



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN EN RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES, ÁCIDOS
GRASOS, ANÁLISIS PROXIMAL Y CALOR DE COMBUSTIÓN DE LA
SEMILLA DE NÍSPERO DEL JAPÓN (*Eriobotrya japonica* Thunb. Lindl.) DE
LA ALDEA SAN JUAN DEL OBISPO, ANTIGUA GUATEMALA**

Oscar Marcelo Chacón López

Asesorado por el Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN EN RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES, ÁCIDOS GRASOS, ANÁLISIS PROXIMAL Y CALOR DE COMBUSTIÓN DE LA SEMILLA DE NÍSPERO DEL JAPÓN (*Eriobotrya japonica* Thunb. Lindl.) DE LA ALDEA SAN JUAN DEL OBISPO, ANTIGUA GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSCAR MARCELO CHACÓN LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. FEDERICO GUILLERMO SALAZAR RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Adolfo Narciso Gramajo Antonio
EXAMINADOR	Ing. Víctor Herbert de León Morales
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN EN RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES, ÁCIDOS GRASOS, ANÁLISIS PROXIMAL Y CALOR DE COMBUSTIÓN DE LA SEMILLA DE NÍSPERO DEL JAPÓN (*Eriobotrya japonica* Thunb. Lindl.) DE LA ALDEA SAN JUAN DEL OBISPO, ANTIGUA GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 13 de agosto de 2012.



Oscar Marcelo Chacón López

Ing. Federico G. Salazar
CIQG-2001

Guatemala, 13 de Febrero de 2013
Ref. FGSR-2013-05

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón
Director Escuela de Ingeniería Química
Su Despacho

Estimado Ingeniero Monzón,

Con un cordial saludo me dirijo a usted para informarle que he asesorado y aprobado el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado: **"EVALUACIÓN EN RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES, ÁCIDOS GRASOS, ANÁLISIS PROXIMAL Y CALOR DE COMBUSTIÓN DE LA SEMILLA DE NÍSPERO DEL JAPÓN (*Eriobotrya japonica* Thunb. Lindl.) DE LA ALDEA SAN JUAN DEL OBISPO, ANTIGUA GUATEMALA."**, elaborado por el estudiante de Ingeniería Química **Oscar Marcelo Chacón López** con número de carné **2006-11565**.

Considero que el informe Final de Trabajo de Graduación desarrollado por el estudiante Chacón López, satisface los requisitos exigidos; por lo que solicito se sirva remitirlo para su respectiva revisión.

Sin otro particular, quedo de usted, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Federico G. Salazar P.
INGENIERO QUIMICO
COLEGIADO 201

Ing. Federico Salazar
Catedrático Titular 3551
Facultad de Ingeniería

Cc: archivo personal

6ª. Avenida "A" 11-62 zona 9, Guatemala
Tele/Fax: 502-2331-9718
Email: correo@fgsalazar.net
Website: <http://www.fgsalazar.net>



Guatemala, 06 de marzo de 2013
Ref. EI.Q.TG-IF.013.2013

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-044-2012-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Oscar Marcelo Chacón López**

Identificado con número de carné: **2006-11565**

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

EVALUACIÓN EN RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES, ÁCIDOS GRASOS, ANÁLISIS PROXIMAL Y CALOR DE COMBUSTIÓN DE LA SEMILLA DE NÍSPERO DEL JAPÓN, (Eriobotrya japonica Thunb. Lindl.) DE LA ALDEA SAN JUAN DEL OBISPO, ANTIGUA GUATEMALA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Federico Guillermo Salazar Rodríguez**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑADA A TODOS"

Ing. César Alfonso García Guerra
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Período 2013 - 2015





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **OSCAR MARCELO CHACÓN LÓPEZ** titulado: "EVALUACIÓN EN RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES, ÁCIDOS GRASOS, ANÁLISIS PROXIMAL Y CALOR DE COMBUSTIÓN DE LA SEMILLA DE NÍSPERO DEL JAPÓN (*Eriobotrya japonica* Thunb. Lindl) DE LA ALDEA SAN JUAN DEL OBISPO, ANTIGUA GUATEMALA".
Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, abril 2013

Cc: Archivo
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN EN RENDIMIENTO DE ACEITES ESENCIALES, ÁCIDOS GRASOS, ANÁLISIS PROXIMAL Y CALOR DE COMBUSTIÓN DE LA SEMILLA DE NÍSPERO DEL JAPÓN (Eriobotrya japonica Thunb. Lindl.) DE LA ALDEA SAN JUAN DEL OBISPO, ANTIGUA GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Oscar Marcelo Chacón López**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, abril de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, la oportunidad de estudiar, la inteligencia y sabiduría a lo largo de mi carrera.
La Virgen de Guadalupe	Por ser mi protectora y guiarme siempre por el camino correcto.
Mis padres	Jesús Chacón y Eluvia López por formarme como persona, por darme siempre su apoyo en mi formación profesional, sus consejos y por ser mi inspiración para seguir adelante.
Mis hermanos	Cecilia y Allan Chacón López por su cariño, comprensión y apoyo.
Mi novia	Eliett Areas por todo su amor, por ser mi soporte en la vida y durante mi carrera universitaria.
Mi familia	Por su cariño y su apoyo.
Mis amigos	Por los gratos recuerdos que dejaron en mí de la vida universitaria, trabajos, tareas, exámenes, fiestas, congresos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por sus múltiples bendiciones y por estar siempre a mi lado.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por la formación que me dio como profesional durante estos años.
Ingeniero Federico Salazar	Por sus consejos durante mi carrera y por su apoyo incondicional como asesor del trabajo de graduación.
Licenciado Abraham Mencos	Por su apoyo en la realización de mi trabajo de graduación como coasesor.
Ingeniero César García	Por su apoyo en la realización de mi trabajo de graduación como revisor.
Mis profesores	Por transmitirme su conocimiento y formarme como ingeniero.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS/HIPÓTESIS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Descripción geográfica	1
1.2. Determinación del problema.....	2
1.2.1. Definición	2
1.2.2. Delimitación	3
1.3. Justificación	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Descripción.....	5
2.2. Características botánicas	6
2.3. Morfología.....	6
2.4. Especies de níspero	13
2.4.1. Algerie	13
2.4.2. Golden Nugget.....	14
2.4.3. Tanaka.....	15
2.5. Formas del fruto	16
2.6. Semillas	17
2.7. Relación fruto semilla	18

2.8.	Fracción lipídica	19
2.8.1.	Ácidos grasos.....	20
2.8.2.	Estructura de los ácidos grasos	20
2.8.3.	Aceites fijos	23
2.8.4.	Aceites esenciales.....	24
2.9.	Análisis químico proximal de alimentos.....	26
2.9.1.	Determinación de humedad y materia seca total	27
2.9.2.	Determinación de grasas.....	28
2.9.2.1.	Métodos de extracción por solubilización	30
2.9.2.2.	Métodos volumétricos	30
2.9.2.3.	Métodos físicos	31
2.9.3.	Determinación de fibra cruda	31
2.9.3.1.	Métodos gravimétricos	31
2.9.3.2.	Métodos colorimétricos.....	32
2.9.3.3.	Métodos cromatográficos	32
2.9.4.	Determinación de proteína	32
2.9.4.1.	Método Kjeldhal.....	33
2.9.4.2.	Métodos directos	34
2.9.5.	Determinación de ceniza	35
2.9.6.	Determinación de energía	36
2.9.6.1.	Calorimetría.....	36
2.9.6.2.	Calorimetría a volumen constante.....	37
2.10.	Extracción sólido líquido - Lixiviación	40
2.11.	Cromatografía de gases.....	41
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	43
3.1.	Variables	43
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	44

3.3.	Recursos humanos disponibles.....	44
3.4.	Recursos físicos disponibles	44
3.4.1.	Materia prima.....	45
3.4.2.	Cristalería	45
3.4.3.	Instrumentos de medición.....	45
3.4.4.	Equipo	45
3.4.5.	Reactivos	50
3.5.	Técnica cuantitativa	51
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información	51
3.6.1.	Prueba de contenido de aceite esencial	52
3.6.2.	Caracterización del perfil de ácidos grasos	52
3.6.2.1.	Procedimiento para determinar la materia grasa.....	53
3.6.2.2.	Extracción y derivatización de ácidos grasos totales	54
3.6.3.	Prueba de análisis proximal.....	57
3.6.3.1.	Determinación de humedad.....	57
3.6.3.1.1.	Determinación de materia seca parcial	57
3.6.3.1.2.	Determinación de materia seca total	58
3.6.3.1.3.	Cálculo de humedad	58
3.6.3.2.	Determinación de ceniza	59
3.6.3.2.1.	Determinación de cenizas o minerales	59
3.6.3.3.	Determinación de proteína	60
3.6.3.4.	Determinación de grasas.....	61
3.6.3.5.	Determinación de fibra cruda.....	62
3.6.4.	Prueba de calor de combustión	63

3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	64
3.8.	Análisis estadístico.....	64
3.8.1.	Muestra de cálculo del análisis estadístico.....	66
3.8.1.1.	Cálculo de la media aritmética	66
3.8.1.2.	Cálculo de la desviación estándar.....	67
3.8.1.3.	Test Q de Dixon	68
4.	RESULTADOS.....	71
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	75
	CONCLUSIONES.....	79
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	83
	APÉNDICES.....	87
	ANEXOS.....	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Árbol de níspero	7
2.	Tallo del árbol de níspero.....	8
3.	Hojas de níspero	10
4.	Flor de níspero	11
5.	Níspero del Japón	12
6.	Níspero del Japón variedad Algerie	14
7.	Níspero del Japón variedad Golden Nugget	15
8.	Níspero del Japón variedad Golden Tanaka	16
9.	Formas del fruto	16
10.	Formas de la semilla	17
11.	Ácidos grasos de importancia fisiológica.....	22
12.	Esquema de bomba calorimétrica a presión constante.....	38
13.	Balanza analítica	46
14.	Neoclevenger	46
15.	Bomba calorimétrica.....	47
16.	Cromatógrafo de gases con acoplamiento de masas	47
17.	Equipo Kjeldahl	48
18.	Extractor Soxhlet.....	48
19.	Rotaevaporador	49
20.	Vórtex	49
21.	Representación esquemática de los pasos en la extracción y derivatización de ácidos grasos.	56

TABLAS

I.	Porcentaje de humedad en la semilla	3
II.	Valores nutricionales de la parte comestible del níspero	13
III.	Características del fruto y de la semilla de las selecciones de níspero.	18
IV.	Comparación de los calores específicos de combustión de diversos materiales que pueden ser empleados como combustibles en procesos térmicos, donde sea necesario liberar energía en forma de calor.	39
V.	Media aritmética y desviación estándar en rendimiento de extracción de aceite esencial.	65
VI.	Media aritmética y desviación estándar en prueba de calor de combustión. ..	65
VII.	Test Q de Dixon para dato dudoso en calor específico de la bomba para el ácido benzoico en la prueba de calor de combustión.	66
VIII.	Valores críticos de Q a distintos niveles de confianza..	69
IX.	Porcentaje de rendimiento de extracción de aceite esencial en la muestra de semilla de níspero.	71
X.	Resultado de la cromatografía de gases con acoplamiento de masas de la muestra de aceite esencial extraído de la semilla de níspero del Japón.	71
XI.	Aplicaciones industriales potenciales en el compuesto encontrado	72
XII.	Compuestos detectados en la cromatografía de gases con acoplamiento de masas de la muestra de ácidos grasos extraída de la semilla de níspero del Japón.	72
XIII.	Aplicaciones industriales potenciales de los compuestos mayoritarios encontrados.	73
XIV.	Análisis proximal de la semilla del níspero del Japón	73
XV.	Calor de combustión de la semilla agotada del níspero del Japón.	74

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
a_i	Cada uno de los datos de la muestra
cal	Caloría
C	Carbono
cm	Centímetro
pKa	Constante ácida
X_d	Dato dudoso
X_p	Dato próximo al dudoso
σ	Desviación estándar
ΔT	Diferencia de temperatura
W	Diferencia entre el dato mayor y el dato menor
$^{\circ}\text{C}$	Grado Celsius
g	Gramo
H	Hidrógeno
J	Joule
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
mol	Masa molar
x	Media aritmética
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
min	Minuto
nm	Nanómetro

N	Normalidad
n	Número de datos
O	Oxígeno
%	Porcentaje
s	Segundo
Q_{exp}	Valor Q de Dixon experimental

GLOSARIO

Aceite esencial	Fracción líquida volátil generalmente destilable por arrastre con vapor de agua, que contiene las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética, de alimentos y farmacéutica.
Aceite fijo	Se obtiene de ciertas plantas que, a diferencia de los aceites esenciales, son grasos, densos y no volátiles.
Ácido graso	Molécula orgánica formada por una larga cadena hidrocarbonada, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo.
Ácidos grasos insaturados	Poseen más de dos dobles enlaces en su cadena.
AOAC	Asociación Oficial de Químicos Agrícolas (Association of Official Agricultural Chemists).
CAS	Identificación numérica única para compuestos químicos.
Cromatografía de gases	Método físico de separación en el cual los componentes a separar se distribuyen entre dos

fases, una fase estacionaria, de gran área superficial, y la otra es un gas, que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria.

