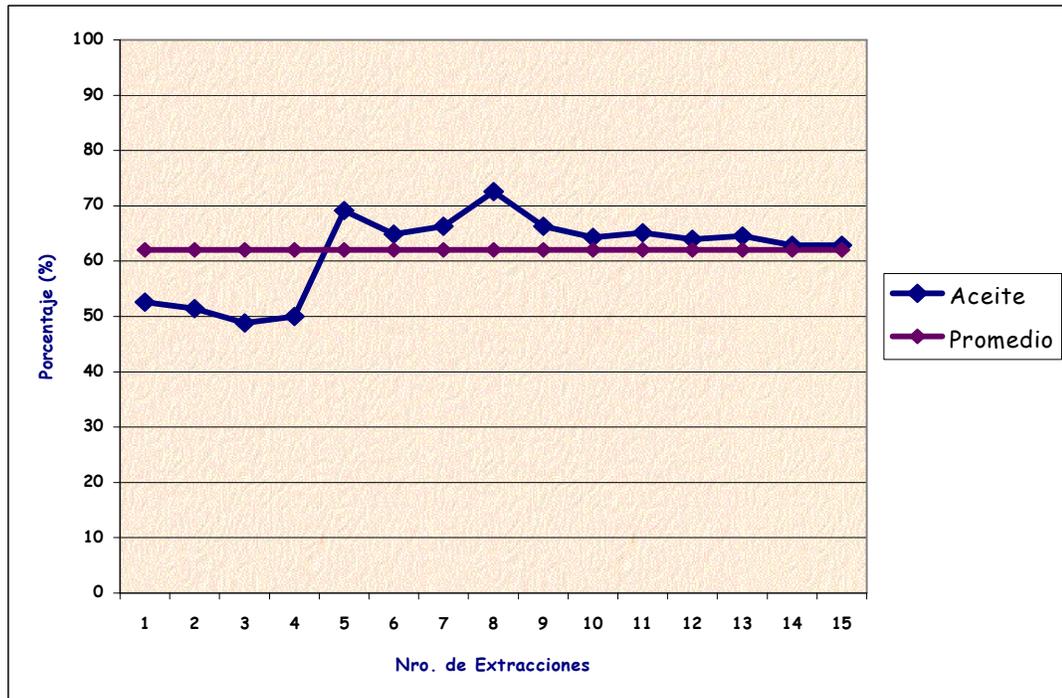
Los puntos 7 y 8 se presentan superiores esto indica que el aceite, contenía todavía solvente en su composición, por lo que se realiza la purificación del aceite, utilizando para ello la destilación con arrastre de vapor.

Tabla 1: Rendimiento del aceite de NIM

Nro. Extracción	Peso muestra	Aceite Obtenido	Rendimiento
	(g)	(g)	(%)
1	35	18.4	53
2	35	18	51
3	35	17.1	49
4	35	17	49
5	35	24.2	69
6	35	22.7	65
7	35	25.3	72
8	35	25.4	73
9	35	23.2	66
10	35	22.5	64
11	35	22.8	65
12	35	22.4	64
13	35	22.6	65
14	35	22	63
15	35	21	60

Fuente: La Autora

Gráfico 2: Rendimiento de Aceite de NIM



Fuente: La Autora

En conclusión, a partir de 35 g de semilla se obtiene como promedio 21,64 g de aceite lo que representa el 62 % de rendimiento.

5.3 Relación entre Materia Prima Inicial y Residuo

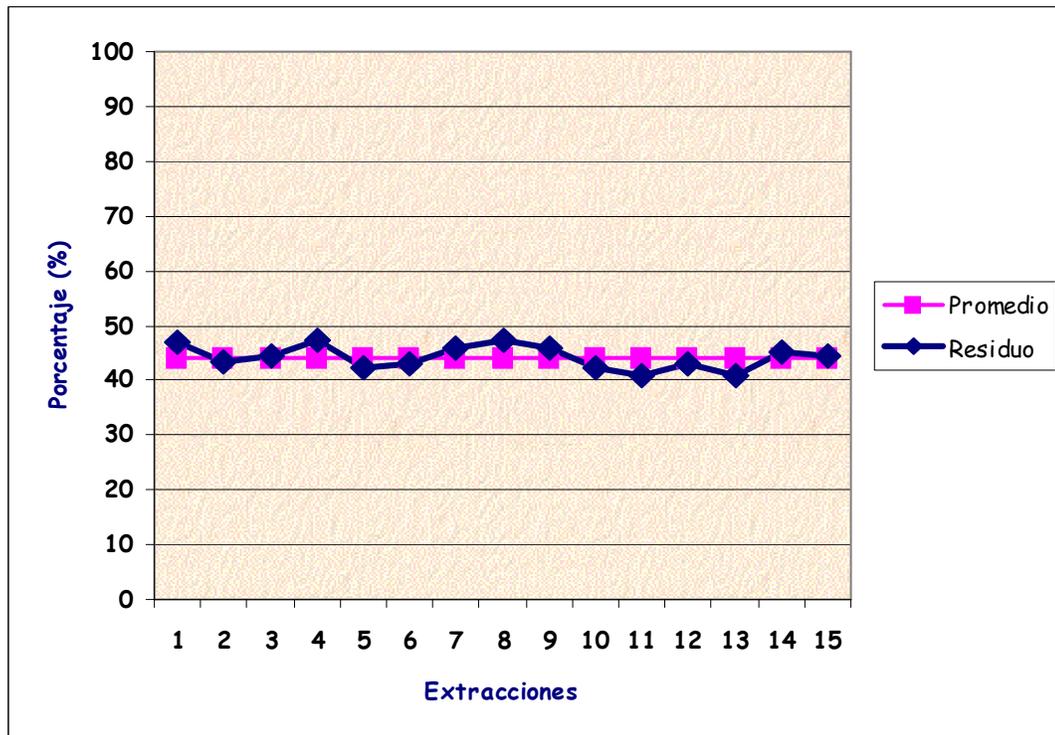
La **tabla 2** corresponde a la relación entre la materia prima que se emplea y el residuo (torta), que queda después de la extracción. Como se observa en la columna 3 de la tabla, los residuos de cada extracción se mantienen más o menos constantes, en un porcentaje promedio de 44.

Tabla 2: Relación entre Materia Prima Inicial y Residuo			
Nro. Extracción	Peso muestra inicial (g)	Peso muestra después extracción (g)	Residuo (%)
1	35	16.4	47
2	35	15.2	43
3	35	15.6	45
4	35	16.5	47
5	35	14.8	42
6	35	15.1	43
7	35	16	46
8	35	16.5	47
9	35	16	46
10	35	14.8	42
11	35	14.3	41
12	35	15	43
13	35	14.3	41
14	35	15.8	45
15	35	15.5	44

Fuente: La Autora

Así lo demuestra estadísticamente en el **gráfico 3**.

Gráfico 3: Relación entre la Materia Prima y el Residuo



Fuente: La Autora

5.4 Solvente Recuperado

En la **Tabla 3**; se ha considerado la relación del solvente que se recupera después de realizar la extracción del aceite.

Como se observa en la columna 2 de la tabla, el peso en gramos del solvente varía entre 164,8 a 168, esta variación se debe al grado de refrigeración del solvente, este peso corresponde 250 ml de solvente.

En la columna 4, se representa el porcentaje de solvente recuperado, las muestras 1, 2, 3, 4 indican un porcentaje mayor de recuperado a las

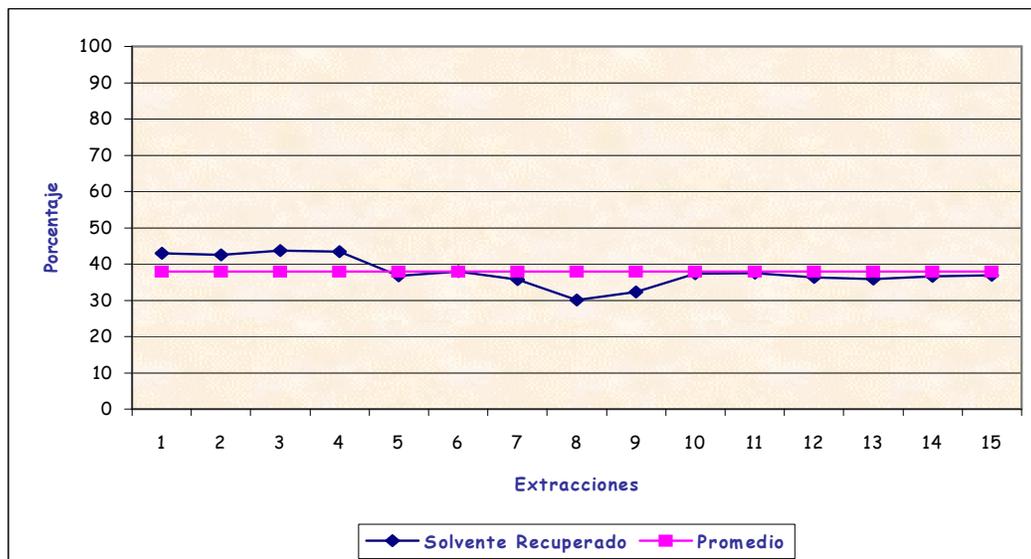
subsiguientes, esto se debe a que en ellas se utilizaron menos tiempo de extracción (5 a 4 horas).

Nro. Extracción	Solvente Inicial (g)	Solvente después de extracción (g)	Recuperado (%)
1	166.8	71.7	43
2	166.8	71	43
3	164.9	72	44
4	164.3	71.3	43
5	165.9	61	37
6	165.9	62.9	38
7	168	60	36
8	166.1	50	30
9	168.3	54.4	32
10	166.4	62.2	37
11	163.9	61.5	38
12	165	60	36
13	164.8	59	36
14	165.1	60.5	37
15	165.1	61	37

Fuente: La Autora

En el gráfico 4; se representa el porcentaje del solvente recuperado, como se observa el promedio es de 38%, indicando que el 62 % del solvente se evapora.