Cromatograma

Resultado gráfico de la cromatografía. En el caso de separación óptima, los diferentes picos o manchas del cromatograma se corresponden a los componentes de la mezcla separada.

Derivatización

Proceso mediante el cual se transforma el analito por una reacción química a un derivado más fácil de analizar. En la cromatografía de gases se derivatiza para obtener especies más volátiles y no tener que usar temperaturas demasiado altas que puedan descomponer los analitos en el equipo, o la precipitación indeseada en la columna que ensucia la columna y además altera los resultados obtenidos.

EE

Extracto etéreo

ELN

Extracto libre de nitrógeno, carbohidratos

FC

Fibra cruda

Grupo omega 6

Grupo de ácidos grasos presentes en los alimentos, son insaturados, entre ellos ácido linoleico y ácido araquidónico.

MAGA	Ministerio de agricultura, ganadería y alimentación.
MST	Masa seca total
Reacción exotérmica	Cualquier reacción química que desprenda energía, ya sea como luz o calor. El prefijo exo significa hacia fuera. Las reacciones exotérmicas liberan energía, los cambios exotérmicos se representan con signo negativo (-). La reacción contraria, que consume energía, se denomina endotérmica.

RESUMEN

La semilla de níspero del Japón de la aldea San Juan del Obispo de Antigua Guatemala, está prácticamente inexplorada, por eso se realizaron varias pruebas para encontrar posibles aplicaciones industriales y posibles características sobresalientes para dejar de catalogarla como desecho.

Las pruebas realizadas fueron primero, medir el rendimiento de la extracción de aceite esencial de la semilla triturada y caracterizar dicho aceite por medio de cromatografía de gases-masa, la segunda fue determinar el perfil de ácidos grasos presentes en la semilla del níspero del Japón, por medio de extracción Soxhlet y cromatografía de gases con acoplamiento de masas. En una tercera prueba se realizó un análisis proximal de la semilla del níspero para determinar el nitrógeno total presente, además de otras características y por último se realizó una prueba para medir el calor de combustión de la semilla agotada del níspero del Japón.

Lo que resultó de la parte experimental fue que la semilla de níspero posee características que la hacen especial para el medio. Una de las más importantes es que contiene benzaldehído el cual puede ser utilizado como aromatizante artificial de almendra, los ácidos grasos encontrados tienen sus aplicaciones en la industria de alimentos, el análisis proximal demostró que la semilla en su composición está formada de carbohidratos, y la prueba de calor de combustión nos muestra que la semilla de níspero del Japón produce una cantidad de calor menor al de la leña seca.

OBJETIVOS

General

Determinación de la fracción lipídica y caracterización fisicoquímica de la semilla del níspero del Japón (*Eriobotrya japonica* Thunb. Lindl.)

Específicos

1. Determinar el rendimiento de la extracción de aceite esencial en la semilla triturada del níspero del Japón por medio del Neoclevenger, utilizando pentano como solvente.
2. Determinar el perfil de ácidos grasos presentes en la semilla del níspero del Japón, por medio de cromatografía de gases con acoplamiento de masas, utilizando como solvente diclorometano.
3. Realizar el análisis proximal de la semilla del níspero del Japón.
4. Analizar el calor de combustión de la semilla agotada del níspero del Japón.

HIPÓTESIS

Hipótesis científica

La semilla del níspero del Japón posee al menos cuatro características importantes por medio de su contenido de aceite esencial, ácidos grasos, concentración de nitrógeno presente, calor de combustión y no debe ser catalogada como desecho.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala el níspero del Japón es llamado el “oro de San Juan” por muchas personas ya que constituye la principal fuente de ingresos para la población de San Juan del Obispo, una aldea ubicada a 4 kilómetros al sur de Antigua Guatemala.

En la actualidad, en el área de San Juan del Obispo se aprovechan los beneficios de este fruto en la producción de mermeladas, jaleas y por fermentación alcohólica artesanal para la producción de vinos.

El níspero es un fruto de aproximadamente 3 centímetros de color amarillo-anaranjado, su pulpa es jugosa y posee un sabor muy especial y agradable al paladar, es de cáscara delgada, se cultiva en climas fríos y a una altura considerable. Cada fruto en promedio posee de 3 a 5 semillas las cuales no se han aprovechado por la sociedad y constituyen actualmente un desecho.

De esta idea parte el fin de este trabajo de investigación que giró en torno a las posibles aplicaciones ya sean industriales o alimenticias de la semilla del níspero para que éstas sean aprovechadas y otorgarle un valor económico que hasta el momento no posee.

1. ANTECEDENTES

En la Escuela de Ingeniería Química no se cuenta con referencias bibliográficas acerca de las características fisicoquímicas de la semilla del níspero, por ello se tomarán como referencias los trabajos de graduación del cultivo del níspero en la aldea San Juan del Obispo, así como enciclopedias Flora de Guatemala y Flora de Nicaragua, del Herbario de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.1. Descripción geográfica

La aldea de San Juan del Obispo se encuentra ubicada hacia el sur y a cuatro kilómetros de la ciudad de Antigua Guatemala, en las faldas inferiores del volcán de Agua anteriormente llamado Hunapú que significa “ramillete de flores”.

Por la carretera que va hacia Santa María de Jesús se comunica fácilmente con el vecino pueblo de Palín del departamento de Escuintla, que forma parte de los pueblos de la boca costa, por donde pasa autopista hacia el Pacífico. Existe otra carretera, camino vecinal que proviene del municipio de Ciudad Vieja y que pasa por la aldea de San Pedro las Huertas.

San Juan del Obispo se extiende por las faldas del volcán de Agua en la parte sur, hacia el occidente colinda con la aldea de San Pedro Las Huertas, hacia el oriente limita con Santa María de Jesús, y la aldea de San Cristóbal El Alto, entre su jurisdicción se ubican las aldeas de Santa Catarina Bobadilla y San Gaspar Vivar.

La comunidad de San Juan del Obispo, tiene una extensión territorial de 8 kilómetros cuadrados y un área de 72 kilómetros, los datos geográficos fueron tomados teniendo como referencia el parque de San Juan del Obispo; se localiza a una altitud de 1,600 metros sobre el nivel del mar y en las coordenadas geográficas de 14°31'12" latitud norte y 90°43'48" longitud oeste.

1.2. Determinación del problema

Para determinar el problema se analizó la definición y delimitación.

1.2.1. Definición

Las semillas del níspero no tienen ningún uso conocido en Guatemala se pretende analizarla física y químicamente para así conocer sus beneficios y dejar de catalogarla como desecho.

Las pruebas a realizarse son: 1) Determinar el contenido de aceite esencial dentro de la semilla, al extraerlo medir el rendimiento y caracterizarlo utilizando un Neoklavenger y pentano como solvente; 2) otra prueba será para determinar el perfil de ácidos grasos presentes en la semilla utilizando diclorometano como solvente; 3) la tercera prueba será hacer un análisis proximal de la semilla y por último 4) la cuarta prueba se hará para conocer el calor de combustión de la semilla agotada y si está dentro del rango aceptable se podrá utilizar como combustible alternativo, ya sea en hornos caseros o incluso calderas.

1.2.2. Delimitación

El níspero del Japón sembrado en las faltas del volcán de Agua es un fruto de temporada de septiembre a enero y es la principal delimitación en cuanto a tiempo. Se tomaron muestras de semilla para analizarlas asumiendo que el contenido químico es el mismo para todas.

Las semillas que se tomaron como muestra pertenecen al níspero del Japón variedad Algerie.

Las semillas fueron secadas al sol y se determinó el contenido de humedad en el Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y el valor fue de 10%.

Tabla I. **Porcentaje de humedad en la semilla**

Humedad	Porcentaje experimental
Tegumento	25% \pm 0.80
Cotiledones	10% \pm 0.65

Fuente: Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

1.3. Justificación

El fruto del níspero como tal posee muchas características importantes entre las que se pueden mencionar su acción natural antioxidante, diurético y astringente las cuales no están siendo explotadas al máximo para obtener el mayor beneficio socioeconómico.

Las familias terratenientes venden su cosecha a un precio bajo generado por la competencia, por ello es que esta propuesta se enfoca en encontrar diferentes usos y aplicaciones a la semilla del níspero específicamente ya que en Guatemala no se ha encontrado ninguno hasta el momento, por lo tanto se cataloga como un desecho inservible.

El balance de masa refiere que de 30 libras de fruto se obtiene 25.5 libras de pulpa y 4.5 libras de semilla, esto es un 15% del peso en semillas las cuales se desechan, de allí surgió la idea principal del presente estudio.

Se realizarán varias pruebas las cuales se espera brinden resultados satisfactorios para demostrar que se puede aprovechar esta semilla de una mejor manera y así poder obtener algún uso ya sea industrial o alimentario para lo que hasta ahora se cataloga como desecho y por lo tanto no posee ningún valor económico.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) para la cosecha del 2012 se cuenta con 280 manzanas de terreno sembradas con níspero por todo el país, las cuales generarán 14,859.8 quintales de fruto, esto equivale a 2,229 quintales de semilla (15%), las cuales se desecharán.

Es por eso que este trabajo de investigación busca encontrar usos apropiados a la semilla del níspero del Japón evitando así el desaprovechamiento de la misma.

2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico abarca los temas que se manejan dentro de la presente investigación

2.1. Descripción

El níspero es un arbusto fructífero de hermoso porte y hojas brillantes, elípticas, lampiñas y con nervaduras en la superficie superior. Al final del otoño desabotonan sus flores de cinco pétalos. Produce frutos anaranjados, cuya piel finísima presenta, a veces, manchas castañas o marrones.

Originario del continente asiático, está distribuido ampliamente por China, Corea y Japón. En este último país lleva cultivándose más de 1000 años. También se naturalizó en India y muchas otras áreas. La inmigración China se presume llevó el níspero a Hawai.

En la actualidad, Japón lidera la producción mundial, seguido por Israel y Brasil, destaca en sus componentes: potasio y en menor cantidades, magnesio, calcio y hierro, contiene pequeñas cantidades de vitaminas del grupo B y C.

Su fibra es soluble (pectinas), contiene taninos, sustancias de acción astringente y numerosas sustancias aromáticas como los ácidos orgánicos, ácido cítrico, ácido tartárico y ácido málico que son abundantes en su pulpa.

2.2. Características botánicas

Reino: Vegetal

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Rosales

Familia: Rosaceae

Subfamilia: Pomoideas

Género: *Eriobotrya*

Especie: *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.

2.3. Morfología

“Sus características más importantes son las siguientes.

- Porte: el níspero del Japón tiene un porte robusto, llegando a alcanzar en las mejores condiciones de cultivo hasta 8 metros, pero normalmente no supera la media de 5 a 6 metros de altura.
- La forma de la copa es esférica, aunque algunas variedades tienden a la forma piramidal, pero con la poda acaban por tomar la forma esférica. En China, en su estado silvestre, es un árbol no muy alto, con fuertes ramificaciones espinosas.
- Al ser de hoja perenne y tener esta forma majestuosa, es empleado en muchos países como árbol ornamental.

Figura 1. **Árbol de níspero**



Fuente: blog.clementeviven.com. Consulta: 1 de mayo de 2012.

- Raíz: hasta los cuatro o cinco años tiene una raíz principal pivotante, con gran poder de penetración en terrenos sueltos y de regadío, llegando a alcanzar una profundidad máxima de 2.5 metros pero no es esto muy normal.
- En esta primera fase, de esta raíz principal salen varias secundarias, extendiéndose a poca profundidad, unos 25 cm., quedando su sistema radicular superficial, y llegando en su expansión a sobrepasar los 30 cm., del perímetro de la zona de goteo. En estas raíces secundarias las raicillas que salen de ellas son escasas y muy delicadas.
- Tallo: posee un tronco derecho, que en algunas plantaciones, llega a alcanzar una altura desde 0.75 a 1.25 metros, mientras en otras empieza a ramificar desde los 0.30 a 0.50 metros del suelo; a partir de aquí se ramifica en varios brazos, oscilando generalmente entre dos y cinco, que se insertan apiñados en un mismo punto.