Gráfico 4: Recuperación de Solvente



Fuente: La Autora

5.5 Análisis realizados al aceite

Para conocer la calidad del aceite, se le practicó diferentes análisis para determinar sus propiedades físicas y químicas, siguiendo los procedimientos de las normas INEN y ASTM.

a. Propiedades Organolépticas

- Color: El color que presenta el aceite de NIM, es café amarillento.
- Olor: Este se caracteriza por ser desagradable y muy fuerte, al estar mucho tiempo en contacto con él causa escozor en la nariz.

b. Propiedades Físico - Químicas

Tabla 4: Propiedades Físico - Químicas del Aceite de NIM	
Análisis Realizado	Resultado
Indice de Refracción (25°C)	1.453
Densidad (25°C)	0.87
Punto de Inflamación	68 °C
Viscosidad Saybolt	235 cSt
Punto de Fusión	21 °C
Indice de acidez	5.37

Fuente: La Autora

c. Ensayos de solubilidad

Como se mencionó en el capítulo 4 se realizó ensayos de solubilidad del aceite, los resultados obtenidos se indican en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Solubilidad del Aceite de NIM	
Agua	Insoluble
Acetona	Soluble
Etanol	Soluble
Éter	Soluble
Isooctano	Soluble
Solución de NaCl	Insoluble
Tolueno	Soluble

Fuente: La Autora

5.6 Análisis Cromatográfico del corte solvente

La gasolina es una mezcla compleja de hidrocarburos destilados del petróleo, que se caracteriza por contener hidrocarburos con bajo peso molecular que son volátiles en comparación con los otros derivados del petróleo. Para realizar la extracción del aceite de NIM se empleó un corte solvente, por lo que se creyó necesario conocer que átomos de carbono forman parte de su composición.

El perfil cromatográfico obtenido para el corte solvente que se muestra en el **Cromatograma**, presentan picos con tiempos de retención hasta 5 minutos. Este corte de gasolina contiene una estructura química diferente entre 2 y 7 átomos de carbono, pero que comparten algunas características, por los tiempos de retención entre los diferentes componentes son muy cercanos.

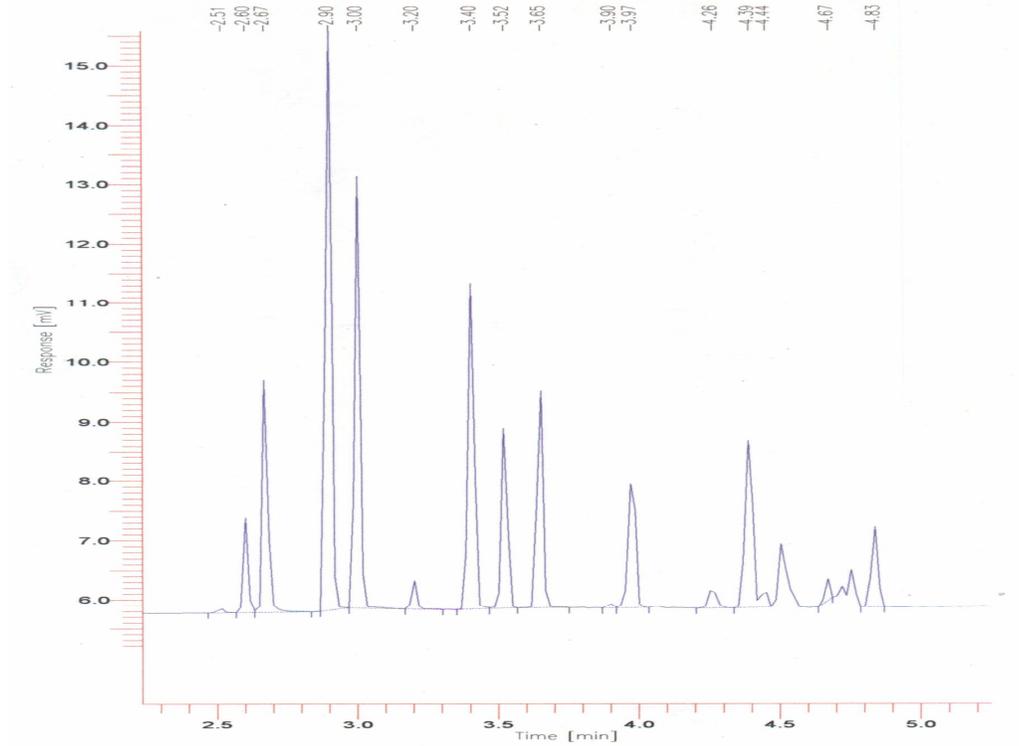
En la **Tabla 6** se indica el porcentaje de la composición del corte solvente.

Tabla 6: Composición del corte solvente	
Número de átomos de Carbono	Porcentaje
C2	8
C3	23
C4	15
C5	13
C6	9
C7	3
Otros: n-isómeros	29

Fuente: La Autora

Chromatogram

Sample Name : Corte Solvente Sample # : 1 Page 1 of 1
 File Name : C:\TC4\EXAMPLES\NIM_001A.RAW Date : 18/03/02 01:12 p.m.
 Method : GASOLINA.MTH Time of Injection: 26/02/02 01:58 p.m.
 Start Time : 0.00 min End Time : 5.0 min Low Point: 5.21 mV High Point: 15.85 mV
 Scale Factor : 1.0 Plot Offset : 5 mV Plot Scale: 10.6 mV



Corte Solvente de Gasolina Natural

Peak #	Time [min]	Area [$\mu\text{V}\cdot\text{s}$]	Height [μV]	Area [%]	BL	Area/Height [s]
1	2.514	124.00	68.32	0.2	BB	1.82
2	2.600	1943.00	1068.70	3.0	BV	1.21
3	2.668	5481.00	3939.65	8.3	VB	1.39
4	2.898	15101.00	101152.47	22.9	BB	1.49
5	2.999	9764.00	7296.77	14.8	BB	1.34
6	3.200	635.00	491.59	1.0	BB	1.29
7	3.401	8723.12	5527.29	13.3	BV	1.58
8	3.518	4575.38	3066.54	7.0	VB	1.49
9	3.648	5787.50	3716.00	8.8	BB	1.56
10	3.898	129.95	74.33	0.2	BV	1.75
11	3.972	4177.05	2190.86	6.3	VB	1.91
12	4.256	686.00	326.88	1.0	BB	2.10
13	4.386	5765.00	2863.30	8.8	BE	2.01
14	4.444	189.00	166.58	0.3	EB	1.13
15	4.667	534.50	375.16	0.8	BB	1.42
16	4.832	2206.50	1362.42	3.3	BB	1.62

6. CONCLUSIONES

Después de realizar esta investigación se puede concluir que:

1. El corte solvente que se obtuvo de la Gasolina Natural del Campo Ancón tiene un rango de ebullición entre 34 y 70 °C.
2. Las características del corte solvente guardan relación con los hidrocarburos comprendidos entre C_2 y C_7 .
3. El rendimiento del corte solvente es del 35% en volumen.
4. El germen de la semilla, a partir de la cual se extrae el aceite, representa el 55% del peso total de la semilla.
5. La pasta de la semilla de NIM representa el 44%.
6. El porcentaje de aceite extraído representa el 62%.
7. Las características físico-químicas del aceite son típicas para un aceite y su viscosidad le confiere la propiedad de fijarse en las plantas, favoreciendo su acción insecticida.
8. El aceite es delicado, dado que su estado cambia bajo la influencia de la temperatura, en un rango inferior a 21 °C y superior a 80 °C.
9. El aceite de NIM, puede ser utilizado de manera distinta, en emulsión con agua y aplicarlo en diferentes productos: jabón, pasta, cremas, etc.

7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se pueden dar después de haber realizado esta investigación son las siguientes:

1. Fomentar el uso de insecticidas naturales biodegradables, por que se tendrían cultivos más sanos, lo que disminuiría enfermedades debido a alimentos contaminados con los insecticidas químicos.
2. Promover el cultivo de árboles de NIM, para aprovecharlo no solamente para la elaboración del aceite plaguicida sino también para utilizar todas las partes del árbol como las hojas, corteza, etc. que tienen aplicaciones muy importantes.
3. Utilizar el residuo (torta) que queda como subproducto de la extracción para aprovecharlo como abono orgánico, ya que este residuo, según estudios realizados tiene un 2 - 3 % de nitrógeno, lo que impide la desnitrificación del suelo.
4. Continuar con la investigación utilizando una destilación fraccionada, para obtener un corte solvente que se acerque más a la temperatura de ebullición del hexano.