- Las ramas principales son gruesas y cortas, con entrenudos un poco largos y su color tiende hacia el gris claro, y lo más corriente es que se hallen desprovistas de hojas.
- Las ramas nuevas brotan de las yemas laterales y de la terminal; de éstas brotarán las ramas de fructificación. Las ramas secundarias son muy finas y largas, de donde brotarán las yemas de madera.
- El tronco presenta una corteza rugosa con descamado anual y color gris pardo.

Figura 2. **Tallo del árbol de níspero**



Fuente: foroantiguo.infojardin.com. Consulta: 1 de mayo de 2012.

- Hojas: se encuentran preferentemente sobre las ramas desarrolladas durante el año.

- En cuanto a su forma oblonga lanceolada, no ofrece diferencias muy sobresalientes; no así en lo que respecta a otras características, tales como los bordes aserrados que dependen de la variedad, tanto la profundidad del diente como la longitud del espacio aserrado.
- Su tamaño oscila enormemente de una variedad a otra y así se tiene que, entre los 18 cm de largo de la variedades Early Red, puede llegar a los 40 o 45 cm. de la variedad J. Saval; el pecíolo es muy corto y está revestido de una pelusa brillante.
- Estas variedades son conocidas en España. El nervio central es muy pronunciado, y los laterales están dispuestos lo mismo que las barbas de una pluma.
- Su consistencia es coriácea, con la cara superior algo rugosa, de un verde oscuro brillante, y la inferior algodonosa de un gris ceniza. A pesar de que en la brotación se observa pelusilla por ambas caras de un blanquecino.
- Aunque se trata de un árbol de hoja perenne, en la brotación se produce una caída natural de hojas, que afecta principalmente las ramas de dos y tres años, las cuales pueden quedar desprovistas de hojas.

Figura 3. **Hojas de níspero**



Fuente: <http://plantasyjardin.com>. Consulta: 1 de mayo de 2012.

- Flor: en lo que respecta a la inflorescencia, se observa que la forma puede variar de unas variedades a otras, mientras que cada flor no presenta características diferenciales notables. Las flores reunidas en racimos (panojas), en el extremo del eje principal y de algunos secundarios, son pequeñas, blancas o rosadas, olorosas, de un grato olor a almendra, que las hace ser muy apreciadas por las abejas.
- El cáliz está formado por cinco sépalos unidos, formando una sola pieza, es decir, tiene un cáliz gamosépalo; la corola consta de cinco pétalos; cada flor tiene veinte estambres, cinco pistilos con un ovario adherido al cáliz, lo que da lugar a que cuando se forme el fruto se noten más o menos, según la variedad, los restos calicinianos.
- La época de floración varía según la zona, en España tiene lugar durante noviembre, diciembre y parte de enero, en Guatemala ocurre en junio, julio

y parte de agosto. Hay variedades que necesitan polinizadores para su fecundación, pero la mayoría son auto fértiles; entre estas últimas están las variedades que se cultivan en España, que aun siendo árboles aislados dan abundante producción.

Figura 4. **Flor de níspero**



Fuente: floresypalabras.blogspot.com. Consulta: 1 de mayo de 2012.

- Fruto: posee pepitas o semillas, es ovoide o piriforme, según la variedad, con epidermis de color variable que va del amarillo pálido al anaranjado intenso; la pulpa tiene un color que abarca del blanco pálido al anaranjado fuerte, pasando por el amarillento. El epicarpio suele ser duro y fino, característica es muy notable según la variedad, ya que de él depende que pueda desprenderse fácilmente a la hora del consumo; éste se halla cubierto de un vello gris blanco que al madurar forma una pelusilla blanca.
- Los frutos son pequeños, y en su interior encierran grandes semillas que oscilan entre una y más de cinco, según se hallan tan unidas que forman

un núcleo voluminoso. El fruto perfecto tiene más de cinco semillas para ser de un tamaño grande; si tiene menos pierde mucho volumen. El fruto presenta en la cumbre una depresión pronunciada en la que se observan restos del cáliz.

- La época de maduración tiene un gran valor indicativo, ya que el final de ésta permanece inmutable, lo que hace que en la práctica sea de una gran importancia al hacer la plantación el poder programar escalonadamente la recolección. El valor nutricional por 100 g de porción de níspero se presenta en la siguiente tabla.”¹

Figura 5. **Níspero del Japón**



Fuente: frutas.consumer.es. Consulta: 1 de mayo de 2012.

¹ RODRÍGUEZ PEREZ, Ángel. *El cultivo del níspero y el valle del Agar-Guadalest*. p. 63.

Tabla II. **Valores nutricionales de la parte comestible del níspero**

Energía	168 cal
Agua	85 g
Proteínas	1.5 g
Lípidos	0.7 g
Fibras	0.9 g
Carbohidratos	10.0 g
Calcio	70 mg
Fósforo	126 mg
Potasio	1216 mg
Hierro	1.4 mg
Vitamina A	2340 UI
Vitamina C	3.0 mg

Fuente: RODRÍGUEZ PÉREZ, Andrés. *El cultivo del níspero y el valle del Agar-Guadalest*. p. 65.

2.4. Especies de níspero

Las variedades de níspero japonés más importantes que se mencionan son: Algerie, Golden Nugget, Tanaka.

2.4.1. Algerie

Su fruto es redondeado-alargado, su sección transversal ligeramente angular y zona peduncular obtusa, cavidad del cáliz ligeramente abierta y ápice plano. Tanto el epicarpio como la pulpa son de color amarillo-anaranjado. Su peso medio es de 65.0 g, diámetro o calibre medio de 50.03 mm, espesor de la

pulpa de 11.17 mm, pelado fácil y fruto de buen sabor. Sus semillas son de forma elíptica, peso medio de 7.30 g y una media de 2.3 semillas por fruto. Tiene buenas características vegetativas y muy buenas características organolépticas.

Figura 6. **Níspero del Japón variedad Algerie**



Fuente: MARTÍNEZ CALVO, José. *Descripción de Variedades del níspero japonés*. p. 52.

2.4.2. Golden Nugget

Su fruto ovalado, sección transversal redondeada, con la zona peduncular aguda y cavidad del cáliz abierta y ápice plano, tanto la piel como la pulpa son de color amarillo-anaranjado. El peso medio es de 54.55 g., diámetro o calibre medio de 45.33 mm., y espesor de la pulpa de 9.96 mm., pelado fácil y de sabor mediocre. Sensible al moteado, semillas de forma redondeada, peso medio de 8.10 g., y una media de 3.21 semillas por fruto. Por lo general madura un día después de Algerie

Figura 7. **Níspero del Japón variedad Golden Nugget**



Fuente: MARTÍNEZ CALVO, José. *Descripción de Variedades del níspero japonés*. p. 56.

2.4.3. Tanaka

El fruto es ovalado, con sección transversal ligeramente angular, zona peduncular obtusa, cavidad del cáliz ligeramente abierta y ápice plano. Color de la piel y de la pulpa amarillo-anaranjado. Su peso medio es de 60.62 g., diámetro o calibre medio de 48.51 mm., espesor de la pulpa de 8.85 mm., pelado fácil y de muy buen sabor, semillas de forma elíptica, peso medio de 9.50 g., y una media de 3.67 semillas por fruto. La maduración del fruto ocurre por lo general 13 días después de Algeria.

Es una variedad tardía, productiva, de buen tamaño y muy buenas características organolépticas. Buena variedad para zonas elevadas o zonas en donde hace más frío.

Figura 8. **Níspero del Japón variedad Tanaka**

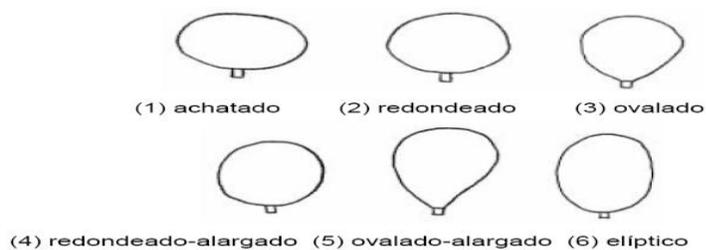


Fuente: MARTÍNEZ CALVO, José. *Descripción de Variedades del níspero japonés*. p. 94.

2.5. **Formas del fruto**

Las formas del níspero del Japón dependen de la variedad.

Figura 9. **Formas del fruto**



Fuente: RAMOS ESTRADA, Cecilia. *Caracterización preliminar de cultivares de níspero en base a su morfología y fenología en la Antigua Guatemala, Sacatepéquez*. p. 71.

2.6. Semillas

La cantidad de semillas de igual manera dependen de la variedad.

- Número:
 - pocas: menor de 2
 - media: de 2 a 4
 - muchas: mayor de 4

- Peso (g)
 - pequeñas: menor de 5
 - medias: de 5 a 8
 - grandes: mayor de 8

- Forma:

Las formas de la semilla se muestran en la siguiente imagen.

Figura 10. **Formas de las semillas**



Fuente: RAMOS ESTRADA, Cecilia. *Caracterización preliminar de cultivares de níspero en base a su morfología y fenología en la Antigua Guatemala, Sacatepéquez.* p. 73.

2.7. Relación fruto semilla

De una muestra al azar de 9 diferentes frutos se obtuvo la siguiente relación.

Tabla III. **Características del fruto y de la semilla de las selecciones de níspero**

Selección	Características del Fruto			Características de la semilla	
	Forma	Diámetro (cm)	Peso (g)	Número	Peso (g)
1	Obovada	3.2	24	2	3.4
2	Obovada	3.3	27	2	4.2
3	Obovada	2.9	18.6	1.4	2.3
4	Obovada	2.8	16.9	2.4	3.8
5	Obovada	3.2	28.4	2	3.6
6	Esférica	3.6	23.3	2	5
7	Esférica	3.1	21.5	2	3.2
8	Obovada	3.3	25.7	2	4
9	Obovada	3.5	26.6	3	5

Fuente: LÓPEZ LÓPEZ, Luis. *Caracterización de frutos de nueve selecciones de níspero Eriobotrya japonica Thunb Lindl.* p. 111.

Experimentalmente se sabe que de 30 libras de fruto se obtiene 25.5 libras de pulpa y 4.5 libras de semilla, esto es un 15% del peso en semillas.

2.8. Fracción lipídica

Los aceites y grasas se hallan distribuidos extensamente en los reinos animal y vegetal, desde los organismos más sencillos hasta los más complicados, existiendo en mayor o menor proporción en casi todos los tejidos orgánicos. Las grasas vegetales se encuentran predominantemente en las semillas y en los frutos, pero también existen en las raíces, ramas y hojas de las plantas.

En los organismos animales, las materias grasas se encuentran principalmente en los tejidos celulares próximos a la epidermis (tejidos subcutáneos), la cavidad abdominal, el hígado y el tejido conectivo del cual forman parte los músculos.

Las grasas y aceites constituyen, junto con los carbohidratos y proteínas, los tres grupos de nutrientes más importantes que forma la materia orgánica de las células vivas. Químicamente se les agrupa en una clase muy amplia de sustancias denominadas lípidos, de la cual forman parte también las ceras, fosfolípidos y glucolípidos.

Las fracciones lipídicas con frecuencia se encuentran en semillas, donde reemplazan a los carbohidratos como material de reserva nutritiva. Como lípidos que son, las grasas constituyen un componente esencial de las membranas biológicas.

Los lípidos constituyen un grupo de biomoléculas estructuralmente muy heterogéneo, pero con características comunes de solubilidad; es decir, son poco o nada solubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos (éter, benceno, cloroformo). La mayor parte de los lípidos constituyen aceites y

grasas que suelen ser productos de reserva y protección en el ser vivo, aunque no se debe olvidar que algunos lípidos complejos forman parte de las membranas biológicas, y de este modo participan activamente en muchos aspectos de la fisiología celular.

La heterogeneidad estructural de los lípidos dificulta cualquier clasificación sistemática. Aunque rara vez se hallan en estado libre, los llamados ácidos grasos-ácidos carboxílicos de cadena larga-forman parte de la inmensa mayoría de los lípidos. Por esta razón, se procederá en primer lugar al estudio de los ácidos grasos, y luego al de los lípidos propiamente dichos divididos en dos grandes grupos:

- Lípidos relacionados con ácidos grasos
- Lípidos no relacionados con ácidos grasos

2.8.1. Ácidos grasos

Los ácidos grasos existen libres en el cuerpo (es decir, no estar esterificados), en todos los tejidos hay concentraciones bajas de ácidos grasos libres, pero a veces son sustanciales las cantidades contenidas en el plasma.

Los ácidos grasos libres pueden ser oxidados por muchos tejidos, en particular hígado y músculo, para obtener energía.