ANEXO 1: Árbol de Nim



Flores



Semillas

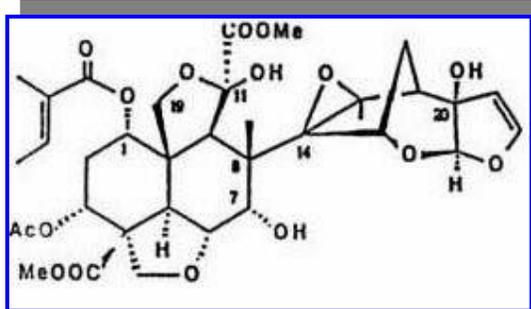


Hojas



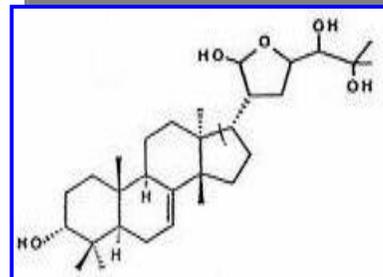
Tronco

ANEXO 2: Composición Química

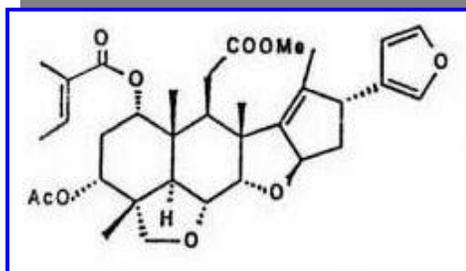


(A) Azadirachtina

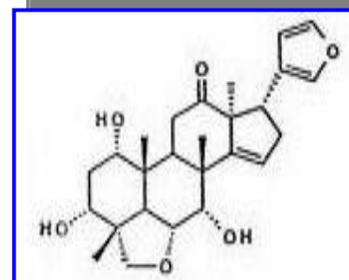
(B) Mellantriol



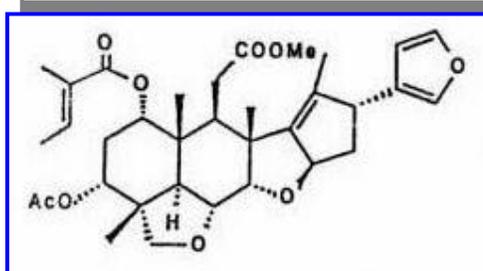
(C) Nimbim



(D) Nimbidin



(E) Salannin



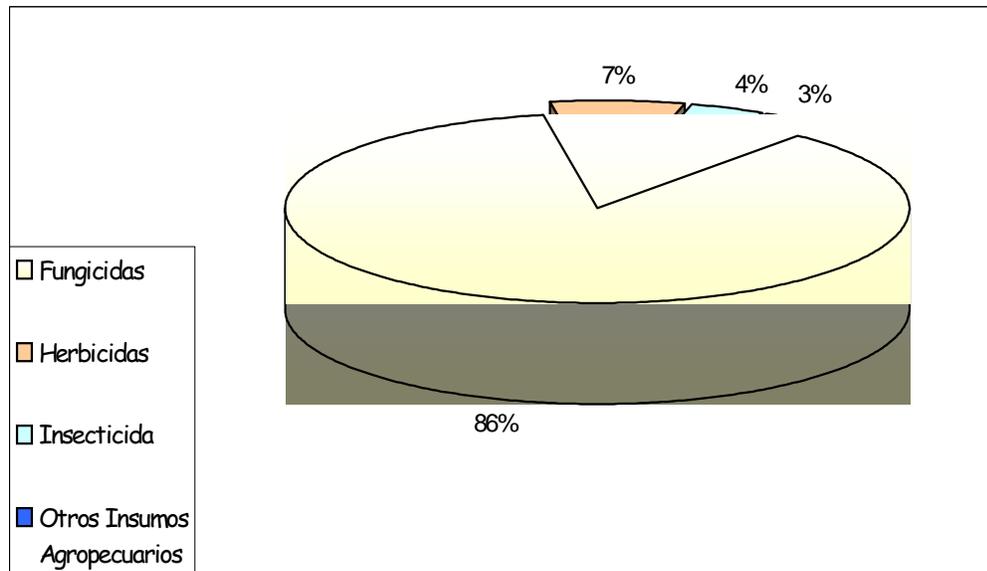
ANEXO 3: Evolución de Plaguicidas

- 1800 - 1920 Estos plaguicidas carecían de especificidad, sumamente tóxicos tanto para el agricultor como para los organismos a los que no estaban dirigidos. Derivados de la elaboración de gas de carbón y de la química orgánica, entre estos tenemos: creosota, nitrofenoles, clorofenoles, etc
- 1945 - 1955 Los plaguicidas de este periodo fueron obtenidos por síntesis orgánica, los que presentaban, efectos nocivos para el ambiente, entre estos tenemos a los productos orgánicos clorados, DDT, y otros.
- 1955 - 1970 Entre los principales plaguicidas de este periodo tenemos a los inhibidores de la colinesterasa, carbamatos, compuestos organofosforados, obtenidos por medio de síntesis orgánica, que presentaban menor persistencia, cierto grado de toxicidad para el agricultor y problemas de tipo ambiental.
- 1970 - 1985 En esta etapa se perfeccionó las relaciones estructura-actividad de los plaguicidas, presentaban cierta falta de selectividad, resistencia, persistencia y costo, entre estos se destacan los piretroides sintéticos.
- 1985 Estos plaguicidas fueron obtenidos por la ingeniería genética, cuya acción es la transferencia de genes para los plaguicidas biológicos a otros organismos tanto plantas como animales benéficos. También va a provocar una alteración de tipo genético en las plantas para que resistan la acción de los plaguicidas.

ANEXO 5: Estadísticas en el Ecuador

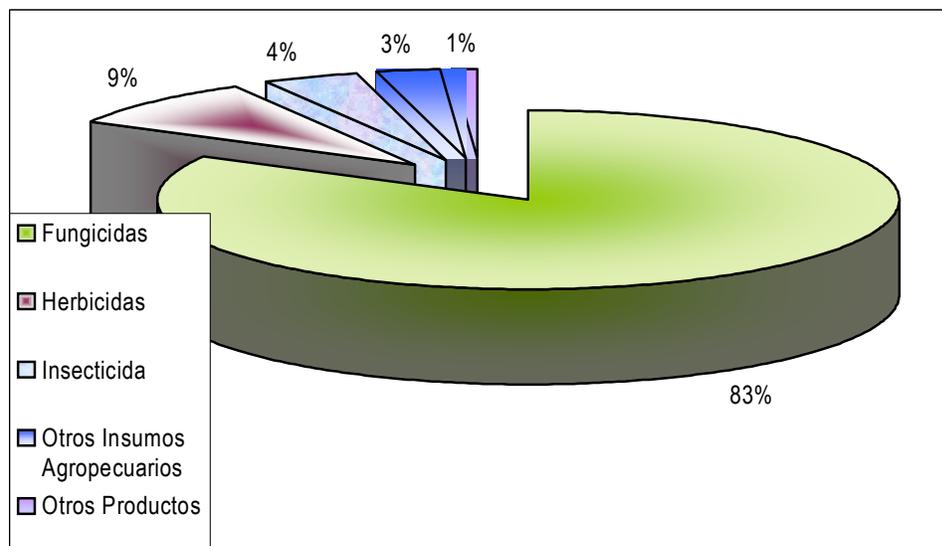
Importación de Productos Agroindustriales

Periodo Enero - Agosto 1999



Importación de Productos Agroindustriales

Periodo Enero - Agosto 2000



ANEXO 6: Solventes Empleados

Agua

Fórmula	: H ₂ O
Peso Molecular	: 18 g/mol
Punto de Ebullición	: 100 °C
Punto de Fusión	: -110,8 °C
Densidad	: 1,00 g/cm ³
Características	: Líquido incoloro, sin sabor e insípido
Aplicaciones	: Solvente universal, empleado en todas las industrias

Benceno

Fórmula	: C ₆ H ₆
Sinónimos	: Benzol; Ciclohexatrieno
Peso Molecular	: 78,12 g/mol
Punto de Ebullición	: 80,1 °C
Punto de Fusión	: 5,5 °C
Densidad	: 0,87865 ²⁰
Características	: Líquido incoloro claro volátil. Olor característico y agradable.
Aplicaciones	: Fabricación de tintes, plásticos, explosivos, detergentes, disolvente de laca, cera y aceites.

Hexano

Fórmula	: C_6H_{14}
Sinónimos	: N - hexano
Peso Molecular	: 86,17 g/mol
Punto de Ebullición	: 68,95 °C
Punto de Fusión	: - 95
Densidad	: 0,6603 ₄ ²⁰
Características	: Líquido incoloro con un olor parecido al del petróleo, sus vapores son más densos que el aire.
Aplicaciones	: Como disolvente, desnaturalizante de alcohol, en la formulación de productos adhesivos, lacas, cementos y pinturas. Extracción de aceite de semillas.

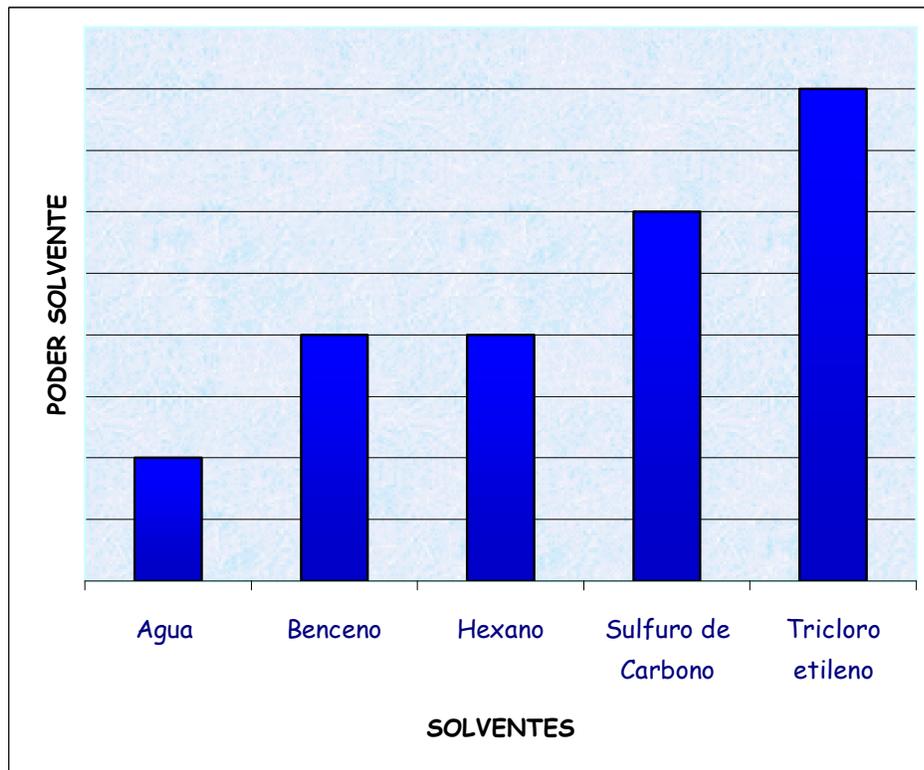
Sulfuro de Carbono

Fórmula	: CS_2
Peso Molecular	: 76,14 g/mol
Punto de Ebullición	: 46,3 °C
Punto de Fusión	: -110,8 °C
Densidad	: 1,26 ₂₀ ²²
Características	: Líquido volátil, incoloro, tóxico, inflamable.
Aplicaciones	: Industria textil, fabricación de tiocompuestos, disolventes, extracción de aceites, fabricación de pesticidas.