2.8.2. Estructura de los ácidos grasos

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos de cadena larga, que se hallan normalmente formando parte de otros lípidos, casi siempre por medio de

enlaces éster, y rara vez amida. Según la naturaleza de la cadena carbonada, los ácidos grasos pueden ser:

- Saturados
- Insaturados
- Lineales
- Ramificados
- Alicíclicos

Algunos lípidos integrantes de membranas poseen ácidos grasos muy insaturados.

Los ácidos carboxílicos presentan solubilidad decreciente en agua al aumentar la longitud de la cadena carbonada, de manera que a partir de 12 carbonos, son prácticamente insolubles. El pKa de los ácidos grasos se sitúa en torno a 4.8.

Por ello, en medio alcalino, la disociación es completa. Las sales de los ácidos grasos se llaman jabones, y debido a la polaridad del anión carboxilato son muy miscibles con el agua, especialmente los jabones de metales alcalinos.

En general los jabones adoptan en medio acuoso estructuras micelares en equilibrio con formas libres. Las grandes micelas esféricas pueden incluir en su interior grasas neutras, por lo que los jabones tienen poder detergente.

Los ácidos grasos insaturados manifiestan las propiedades inherentes al doble enlace. Por ejemplo, la adición de hidrógeno permite el endurecimiento de las grasas, es decir, la conversión de aceites en margarinas. También es susceptible el doble enlace de autoxidación por el oxígeno del aire.

Es una reacción espontánea en la que se producen radicales peróxido que se descomponen dando ruptura de la cadena carbonada y formación de aldehídos. Éste es el origen del enranciamiento de las grasas.

La determinación analítica de los ácidos grasos se lleva a cabo por cromatografía en fase gaseosa, previa formación de sus ésteres metílicos, más volátiles y más inertes que los ácidos libres.

Figura 11. **Ácidos grasos de importancia fisiológica**

Se encuentran ácidos grasos con longitudes de cadena de cuatro a 10 carbonos en cantidades importantes en la leche.

Los lípidos estructurales y los triacilglicerolos contienen primordialmente ácidos grasos de 16 carbonos.

NOMBRE COMÚN	ESTRUCTURA
Ácido fórmico	1
Ácido acético	2:0
Ácido propiónico	3:0
Ácido butírico	4:0
Ácido cáprico	10:0
Ácido palmítico	16:0
Ácido palmitoleico	16:1(9)
Ácido esteárico	18:0
Ácido oleico	18:1(9)
Ácido linoleico	18:2(9,12)
Ácido linolénico	18:3(9,12,15)
Ácido araquidónico	20:4(5, 8,11,14)
Ácido lignocérico	24:0
Ácido nervónico	24:1(15)

Precursor de las prostaglandinas

Ácidos grasos esenciales

Fuente: CHAMPE, Pamela. *Bioquímica*. p. 210.

2.8.3. Aceites fijos

El aceite fijo se obtiene de ciertas plantas que, a diferencia de los aceites esenciales, son grasos, densos y no volátiles.

Los aceites fijos y las grasas son mezclas de ésteres de glicerilos, de los llamados ácidos grasos superiores, es decir ácidos alifáticos de alto peso molecular, en especial palmítico, esteárico y oleico. Los ésteres de glicerilos son con frecuencia llamados glicéridos.

La diferencia de consistencia entre el aceite fijo y las grasas se debe a la diferencia de proporciones relativas de ésteres de glicerilo líquido y sólido, los aceites fijos contienen una proporción grande de ésteres de glicerilos líquidos (poliinsaturados), como oleatos de glicerilo, mientras que las grasas son relativamente ricas en glicerilos sólidos (polisaturados) como estearato de glicerilo.

La cromatografía gaseosa es un medio útil para identificar aceites fijos. Hay muchos métodos cromatográficos que separan los ácidos grasos libres o los metilésteres de los ácidos grasos, y de su diseño cromatográfico se puede deducir la identidad del aceite fijo.

Tanto los aceites fijos como las grasas son poco solubles en agua, y se disuelven con facilidad en solventes orgánicos como éter, cloroformo y algunos otros solventes orgánicos no miscibles en agua.

2.8.4. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética (perfumes y aromatizantes), de alimentos (condimentos y saborizantes) y farmacéutica (saborizantes).

Los aceites esenciales son mezclas de varias sustancias químicas biosintetizadas por las plantas, que dan el aroma característico a algunas flores, árboles, frutos, hierbas, especias, semillas y a ciertos extractos de origen animal (almizcle, civeta, ámbar gris). Se trata de productos químicos intensamente aromáticos, no grasos (por lo que no se enrancian), volátiles por naturaleza (se evaporan rápidamente) y livianos (poco densos). Son insolubles en agua, levemente solubles en vinagre, y solubles en alcohol, grasas, ceras y aceites vegetales. Se oxidan por exposición al aire. Se han extraído más de 150 tipos, cada uno con su aroma propio y virtudes curativas únicas. Entre sus propiedades se puede mencionar las siguientes:

- Antisépticos
- Analgésicos
- Fungicidas
- Diuréticos
- Expectorantes

En el organismo, los aceites esenciales pueden actuar de modo farmacológico, fisiológico y psicológico, habitualmente producen efectos sobre diversos órganos (especialmente los órganos de los sentidos) y sobre diversas

funciones del sistema nervioso, también son utilizados en plantas para alejar a los insectos herbívoros.

El aceite esencial dentro de la planta se encuentra ubicado en un tejido al cual se le denomina micela.

Los aceites esenciales se clasifican con base en diferentes criterios: consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

De acuerdo con su consistencia los aceites esenciales se clasifican en:

- Esencias fluidas: son líquidos volátiles a temperatura ambiente
- Bálsamos: son de consistencia espesa, poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización.
- Oleorresinas: tienen el aroma de las plantas en forma concentrada y son típicamente líquidos muy viscosos o sustancias semisólidas. Éstas se producen mediante la extracción de los compuestos aromáticos de las especias deshidratadas con solventes orgánicos.

De acuerdo a su origen los aceites esenciales se clasifican como:

- Naturales: se obtienen directamente de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas posteriores, debido a su rendimiento tan bajo son muy costosas.
- Artificiales: se obtienen a través de procesos de enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios de sus componentes.

- Sintéticos: son los producidos por la combinación de sus componentes los cuales son la mayoría de las veces producidos por procesos de síntesis química. Estos son más económicos y por lo tanto son mucho más utilizados como aromatizantes y saborizantes (esencias de vainilla, limón, fresa, etc.).

Desde el punto de vista químico y a pesar de su composición compleja con diferentes tipos de sustancias, los aceites esenciales se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de sustancias que son los componentes mayoritarios.

Según esto los aceites esenciales se denominan:

- Aceites esenciales monoterpenoides: ricos en monoterpenos como la hierbabuena, albahaca, salvia, etc.
- Aceites esenciales sesquiterpenoides: ricos en sesquiterpenos como la copaiba, pino, junípero, etc.
- Aceites esenciales fenilpropanoides: ricos en fenilpropanos como el clavo, canela, anís, etc.

2.9. Análisis químico proximal de alimentos

El análisis químico proximal es el primer tipo de análisis que se realiza a un alimento del cual se desconoce su composición. Como su nombre lo indica, es una primera aproximación al conocimiento de su composición nutricional.

Por medio de procedimientos relativamente sencillos, que en conjunto se les conoce con el nombre de esquema de Weende, se determina la humedad,

proteína, grasa, fibra cruda y cenizas de un alimento. En base a la información generada por estos procedimientos analíticos, se calcula la cantidad de carbohidratos y energía.

A pesar que el análisis químico proximal incluye cálculos de nutrientes y determinaciones de nutrientes, es reconocido y aceptado mundialmente para el estudio de los alimentos.

2.9.1. Determinación de humedad y materia seca total

El contenido de humedad o contenido de agua de un alimento es muy importante, a pesar que no contiene ningún nutrimento en particular, ocupa un espacio en el alimento y diluye el resto de nutrientes.

El agua se encuentra en los alimentos en forma de agua libre que es la que sirve como medio de dispersión para coloides o solventes para cristaloides, también se encuentra como agua combinada sirviendo como agua de hidratación en combinación con carbohidratos, con polisacáridos o con diversas sales.

Existen diversos métodos para determinar la humedad en los alimentos, éstos se clasifican en: métodos de secado, de destilación, procedimientos químicos e instrumentales. Los métodos más utilizados son los de secado; se basan en la eliminación del agua libre por medio del calor, seguido de la determinación del peso del residuo seco. Básicamente se utiliza un horno de convección para eliminar el agua, pero también se puede hacer con horno infrarrojo o con horno de microondas.

El secado debe ser lo suficientemente rápido para evitar pérdidas por acción enzimática y respiración celular, el calor aplicado debe ser menor a 100°C, ya que

a esta temperatura fácilmente se volatilizan o se degradan otros compuestos. La temperatura recomendada para secar las muestras es de 60°C por aproximadamente 24-78 horas o hasta que la muestra tenga peso constante.

Algunas recomendaciones importantes para secar al horno son: no usar muestras mayores de 800 g para que sea representativa, colocar las muestras bien dispersas (no compactas), evitar cargar el horno a su máxima capacidad, precalentar el horno a 60°C antes de colocar las muestras, no introducir muestras húmedas cuando ya se haya iniciado el proceso con otras muestras.

2.9.2. Determinación de grasas

Para cuantificar las grasas de un alimento, la primera etapa es la separación de la misma del resto de componentes. Para ello se utiliza la característica química de las grasas que es su solubilidad en solventes no polares. El tipo de solventes más utilizados son éter etílico anhídrico o éter de petróleo, por tal razón, el término más adecuado para referirse a esta determinación es extracto etéreo, ya que en él se incluye pigmentos vegetales, ceras y vitaminas liposolubles, además de la grasa. Otros solventes que se pueden usar son: cloroformo o benceno.

Para una buena determinación de extracto etéreo la muestra debe estar seca y finamente molida, ya que el solvente debe penetrar a las células.

El contenido de lípidos libres, que básicamente consiste en grasas neutras y ácidos grasos libres, se determina en los alimentos por extracción del material seco y molido con una fracción ligera de petróleo o con éter etílico en un aparato de extracción continua, estos pueden ser del tipo Bolton o Bailey-Walker o de tipo

Soxhlet; ambos se basa en el paso continuo del solvente líquido o como vapor a través de la muestra.

El mecanismo es el siguiente: al calentarse el solvente que se encuentra en el recipiente colector, se evapora ascendiendo los vapores por el tubo lateral se condensan en el refrigerante y caen sobre la muestra que se encuentra en la cámara de extracción en un portadedal. El disolvente se vá acumulando hasta que su nivel sobrepase el tubo sifón, el cual se acciona y transfiere el solvente cargado de materia grasa al recipiente colector. Nuevamente el solvente vuelve a calentarse y evaporarse, ascendiendo por el tubo lateral quedando depositado el extracto etéreo en el recipiente colector.

El proceso se repite durante el tiempo que dure la extracción en forma automática e intermitente y así la muestra es sometida constantemente a la acción del solvente. Normalmente se usan 5 g de muestra mezclados con 2 g de sulfato sódico anhidro, se coloca en el aparato de extracción continua por 6 horas; después se elimina el éter en un rotavapor o se seca cuidadosamente a 105 °C, luego se pesa.

Un método práctico para la extracción de grasas de alimentos húmedos y semisólidos que elimina la etapa inicial de secado consiste en mezclar la muestra con sulfato de calcio o sulfato de sodio anhidro. Cuando la mezcla se hace polvosa y seca, se transfiere a un dedal de Soxhlet para aplicar el proceso de extracción convencional.

La extracción en presencia de alcoholes causa el desprendimiento de sustancias lipoideas unidas a proteínas y carbohidratos, como los fosfolípidos y los glucolípidos; por tanto, se logra una extracción máxima mediante la mezcla de disolventes polares y no polares.

2.9.2.1. Métodos de extracción por solubilización

Los lípidos enlazados se pueden liberar si la muestra de alimento se disuelve por completo antes de la extracción con disolventes polares, la disolución del alimento se logra por hidrólisis ácida o alcalina; por ejemplo, usando el método de hidrólisis ácida, el material se calienta en Baño María a ebullición con ácido clorhídrico para romper las proteínas, y la grasa se separa como una capa en la parte superior del líquido ácido, la proteína se disuelve en el ácido y la grasa separada se extrae agitando por lo menos tres veces con éter etílico y petróleo ligero; este proceso es poco apropiado para alimentos con alto contenido de azúcares.

El Método Alcalino de Rose-Gottlieb incluye un tratamiento de la muestra con amoníaco y alcohol, en frío, la grasa se extrae con una mezcla de éter y alcohol ligero; el alcohol precipita las proteínas las cuales se disuelven en amoníaco; entonces la grasa se puede extraer con el éter, luego se agrega el petróleo ligero ya que reduce la proporción de agua y también la presencia de sustancias solubles no grasas en el extracto, como la lactosa. Este método está probado a nivel internacional para determinar grasas en productos lácteos y para materiales que contienen muchos azúcares.