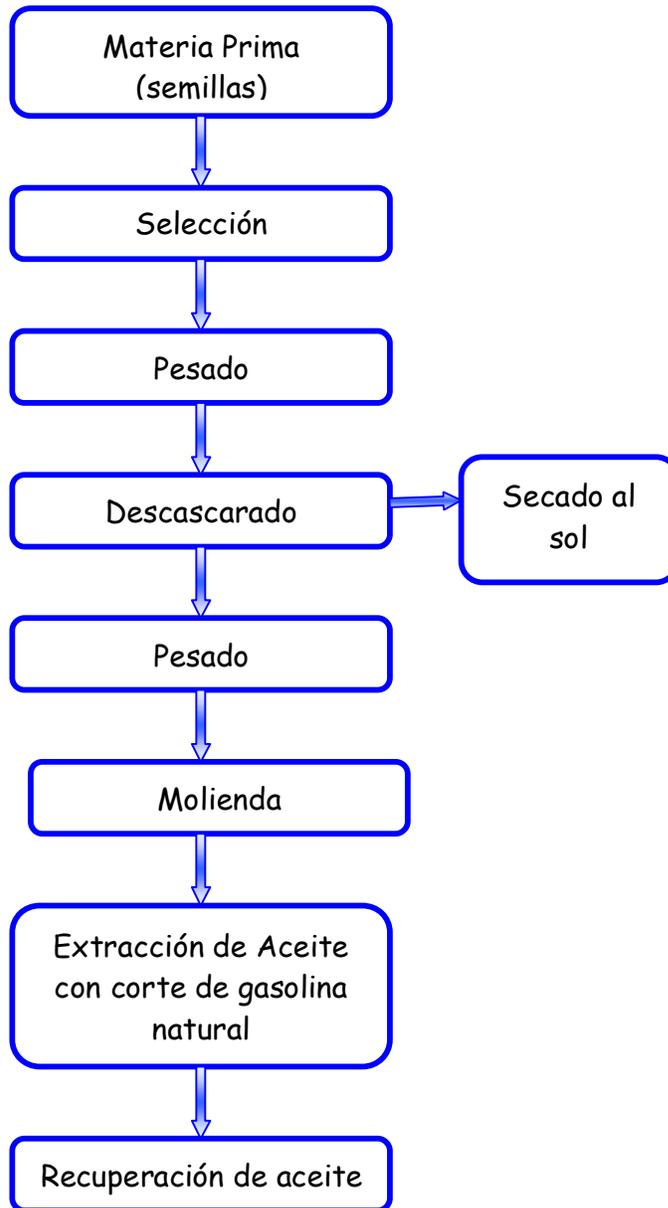
Tricloro Etano

Fórmula	: $\text{Cl}_2\text{C}:\text{CHCl}$
Sinónimos	: Tricloro etileno; 1,1,3 tricloro etileno; tricloruro de etileno.
Peso Molecular	: 131,40 g/mol
Punto de Ebullición	: 87,2 °C
Punto de Fusión	: -73 °C
Densidad	: 1,466 ₂₀
Características	: Líquido, incoloro con olor dulce similar al cloroformo
Aplicaciones	: Como solvente desengrasante; en medicina como anestésico.

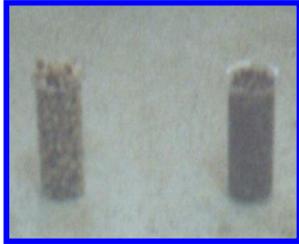
Anexo 7: Poder Solvente



ANEXO 8: Diagrama del Proceso



ANEXO 9: Tratamiento de Semillas



a) Semillas con cáscara y sin cáscara



b) Pesada de semilla



c) Pesada de semilla molida



d) Semillas

ANEXO 10: Obtención del Corte Solvente



a) Destilador ASTM

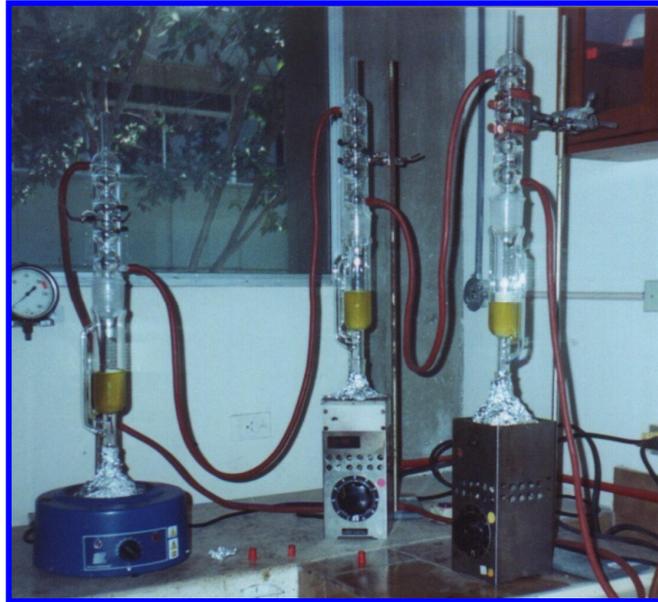


b) Corte solvente



c) Solvente y semilla en cartucho lista para la extracción.