2.9.2.2. Métodos volumétricos

Estos métodos incluyen la disolución de la muestra en ácido sulfúrico y la centrifugación de la grasa en recipientes de vidrio especialmente calibrados. En Estados Unidos se emplea el método de Babcock y en Europa se usa el método de Gerber para la determinación rutinaria de grasa en leche y productos lácteos.

2.9.2.3. Métodos físicos

Además de los métodos clásicos, se han desarrollado técnicas que miden los cambios en las propiedades físicas por la presencia de grasa en la solución, por ejemplo, el índice de refracción, la gravedad específica, la impedancia y la capacitancia. Los métodos con luz infrarroja también se usan para la determinación rutinaria de grasa en ciertos alimentos. La resonancia magnética nuclear de baja resolución se usa para determinar grasa en una variedad de alimentos y productos agrícolas, por ejemplo, productos cárnicos y semillas oleaginosas.

2.9.3. Determinación de fibra cruda

La fibra cruda es el residuo orgánico insoluble y comestible que queda después de tratar la muestra consecutivamente con petróleo ligero, ebullición con ácido sulfúrico diluido, ebullición con hidróxido de sodio diluido, con ácido clorhídrico diluido, con alcohol y con éter. Este tratamiento empírico proporciona una determinación de fibra cruda que consiste principalmente en celulosa y cierta proporción de lignina y hemicelulosa de la muestra original.

Los métodos para determinar fibra se dividen en tres grupos: gravimétricos, colorimétricos y cromatográficos.

2.9.3.1. Métodos gravimétricos

Miden el residuo insoluble sin caracterizar su naturaleza exacta. Mide los carbohidratos no digeribles al cual están asociados componentes minerales, por lo que se basa en la pérdida de peso de la muestra después de la digestión e incineración del residuo.

2.9.3.2. Métodos colorimétricos

Se basan en la degradación sucesiva de los polímeros glucídicos. Se extraen los azúcares simples y almidón; la parte no digerible se fracciona en tres partes: a) hemicelulosas y pectinas solubles, b) celulosa y pectinas solubles, c) lignina (insoluble). Estas fracciones se determinan espectroscópicamente utilizando antrona, orcinol y carbazol, respectivamente. La última fracción que es la lignina, se determina por diferencia de peso del residuo insoluble en ácido sulfúrico al 72%.

2.9.3.3. Métodos cromatográficos

Se aplican después de la hidrólisis enzimática o química de la muestra. Hay procedimientos específicos para utilizarlos con cromatografía de gases o con cromatografía líquida.

En alimentación y nutrición de humanos interesa la fibra soluble (oligofruktanos, pectinas y gomas) y la fibra insoluble (celulosa y hemicelulosa) ya que cada uno de estos tipos de fibra tiene funciones importantes en el intestino. La fibra cruda que se determina como parte del análisis químico proximal es, básicamente, fibra insoluble.

2.9.4. Determinación de proteína

Los métodos para determinación de proteína son los siguientes:

2.9.4.1. Método Kjeldhal

El Método Kjeldhal es el más utilizado a nivel de laboratorios industriales y científicos para determinar proteína, es el más confiable para determinar el nitrógeno orgánico; en consecuencia, se incluye en métodos oficiales y está aprobado por organizaciones internacionales; más aún, los resultados se usan para calibrar métodos físicos y automáticos.

Al usar el Método de Kjeldhal, la premisa básica es que la mayoría de nitrógeno está en forma proteica. Se sabe que, según la naturaleza del producto, una fracción considerable del nitrógeno procede de otros compuestos nitrogenados como bases púricas y pirimídicas, creatina y creatinina, urea, amoníaco, etc.

El principio del Método de Kjeldhal es la cuantificación del nitrógeno de las proteínas y de otras sustancias nitrogenadas, el cual se convierte a amonio por medio de ebullición en ácido sulfúrico concentrado, dando como resultado sulfato de amonio. La cantidad de sulfato de amonio se determina agregando un exceso de hidróxido de sodio (NaOH), destilando el amonio liberado para convertirlo en una sal con ácido estándar, y titulando el exceso de ácido con un álcali estándar.

Si el nitrógeno está presente en forma de compuestos nitro o azo se introducen algunas modificaciones al Método de Kjeldhal para evitar la pérdida del nitrógeno en forma de ácido nítrico. El ácido nítrico se fija como ácido nitrosalicílico mediante la adición de ácido salicílico al ácido sulfúrico (1 g/30 ml). Si posteriormente se agrega polvo de zinc (1 g) o de tiosulfato de sodio anhidro (5 g), el ácido nitrosalicílico se reduce a compuestos amino los cuales se estiman mediante el Método de Kjeldhal.

Actualmente se hacen varias modificaciones al proceso de Kjeldahl para acelerar la digestión ácida, así como para determinar la cantidad de amonio liberado.

La oxidación del material orgánico se puede acelerar añadiendo un reactivo que eleva el punto de ebullición del ácido (como sulfato de sodio o de potasio), o mediante la adición de un catalítico (mercurio, cobre o selenio) o ambos.

2.9.4.2. Métodos directos

También se puede aplicar la determinación directa de proteínas, ya que los aminoácidos que componen una proteína poseen diversos grupos funcionales que reaccionan frente a algunas sustancias químicas, debido a que los alimentos contienen mezclas de proteínas, los métodos para la determinación directa deben calibrarse contra un método estándar de referencia para nitrógeno, como el Método de Kjeldhal. Algunos métodos para la determinación directa de proteínas son los siguientes:

- Titulación con formol: cuando se añade formol a una solución acuosa neutralizada que contiene proteína, el grupo $-NH_2$ reacciona para formar el grupo metileno-amino $N=CH_2$ con la liberación de un protón titulable.
- Reacción de Biuret: se basa en la coloración púrpura resultante de la reacción entre los enlaces peptídicos y iones cúpricos a pH alcalino, el reactivo de Biuret es una mezcla de sulfato de cobre ($CuSO_4$) al 3% e hidróxido de sodio (NaOH) al 10% (25 mL: 1 litro), el color resultante se lee a 550 nm. esta prueba no es confiable en presencia de glicerol y azúcares reductores.

- Método de Lowry: se basa en la reacción de los fenoles con el reactivo de Folin y Denis (ácido fosfotúngstico + ácido fosfomolibdico), el aminoácido específico que reacciona es la tirosina (único aminoácido fenólico de las proteínas); el color resultante se lee a 725 nm.
- Reacción de Millon: también se basa en una reacción con la tirosina, ya que el nitrato mercurioso/mercúrico desarrolla, en caliente, reacción coloreada rosa/rojo con los fenoles, y un precipitado insoluble rojo con las proteínas.
- Reacción xantoproteica: el ácido nítrico diluido produce una reacción de nitración de los aminoácidos aromáticos (tirosina y fenilalanina). En caliente, produce una coloración amarillo limón y al enfriar, en medio ligeramente alcalino, la coloración adquiere un tinto rojo oscuro.
- Método de Bradford: se basa en la propiedad del azul de Coomassie de fijarse a los aminoácidos básicos, especialmente la arginina, y aromáticos; modificándose las propiedades espectrales del azul de Coomassie que, una vez fijado, presenta un máximo de absorbancia a 590 nm, el método tolera la presencia de azúcares reductores, iones metálicos y quelantes. Esta técnica, llamada también Promatest, es la recomendada desde 1991 para medir la alteración por calor de las proteínas de los granos de maíz después de su secado. Los resultados se expresan en equivalentes de albúmina, sustancia usada como patrón de calibración.

2.9.5. Determinación de ceniza

La ceniza es el residuo inorgánico de una muestra incinerada, se determina con el propósito de cuantificar la fracción mineral de un alimento y/o analizar

posteriormente cada mineral, otros usos de esta determinación son: cuantificar la fracción orgánica, el total de nutrimentos digeribles y detectar presencia de adulterantes minerales. Se diferencia entre ceniza insoluble y ceniza soluble en ácido, la ceniza insoluble generalmente se considera como contaminación (polvo del ambiente).

Para determinar cenizas insolubles en agua, se coloca la ceniza del alimento en 50 ml de agua y se calienta hasta que hierva, se pasa por papel filtro y se lava con agua caliente hasta completar 60 mL del filtrado; el residuo y el papel filtro se colocan en un crisol el cual se lleva a temperatura de 550-600°C en una mufla, hasta obtener peso constante.

Para determinar cenizas insolubles en ácido se aplica el principio que el ácido puede disolver todos los materiales en ceniza, sin materiales extraños como arena, talco y otros, para ello, la ceniza obtenida del alimento se disuelve en ácido en 25 ml de ácido clorhídrico (HCl) al 10%; se tapa y se deja hervir suavemente durante 5 minutos, se pasa por papel filtro, se lava con agua caliente y se introduce tanto el papel como el residuo en un crisol, el cual introduce en la mufla a 550-600°C hasta peso constante.

2.9.6. Determinación de energía

Generalmente se realiza en una bomba calorimétrica que mide el calor generado en la combustión total de la muestra y que representa la “energía bruta”.

2.9.6.1. Calorimetría

Se entiende por calorimetría, la medición de los cambios de calor, medidos en Joule (J) que se dan en una reacción química, los cambios de calor de los

procesos físicos y químicos se miden con un calorímetro, que es un recipiente cerrado diseñado específicamente para este propósito.

Para entender la calorimetría es necesario entender dos términos, calor específico, con unidades ($J/g^{\circ}C$) es la cantidad de calor que se requiere para elevar un grado Celsius la temperatura de un gramo de una sustancia determinada, y capacidad calorífica ($J/^{\circ}C$), es la cantidad de calor que se requiere para elevar un grado Celsius la temperatura de una determinada cantidad de sustancia.

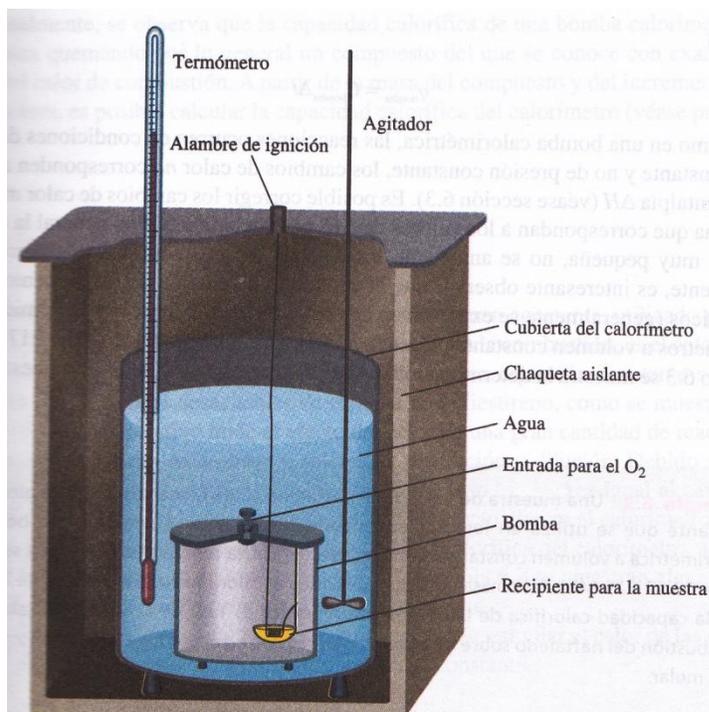
El calor específico es una propiedad intensiva, mientras que la capacidad calorífica es una propiedad extensiva.

2.9.6.2. Calorimetría a volumen constante

El calor de combustión generalmente se mide colocando una masa conocida de un compuesto en un recipiente de acero, llamado bomba calorimétrica a volumen constante, que se llena con oxígeno aproximadamente a 30 atm de presión, la bomba cerrada se sumerge en una cantidad conocida de agua, como se muestra en la figura 12.

La muestra enciende eléctricamente, y el calor producido por la reacción de combustión se calcula con exactitud registrando el aumento en la temperatura del agua, el calor liberado por la muestra es absorbido por el agua y por el calorímetro.

Figura 12. **Esquema de bomba calorimétrica a presión constante**



Fuente: CHANG, Raymond. Química. p. 213.

El diseño especial de la bomba calorimétrica permite suponer que no hay pérdida de calor o de masa, hacia los alrededores durante el tiempo en que se realizan las mediciones.

Como consecuencia se dice que la bomba calorimétrica y el agua en la cual se sumerge, constituyen un sistema aislado, debido a que no entra ni sale calor del sistema durante el proceso.

La capacidad calorífica de una bomba calorimétrica se determina quemando por lo general un compuesto del que se conoce con exactitud el valor del calor de combustión. A partir de la masa del compuesto y del

incremento de la temperatura, es posible calcular la capacidad calorífica del calorímetro.

Tabla IV. Comparación de los calores específicos de combustión de diversos materiales que pueden ser empleados como combustibles en procesos térmicos, donde sea necesario liberar energía en forma de calor

Material combustible	Calor específico de combustión (J/g)
Hidrógeno	142,000
Gas metano	55,000
Gasolina	47,000
Petróleo crudo	47,000
Queroseno	46,000
Carbón bituminoso	36,000
Antracita	35,000
Coque	34,000
Alcohol etílico	30,000
Carbón vegetal	30,000
Alcohol metílico	22,000
Madera de pino	21,000
Cascarón de coco	20,000
Turba seca	20,000
Leña seca	18,000
Turba húmeda	16,000
Aserrín seco	15,000
Cáscara de arroz	15,000
Lignito	13,000
Bagazo de caña seco	9,000
Leña verde	9,000
Planta de maíz seca	9,000
Aserrín húmedo	8,000

Fuente: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia20/HTML/articulo06.htm>. Consulta:

10 de enero de 2013.

2.10. Extracción sólido líquido - lixiviación

“Es la disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido. Esta operación unitaria, una de las más antiguas en la industria química, ha recibido muchos nombres, según la técnica más o menos compleja utilizada para llevarla a cabo. La colada se refería originalmente a la percolación del líquido a través de un lecho fijo del sólido, pero en la actualidad se utiliza para describir la operación en forma general, sin importar la forma en que se realice.

El término extracción también se emplea por lo común para describir esta operación particular, aunque también se aplica a todas las operaciones de separación, que utilicen métodos de transferencia de masa o mecánicos.

El té y el café se preparan doméstica e industrialmente por operaciones de lixiviación, el éxito de una lixiviación y la técnica que se va a utilizar dependen con mucha frecuencia de cualquier tratamiento anterior que se le pueda dar al sólido, la trituración y molienda de estos sólidos acelerará bastante la acción de lixiviación, porque las porciones solubles son entonces más accesibles al disolvente.

Por lo general se desea realizar la lixiviación a temperaturas lo más elevadas posible. Las temperaturas elevadas producen la mayor solubilidad del soluto en el disolvente y, en consecuencia, concentraciones finales mayores en el licor de lixiviación. A temperaturas elevadas la viscosidad del líquido es menor y mayores las difusividades; esto incrementa la rapidez de lixiviación. En el caso de algunos productos naturales, como las remolachas, las temperaturas

muy elevadas pueden producir la lixiviación de cantidades excesivas de solutos indeseables o de deterioro químico del sólido.”²

2.11. Cromatografía de gases

La cromatografía en fase gaseosa es una técnica que permite la separación de sustancias volatilizables, la separación tiene como base la distribución diferencial de las sustancias entre una fase estacionaria, sólida o líquida, y una fase móvil (gaseosa).

La muestra es introducida en una columna que contiene la fase estacionaria, a través del sistema de inyección. Temperaturas apropiadas en el sitio de la inyección y en la columna, posibilitan la volatilización de los componentes de la muestra los cuales, de acuerdo con sus propiedades y las de fase estacionaria, son retenidos por tiempos variables y llegan al final de la columna en tiempos diferentes.

Un detector adecuado, a la salida de la columna, permite la detección y la cuantificación de las sustancias. La cromatografía en fase gaseosa es una técnica de análisis que ofrece resoluciones excelentes, con sensibilidad del orden de miligramos y picogramos. Los resultados son cuantitativos y se obtienen en un espacio de tiempo relativamente corto. Entre las desventajas se encuentran:

- Es necesario hacer un tratamiento preliminar a las muestras
- La eficacia del proceso no es muy alta, como técnica para identificación cualitativa.

² TREYBAL, Robert E. *Operaciones de transferencia de masa*. p. 792.

- Las muestras tienen que ser volátiles

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Los aspectos del diseño metodológico tomados en cuenta son los siguientes.

3.1. Variables

Sobre el sujeto de estudio: semilla del níspero se consideran las siguientes variables de análisis

Variables independientes:

- Calor de combustión (J)
- Tiempo de evaporación (s)
- Contenido de aceite esencial (porcentaje)
- Análisis proximal (porcentaje)

Variables dependientes:

- Masa de semilla (kg)
- Volumen del solvente (mL)
- Volumen de muestra (mL)
- Volumen de reactivos (mL)

3.2. Delimitación del campo de estudio

La recolección de muestras se realizará en la aldea San Juan del Obispo, ubicada a cuatro kilómetros al sur de la ciudad de Antigua Guatemala, la cual cuenta con aproximadamente de 8 km² dedicadas para el cultivo del níspero del Japón. Las muestras fueron tomadas en la temporada de cosecha del año 2011, secadas y analizadas posteriormente.

Para minimizar las variaciones en los resultados se descartaron las semillas que no estuvieran en un rango de peso entre 0.08 y 0.16 gramos, y se tomaron en cuenta únicamente las semillas con forma elíptica.

3.3. Recursos humanos disponibles

Para realizar este estudio se necesitará el apoyo de:

- Investigador: Oscar Marcelo Chacón López
- Asesor: Ingeniero Federico Salazar
- Coasesor: Licenciado Abraham Mencos

3.4. Recursos físicos disponibles

Dentro de los recursos físicos se mencionan los diferentes laboratorios en donde se realizaron las pruebas del presente estudio.

Laboratorio	Actividad
Laboratorio de Físicoquímica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC	-Extracción de aceite esencial. -Uso de bomba calorimétrica.

Laboratorio del Departamento de Toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC	-Cromatografía de gas acoplada a espectrometría de masa.
Laboratorio de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.	-Perfil de ácidos grasos.
Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria, USAC	-Análisis proximal.

3.4.1. Materia prima

Semilla de níspero del Japón (*Eriobotrya japonica* Thunb. Lind.).

3.4.2. Cristalería

Espátula, vidrio de reloj.

3.4.3. Instrumentos de medición

Balón aforado de 2 L, termómetro de rango 50 – 100 °C.

3.4.4. Equipo

Los equipos utilizados en el desarrollo del presente estudio son los siguientes.

- Balanza analítica
 - Marca Radwag

- Modelo AS60/220/C2
- Capacidad 220 g
- Peso mínimo 0.1 mg (0.001 g)

Figura 13. **Balanza analítica**



Fuente: probacssa.com.

- Neoclevenger
 - Marca PYREX
 - Modelo N9800

Figura 14. **Neoclevenger**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica.

- Bomba calorimétrica
 - Marca Paar Oxygen Bomb Calorimeter
 - Modelo CL49-016

Figura 15. **Bomba calorimétrica**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica.

- Cromatógrafo de gases con acoplamiento de masas.
 - Marca HP
 - Modelo 5890

Figura 16. **Cromatógrafo de gases con acoplamiento de masas**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica.

- Equipo Kjeldahl
 - Marca Buchi

Figura 17. **Equipo Kjeldahl**



Fuente: quiminet.com.

- Extractor Soxhlet
 - Marca PYREX

Figura 18. **Extractor Soxhlet**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica.

- Rotaevaporador
 - Marca Heidolph
 - Modelo 4011 Digital

Figura 19. **Rotaevaporador**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica.

- Vortex
 - Marca IKA
 - Modelo Genius 3

Figura 20. **Vortex**



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica.

3.4.5. Reactivos

- Prueba de aceite esencial
 - Agua destilada
 - n-Pentano grado reactivo

- Prueba de ácidos grasos
 - Éter etílico
 - Hidróxido de sodio
 - Metanol
 - Agua destilada
 - Ácido clorhídrico
 - Hexano
 - Metil ter-butil éter

- Prueba análisis proximal
 - Ácido sulfúrico
 - Ácido clorhídrico
 - Ácido bórico
 - Hidróxido de sodio

- Prueba calor de combustión
 - Agua
 - Oxígeno

3.5. Técnica cuantitativa

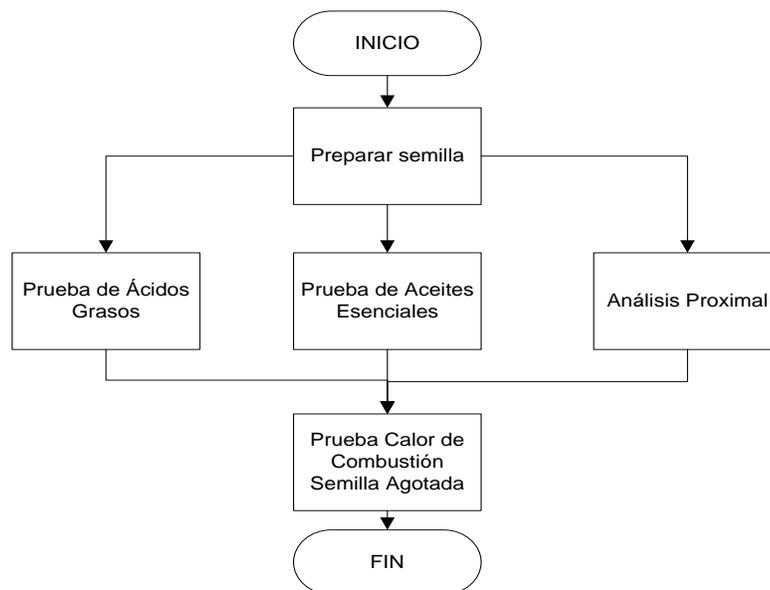
Para realizar el estudio es necesario recolectar datos de pesos y masas de las muestras, temperatura y tiempo de evaporación, contenido porcentual de los compuestos esperados.

También es necesario medir el volumen de las muestras a analizar para poder obtener un rendimiento.

La recolección de datos se hará de manera directa con instrumentos específicos, para luego ser analizados fisicoquímica y estadísticamente.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Se siguieron los pasos de acuerdo al diagrama siguiente.



Fuente: elaboración propia.

Para las distintas pruebas se deben tomar los datos de una forma propia según cada método utilizado, las cuales se enumeran a continuación:

3.6.1. Prueba de contenido de aceite esencial

El procedimiento realizado fue el siguiente.

- Instalar el equipo Neoclevenger
- Pesar la masa de la muestra
- Colocar la muestra en un balón de 500 mL.
- Aforar con agua destilada
- Colocar 5 mL. de pentano en el equipo
- Iniciar proceso controlando la temperatura
- Después de 4 horas aproximadamente se detiene el proceso
- Vaciar el agua destilada
- Recolectar la mezcla de pentano y aceite esencial en un balón
- Instalar el sistema de rotaevaporación
- Rotaevaporar la mezcla de pentano con aceite
- Medir la masa del aceite esencial

3.6.2. Caracterización del perfil de ácidos grasos

Esta prueba consiste en 2 fases la primera es determinación y extracción de materia grasa por método de AOAC (official methods of analysis) de EE.UU. por medio de una extracción Soxhlet y la siguiente parte es la extracción y derivatización de ácidos grasos totales, este método está es el que se utiliza en los lácteos.

A continuación se muestran los pasos solamente con fines descriptivos ya que esta prueba se realizó en el laboratorio de Análisis de Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala.

3.6.2.1. Procedimiento para determinar la materia grasa

“Método Soxhlet

Official Methods of Analysis AOAC 15th Edition, USA (1990)

Procedimiento

- Preparación de la muestra: en muestras con mucha humedad homogeneizar y secar a 103+ °C en estufa de aire considerando el tipo de muestra.
- Moler y pasar por tamiz de malla de 1 mm
- Pesar en duplicado 2 a 5 gramos de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado, registrar m.
- Secar el matraz de extracción por 30 min a 103+ 2°C.
- Pesar el matraz de extracción, registrar m1
- Poner el matraz de extracción en el sistema soxhlet el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz.
- Extraer la muestra con el solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/s.