ANEXO 11: Extracción del aceite de NIM



a) Extracción Soxhlet



b) Mezcla aceite - solvente



c) Residuo

ANEXO 12: Purificación del Aceite

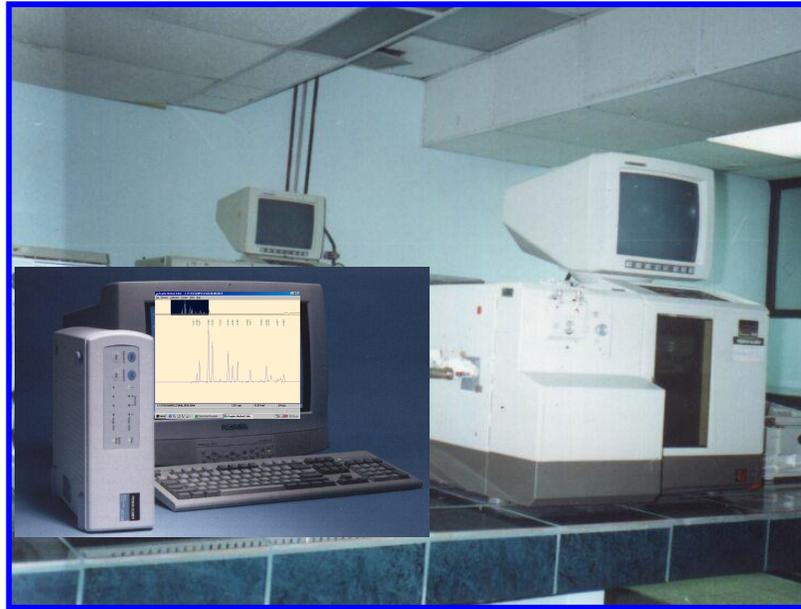


a) Destilación con arrastre de vapor



b) Aceite

ANEXO 13: Análisis Realizados



a) Análisis Cromatográfico



b) Índice de Refracción



c) Densidad



d) Punto de Inflamación



e) Viscosidad Saybolt



f) Punto de Congelamiento



g) Índice de acidez

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez B. Ofelia y cols: El árbol de nim. Una alternativa para zonas secas.
<http://www.cosapidata.com.pe/bosques/Nimq18.html>
2. Análisis de la regulación de Pesticidas en los EEUU. Análisis de los pesticidas en el Ecuador. <http://www.sica.gov.ec>
3. Bejarano G. Fernando. Derechos Humanos y Medio Ambiente.
http://www.laneta.apc.org/emis/sustanci/plaguici/der_hum.htm#El uso de plaguicidas químicos y las violaciones a los derechos humanos.
4. Blas L. Disolventes y Plastificantes. Segunda Edición. Madrid. 1962
5. Cabal Esteban: El árbol del siglo XXI.
www.ecotienda.com/natural/verano300/neem.htm
6. Cambrón Anne - Claire y cols. Plátanos ¿El paraíso o la selva?.
<http://www.eurosur.org/EFTA/2000/platanos.html>
7. Conseforh. Azadirachta indica.
<http://www.geocities.com/RainForest/4075/Azaind.htm>
8. El árbol de neem. <http://neemaura.com/story/htm>
9. El árbol de Nim. Una introducción y una historia.
<http://neemfoundation.org/comp.htm>
10. García Inés. Contaminación por fitosanitarios. Plaguicidas.
<http://www.Edafología.ugr.es/Conta/Tema13/4Factor.html>
11. Gini L. C. Tecnología del petróleo. Librería Ateneo. Argentina 1963
12. Gomero Osorio Luis: Alternativas agroecológicas; Manejo de plagas en el contexto de la agricultura sostenible.
http://www.geocities.com/rap_al/enlace48.htm.
13. Ibáñez Francisco: El árbol de neem. La Farmacia del Pueblo.
<http://www.ecotienda.com/natural/Otono499/neem.htm>
14. Idrovo Alvaro J. Vigilancia de las intoxicaciones con plaguicidas en Colombia. <http://www.medicina.unal.edu.co/ist/revistas/v2n1/Rev213.htm>

15. Los plaguicidas, en cuanto contaminantes del agua.
<http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s06.htm>
16. Morris Christopher "Diccionario enciclopédico de ciencia y tecnología"
Editorial Salvat .t2: 1139; 1996
17. Neem: un árbol para solucionar problemas globales. <http://www.neem-tree.com>
18. Nelson W.L. Refinación de petróleos. Editorial Reverte S.A. Barcelona.1958
19. Oliviera B Silvia. Los plaguicidas. Avance tecnológico que salvo muchas
vidas. <http://www.iibce.edu.uy/posdata/drit.htm>
20. Perry Robert H: "Destilación" en Biblioteca del Ingeniero Químico Editorial
Mc Graw - Hill. 2da Edición. Vol IV: 13:46; 13:56. 1986
21. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo: Los plaguicidas crónica
de un envenenamiento público. <http://www.undp.org.ni/idhnicaraqua/capitulo8.htm>
22. Ramos S. Raúl. Aceite de neem. Un insecticida ecológico para la agricultura.
<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/Neem/neem01.htm>
23. Semillas Autóctonas Ibéricas: Azadirachta Indica. Árbol de Neem o
Margosa. <http://www.semillasilvestres.com/novedades.htm>
24. Stoney Carol: Azadirachta indica: Nim, un árbol versátil para los trópicos y
subtrópicos. <http://www.winrock.org/forestry/factpub/SpAzadirachta.htm>
25. Stoney Carol: Uso del nim como agente de control biológico de plagas.
<http://www.winrock.org/forestry/factpub/Spusonim.htm>
26. Technical Specifications of neem oil. http://maxpages.com/neemuses/NEEM_OIL