- Una vez terminada la extracción eliminar el solvente por evaporación en rotavapor o Baño María bajo campana. Hasta que no se detecte olor a éter.
- Secar el matraz con la grasa en estufa a 103+ 2°C por 10 min, enfriar en desecados y pesar, registrar m2.”³

3.6.2.2. Extracción y derivatización de ácidos grasos totales

“Reactivo 1: 45 g NaOH, 150 mL metanol, 150 mL agua destilada

Reactivo 2: 325 mL 6N HCl, 275 mL alcohol metílico

Reactivo 3: 200 mL hexano, 200 mL metil ter-butil éter

Reactivo 4: 10.8 g NaOH, 900 mL agua destilada

Procedimiento

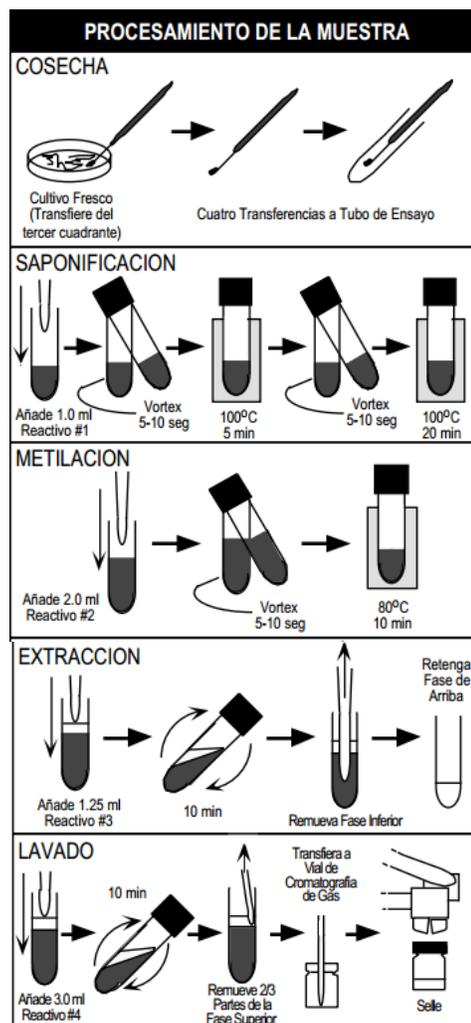
- Prepare la muestra del procedimiento anterior
- Añade 2.0 mL de reactivo de saponificación, reactivo 1
- Agite brevemente y saponifica a 100°C por 30 minutos. Permite que los tubos se enfríen a temperatura ambiente.
- Metila ácidos grasos añadiendo 4.0 ml de reactivo 2

³ SECCIÓN QUÍMICA DE ALIMENTOS, Instituto de Salud Pública de Chile. *Procedimiento para determinar materia grasa*. Dirección: http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/GrasSoxhlet.pdf. Consulta: 15 de abril de 2012.

- Agite brevemente e incuba a 80 °C por 10 minutos en baño de agua
- Inmediatamente enfría los tubos a temperatura ambiente después de incubación.
- Los ácidos grasos se extraen añadiendo 1.25 ml de 1:1 hexano:metil-terbutil éter (reactivo 3). Mezcla invirtiendo los tubos por 10 minutos. La fase orgánica (sobrenadante) es removida con una pipeta Pasteur a un tubo limpio (13 X 100 mm).
- Repite la extracción (paso #6) y combina fases orgánicas en el mismo tubo.
- Lava extracto orgánico añadiendo 3.0 ml de reactivo 4. Mezcla gentilmente por 5 minutos. Centrifuga a 4,000 rpm por 5 minutos para obtener una buena interfase.
- Transfiere la fase orgánica a un nuevo tubo.
- Repite el lavado (paso #8). Transfiere la fase orgánica al vial de cromatografía.
- Análisis de ácidos grasos metilados por cromatografía de gas.⁴

⁴ DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, Recinto Universitario de Mayagüez. *Extracción y derivatización de ácidos grasos totales*. Dirección: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p4-fame.pdf>. Consulta: 15 de abril de 2012.

Figura 21. Representación esquemática de los pasos en la extracción y derivatización de ácidos grasos



Fuente: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p4-fame.pdf>. Consulta: 15 de abril de 2012.

3.6.3. Prueba de análisis proximal

Las siguientes secuencias de pasos y ecuaciones utilizadas se muestran solamente con fines demostrativos tomadas textualmente del Manual de Análisis de alimentos del Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que este estudio se realizó en el mismo, por lo que solo se tienen los resultados y no cada uno de los valores calculados y utilizados. .

3.6.3.1. Determinación de humedad

Los resultados se calculan de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra total}} * 100 = \% \text{ materia seca}$$

$$100 - \frac{\text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra total}} * 100 = \% \text{ de humedad}$$

3.6.3.1.1. Determinación de materia seca parcial

En el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, se determina la humedad a partir de los datos de materia seca parcial (MSP) y materia seca total (MST), aplicando los siguientes procedimientos:

- Pesar un pyrex como tara
- Desmenuzar u homogenizar el alimento a analizar
- Colocar el alimento, desmenuzado y homogenizado, en el pyrex
- Pesar el pyrex con la muestra

- Colocar en horno a 60°C durante 18 a 24 horas
- Enfriar y pesar nuevamente pyrex con muestra
- Calcular con la siguiente fórmula:

$$MSP = \frac{\text{Peso final muestra} - \text{tara}}{\text{Peso inicial muestra}} * 100$$

El producto seco obtenido en el anterior procedimiento, se muele por medio de un molino y se guarda en un frasco de vidrio perfectamente rotulado, para las siguientes determinaciones de análisis químico proximal.

3.6.3.1.2. Determinación de materia seca total

La masa seca total (MST) se obtiene con el siguiente procedimiento.

- Tarar una cazuela de aluminio
- Pesar 3-5g de muestra seca en la cazuela
- Introducir al horno a 105°C durante 18 a 24 horas
- Enfriar y pesar nuevamente la cazuela con muestra.
- Calcular con la siguiente fórmula:

$$MST = \frac{\text{Peso final muestra}}{\text{Peso inicial muestra}} * 100$$

3.6.3.1.3. Cálculo de humedad

Con los datos de MSP y MST, se calcula la materia seca real (MSR) y la humedad, de la siguiente forma:

$$\frac{MSP * MST}{100} = MSR$$

MSR – materia seca real

$$\% \text{ humedad} = 100 - MSR$$

3.6.3.2. Determinación de ceniza

Tanto para ceniza insoluble como para ceniza soluble en ácido, el resultado se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Peso ceniza}}{\text{Peso muestra}} * 100 = \% \text{ ceniza}$$

3.6.3.2.1. Determinación de cenizas o minerales

En el Laboratorio de Bromatología de la Facultad Medicina Veterinaria y Zootecnia, la determinación de ceniza se realiza con el siguiente procedimiento:

- Pre-calentar la mufla 600 °C
- Pesar 3 a 5 gramos de muestra en un crisol de porcelana
- Pre-incinerar las muestras con la ayuda de mecheros
- Introducir el crisol en la mufla
- Calcinar la muestra durante 2 horas.
- Apagar la mufla y enfriar el crisol en campana de absorción
- Pesar el crisol y calcular el contenido de ceniza con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ ceniza} = \frac{\text{Peso final muestra} - \text{tara}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

3.6.3.3. Determinación de proteína

El procedimiento utilizado en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia es el siguiente:

- Pesar 1 gramo de muestra en un trozo de papel encerado
 - Envolver la muestra en forma de dulce
 - Introducir la muestra en un tubo de Kjeldahl
 - Precalentar el digestor de Kjeldahl a 400°C, en la campana de absorción
 - Agregar 15 ml. de ácido sulfúrico (H₂SO₄) y una tableta de Kjeldahl, al balón
 - Colocar el balón en el digestor
 - Colocar la trampa de gases de digestor y los concentradores de calor
 - Dejar una hora en digestión
 - Enfriar el balón
 - Revisar que el aparato de Kjeldahl tenga los reactivos necesarios: HCl 0.2N, ácido bórico, rojo de metilo y verde bromocresol.
-
- Calibrar el aparato titulador de Kjeldahl corriendo dos pruebas de blanco
 - Colocar el balón de Kjeldahl en el titulador
 - Esperar hasta que termine la titulación y que la pantalla muestre el valor de proteína cruda.

Nota 1: el valor que muestra la pantalla del aparato, corresponde al porcentaje de proteína cruda contenida en la muestra.

3.6.3.4. Determinación de grasas

El procedimiento de determinación de extracto etéreo en el laboratorio de Bromatología se realiza utilizando dedales de celulosa y pinzas, de manera que no se manipula la muestra, dicho procedimiento es el siguiente:

- Pesar dos gramo de muestra en un papel kleenex
- Enrollar la muestra dentro del kleenex y colocar en un dedal de celulosa
- Pesar un beaker de Velp
- Colocar 60 ml. de bencina de petróleo en el beaker de Velp
- Encender el aparato de Velp y abrir la fuente de agua para que funcionen los condensadores.

- Colocar el portadedal en el aparato de Velp
- Colocar el beaker en el aparato de Velp
- Esperar 60 minutos para inmersión, 30 minutos para lavado y 20 minutos de recuperación del solvente.

- Retirar el beaker del aparato de Velp
- Retirar el portadedal del aparato de Velp
- Recuperar la bencina de petróleo en un beaker de Velp
- Secar el beaker en horno a 60°C
- Pesar el beaker
- Calcular con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{\text{Peso final beacker} - \text{peso inicial beacker}}{\text{Peso inicial muestra}} * 100$$

3.6.3.5. Determinación de fibra cruda

En el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, el procedimiento de determinación de fibra cruda es el siguiente:

- Pesar una bolsa de polietileno, especial para este fin
- Introducir en la bolsa de polietileno el remanente de extracto etéreo de la muestra que se está analizando.

- Pesar la bolsa de polietileno con la muestra
- Sellar la bolsa de polietileno, por medio de sellador eléctrico
- Colocar la bolsa de polietileno en el aparato Ankom
- Agregar ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1.25 N, caliente, hasta llenar el aparato
- Hacer funcionar el aparato con calor y agitación
- Cuando el aparato llegue a $100^\circ C$, digerir la muestra durante 30 minutos
- Quitar el calor y la agitación y vaciar el H_2SO_4 1.25 N
- Llenar nuevamente el aparato con agua destilada caliente
- Conectar calor y agitación y esperar 5 minutos
- Vaciar el agua destilada
- Repetir el lavado con agua una vez más
- Luego agregar hidróxido de sodio (NaOH) 1.25N, caliente, hasta llenar el aparato.

- Hacer funcionar el aparato con calor y agitación
- Cuando el aparato llegue a $100^\circ C$, digerir la muestra durante 30 minutos
- Quitar el calor y la agitación y vaciar el hidróxido de sodio
- Lavar con agua caliente tres veces, como se hizo anteriormente
- Secar la bolsa de polietileno en horno a $105^\circ C$

- Pesar la bolsa de polietileno
- Pesar un crisol de porcelana
- Colocar la bolsa de polietileno dentro del crisol e introducirlo en una mufla a 600°C, durante 2 horas.
- Enfriar el crisol de porcelana
- Pesar el crisol con el residuo de la muestra
- Calcular con la siguiente fórmula

$$Fibra\ cruda = peso\ inicial - (peso\ 1 - peso\ 2)$$

Peso inicial = muestra + bolsa de polietileno (remanente de E.E.)

Peso 1 = bolsa de polietileno + muestra, al salir del horno de 105°C

Peso 2 = peso residuo – crisol, al salir de la mufla.

$$\% Fibra\ cruda = \frac{fibra\ cruda}{peso\ inicial - bolsa\ de\ polietileno} * 100$$

3.6.4. Prueba de calor de combustión

Los resultados se obtienen siguiendo el procedimiento.

- Instalar la bomba calorimétrica
- Tomar la masa de la muestra (semilla molida), debe ser aproximadamente 0.70 gramos.
- Introducir la muestra en el prensador de pastillas
- Una vez obtenida la pastilla se coloca en la cámara de combustión

- Se instala la resistencia, que es un alambre de níquel y cromo de aproximadamente 10 cm de largo.
- Llenar la cámara con 20 atmósferas de oxígeno
- Cerrar la cámara e introducir en el recipiente designado
- Llenar el recipiente con 2 litros de agua desmineralizada
- Conectar el motor giratorio y la fuente
- Introducir el termómetro ultrasensible
- Detonar o iniciar el procedimiento
- Tomar el tiempo y la temperatura al inicio
- Cada 30 segundos se debe tomar la temperatura de nuevo

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Se calculó la media y la desviación estándar, para las pruebas de rendimiento en la extracción de aceite esencial y calor de combustión.

3.8. Análisis estadístico

La media y desviación estándar se calcularon para analizar que tanto variaban los datos, y el test de Q de Dixon se utilizó para descartar un dato dudoso.

Tabla V. **Media aritmética y desviación estándar en rendimiento de extracción de aceite esencial**

Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar (%)
0.0133	0.0238	0.0087
0.0180		
0.0147		
0.0137		
0.0291		
0.0296		
0.0301		
0.0332		
0.0329		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Media aritmética y desviación estándar en prueba de calor de combustión**

Muestra	Q_{reacción} (J/g)	Q_{reacción} promedio (J/g)	Desviación estándar (J/g)
1	15296.7599	15692.4498	1025.6044
2	15176.3023		
3	16795.5746		
4	14467.8023		
5	16725.8097		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Test Q de Dixon para dato dudoso en calor específico de la bomba para en ácido benzoico en la prueba de calor de combustión**

Muestra	Cp. bomba (J/°C)	Q Dixon experimental	Q Dixon crítica	Resultado
1	720.0938	0.9396	Nivel de confianza 90% 0.642	Dato rechazado
2	828.6664			
3	829.3422			
4	834.6528			
5	835.6506			

Fuente: elaboración propia.

3.8.1. Muestra de cálculo del análisis estadístico

A continuación se detalla el procedimiento para realizar el análisis estadístico.

3.8.1.1. Cálculo de la media aritmética

La media aritmética se calculó con la siguiente forma.

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

Donde

x = media aritmética de la muestra.

n = número total de datos

a_i = cada uno de los datos de la muestra.

Sustituyendo:

$$X = \frac{0.0133 + 0.0180 + 0.0147 + 0.0137 + 0.0291 + 0.0296 + 0.0301 + 0.0332 + 0.0329}{9}$$

$$X = 0.0238$$

3.8.1.2. Cálculo de la desviación estándar

La desviación estándar se calculó con la siguiente formula

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^N X_i - X^2}{N}$$

Donde

σ = Desviación estándar

X_i = Cada uno de los datos de la muestra

n = Número total de datos

x = Media aritmética de la muestra

Sustituyendo:

$$\sigma = \frac{0.0133 - 0.0238^2 + \dots + 0.0137 - 0.0238^2 + \dots + 0.0329 - 0.0238^2}{9}$$

$$\sigma = 0.0087$$

3.8.1.3. Test Q de Dixon

Se calculó con la siguiente fórmula.

$$Q_{exp} = \frac{X_d - X_p}{w}$$

Donde

Q_{exp} = Valor Q experimental

X_d = Dato dudoso

X_p = Dato con valor más próximo al dato dudoso

W = Diferencia entre el valor máximo y mínimo de la muestra

Sustituyendo:

$$Q_{exp} = \frac{720.0938 - 828.6664}{835.6506 - 720.0938} = 0.9396$$

El valor $Q_{exp} = 0.9396$, se compara con $Q_{crit} = 0.642$ de la tabla VIII, y $Q_{exp} > Q_{crit}$ entonces con un nivel de confianza del 90% el dato dudoso es rechazado.

Tabla VIII. **Valores Críticos de Q a distintos niveles de confianza**

No. de datos	90%	95%	99%
3	0.941	0.970	0.994
4	0.765	0.829	0.926
5	0.642	0.710	0.821
6	0.560	0.625	0.740
7	0.507	0.568	0.680
8	0.468	0.526	0.634
9	0.437	0.493	0.598
10	0.412	0.466	0.568

Fuente: WALPOLE, Ronald. Probabilidad y estadística para ingenieros. p. 172.

El análisis estadístico es importante en la fase experimental de los análisis realizados, ya que son una herramienta que nos indica si el comportamiento de los datos es el esperado, o que tanto se desvían de lo esperado.

Para este caso, el test Q de Dixon sirvió para descartar un dato dudoso en la capacidad calorífica de la bomba calorimétrica, si se hubiera tomado en cuenta los valores obtenidos habrían variado significativamente, afectando el resultado de los análisis.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla IX. **Porcentaje de rendimiento de extracción de aceite esencial en la muestra de semilla de níspero**

Masa de la muestra (g)	Masa de aceite (g)	Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar (%)
15.0096	0.0020	0.0133	0.0238	0.0087
	0.0027	0.0180		
	0.0022	0.0147		
40.2086	0.0055	0.0137		
	0.0117	0.0291		
	0.0119	0.0296		
175.2000	0.0527	0.0301		
	0.0581	0.0332		
	0.0576	0.0329		

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Resultado de la cromatografía de gases con acoplamiento de masas de la muestra de aceite esencial extraído de la semilla de níspero del Japón**

No.	Nombre del compuesto	Fórmula química	Calidad (%)
1	Benzaldehído	C ₆ H ₅ CHO	91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Aplicaciones industriales potenciales en el compuesto encontrado**

Nombre del compuesto	Aplicación industrial potencial
Benzaldehído	Saborizante alimentario comercial (sabor de almendras), solvente industrial, síntesis de otros compuestos orgánicos (fármacos, aditivos de plásticos), intermediario en procesamiento de perfume, compuestos saborizantes y colorantes.

Fuente: http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalProperties/CB6852588_EN.html. Consulta: 10 de enero de 2013.

Tabla XII. **Compuestos detectados en la cromatografía de gases con acoplamiento de masas de la muestra de ácidos grasos extraída de la semilla de níspero**

No.	Nombre del compuesto	Fórmula química	Calidad (%)
1	Ácido linoleico	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	74
2	Linoleato de isopropil	C ₂₁ H ₃₈ O ₂	98
3	Ácido araquidónico	C ₂₀ H ₃₂ O ₂	90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Aplicaciones industriales potenciales en los compuestos mayoritarios encontrados**

No.	Nombre del compuesto	Aplicación industrial potencial
1	Ácido linoleico	Industria alimenticia, estabilidad de alimentos, aplicaciones farmacéuticas.
2	Linoleato de isopropil	Cosméticos y productos de cuidado personal, formulación de cuidado de cara, piel, cabello, ojos y maquillaje facial.
3	Ácido araquidónico	Aplicaciones farmacéuticas.

Fuente: http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalProperties/CB1343496_EN.html. Consulta: 10 de enero de 2013.

Tabla XIV. **Análisis proximal de la semilla de níspero del Japón**

Descripción de la muestra	Base	Agua (%)	MST (%)	EE (%)	FC (%)	Proteína cruda (%)	Cenizas (%)	ELN (%)
Semilla de níspero	Seca	13.82	86.18	0.47	2.48	5.28	3.99	87.78
	Como alimento	--	--	0.40	2.14	4.55	3.44	--

MST = Masa seca total

EE = Extracto etéreo

FC = Fibra cruda

ELN = Extracto libre de nitrógeno, carbohidratos

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela de Zootecnia, Unidad de Alimentación Animal.

Tabla XV. **Calor de combustión de la semilla agotada del níspero del Japón**

Semilla	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4	Corrida 5
$Q_{\text{agua}} \text{ (J)}$	10032.00	8527.20	8025.60	12038.40	7858.40
$Q_{\text{bomba}} \text{ (J)}$	998.49	848.72	798.79	1198.19	782.15
$Q_{\text{reacción}} \text{ (J)}$	-11030.49	-9375.92	-8824.39	-13236.59	-8640.55
$Q_{\text{reacción}} \text{ (J/g)}$	-15296.75	-15176.30	-16795.58	-14467.81	-16725.81
$Q_{\text{reacción}} \text{ promedio}$			-15692.45 Joule/gramo.		

Fuente: elaboración propia.

Los datos obtenidos a partir de la fase experimental se interpretarán en la siguiente sección.

Los resultados originales de cada prueba se pueden encontrar en el apéndice 3.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Las pruebas que se realizaron con la semilla del níspero del Japón se hicieron con el fin de descubrir las principales propiedades y componentes presentes en esta semilla. No se realizaron comparaciones ni variaciones ya que es una semilla prácticamente inexplorada.

La materia prima, que en este caso es la semilla, fue recolectada en los terrenos aledaños a la aldea San Juan del Obispo, Antigua Guatemala. El procedimiento previo a todas las pruebas fue el secado, se realizó un secado al sol tratando de que resultada un porcentaje de humedad bajo y uniforme. En efecto se consiguió una humedad del 10% calculada experimentalmente en el Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

La primera prueba consistió en dos fases, primero la extracción de aceite esencial, la cual se hizo con un Neoclevenger, utilizando como solvente pentano, se realizaron tres corridas con diferente cantidad de masa la primera fue con 15.0096 gramos y se obtuvo 0.0023 gramos de aceite esencial, esto es un 0.0153% de rendimiento en la extracción, luego se hizo el mismo procedimiento con 40.2086 gramos de semilla y se obtuvo 0.0097 gramos de aceite con un 0.0241% de rendimiento, se observó como empezó a generarse una tendencia, de que a mayor masa mayor será el porcentaje de rendimiento.

Por último se realizó la prueba con 175.2000 gramos de semilla, esperando que el rendimiento fuera mayor, el resultado fue de 0.0561 gramos de aceite obtenido con un 0.0321% de rendimiento, esto porque a mayor cantidad de masa utilizada, más exactitud se ve en el resultado. En promedio se extrajo 0.0227

gramos de aceite, y hacen un rendimiento de 0.0238%, este resultado indica que es demasiado bajo para considerar extraerlo industrialmente.

La segunda fase de esta prueba consistió en realizar un análisis por medio de cromatografía de gases con acoplamiento de masas, el cual dio como resultado en un 91% de probabilidad de presencia de benzaldehído, que es utilizado en la industria como un aromatizante artificial de almendra, encontrando así la primera aplicación potencial de la semilla, siempre tomando en cuenta el bajo contenido de aceite esencial en la semilla.

La siguiente prueba fue determinar el perfil de ácidos grasos, que se dividió en dos fases, la primera fue la obtención de las grasas presentes en la semilla y luego la derivatización de la misma para realizar el análisis por medio de cromatografía de gases con acoplamiento de masas, este procedimiento no se pudo realizar con facilidad ya que la semilla contiene solamente un 0.47% de extracto etéreo, que es el contenido de grasa, como se mostró en el resultado del análisis proximal, tabla XIV.

Luego en el análisis por cromatografía no se obtuvo resultados contundentes ya que el cromatograma no mostraba picos muy altos y el porcentaje de calidad se mantuvo bajo, ver apéndice 2, dentro de los resultados podemos observar la presencia de tres componentes mayoritarios, ácido linoléico, linoleato de isopropil y ácido araquidónico, los cuales se utilizan en la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica con muchos beneficio a la salud.

El ácido linoléico y araquidónico forman parte de los ácidos grasos esenciales pertenecientes al grupo de omega 6 (ver glosario), ácidos poliinsaturados que nuestro organismo necesita para su funcionamiento, tienen beneficios como subir las defensas, disminuir los niveles de grasa corporal,

disminuir la presión arterial, controlar el colesterol y los triglicéridos, ayuda al buen funcionamiento de los sistemas nervioso y visual, tiene propiedades antiinflamatorias.

En la siguiente prueba se realizó un análisis proximal de la semilla de níspero del Japón, la cual dio como resultado, contenido de agua de 13.82%, superior al calculado con anterioridad, 86.18% de masa seca total, el extracto etéreo 0.47% esto es lo que afectó la prueba de ácidos grasos ya que por su bajo contenido en grasa no se pudo realizar un análisis con resultados contundentes. La fibra cruda fue de 2.48%, la proteína cruda 5.28%, cenizas 3.99% y extracto libre de nitrógeno 87.78% que representan los carbohidratos. El resultado sobresaliente de esta prueba fue el contenido de carbohidratos, por ser un porcentaje alto se puede tomar en cuenta, sería otra aplicación potencial, y partir de eso para estudios posteriores.

Por último se determinó el calor que genera la semilla al combustionar, con una bomba calorimétrica, primero se realizó cinco corridas con ácido benzoico, como se conoce la entalpía de combustión de este ácido, se tomó como referencia para conocer la capacidad calorífica de la bomba calorimétrica utilizada, y el dio como resultado un Cp de la bomba de 832.0780 J/°C, y con esto se procedió a realizar cinco corridas con la semilla de níspero. Para conocer su calor de reacción, el resultado fue de -15692.4498 J/g. El signo negativo indica que el calor es generado, no absorbido, reacción exotérmica (ver glosario).

Este resultado se compara con el calor de combustión de la leña seca (-18000 J/g), según tabla IV, que es lo más usual en nuestro país, podemos ver que es menor, es decir, la semilla de níspero del Japón posee un calor de combustión bajo pero puede utilizarse como combustible alterno.

CONCLUSIONES

1. El presente estudio de los componentes de la semilla de níspero del Japón, muestra baja viabilidad en el aprovechamiento de los mismos.
2. El componente mayor detectado por la cromatografía de gases con acoplamiento de masas en el aceite esencial de la semilla del níspero del Japón es el benzaldehído, para un contenido medio de extracción de 0.024%.
3. Los ácidos grasos detectados por la cromatografía de gases con acoplamiento de masas en la semilla del níspero del Japón son, ácido linoleico, ácido araquidónico y el éster linoleato de isopropilo, para un extracto etéreo de 0.47% en el análisis proximal.
4. Los resultados del análisis proximal muestran que el contenido de la semilla del níspero del Japón es 87.78% de extracto libre de nitrógeno, 5.28% de proteína cruda, 3.99% cenizas y 2.48% de fibra cruda.
5. El calor de combustión generado por la semilla del níspero del Japón es de un combustible de bajo rendimiento comparado como la leña seca, ya que tiene un valor de -15692.45 Joule/gramo.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar a nivel planta piloto la extracción de aceite esencial con el fin de obtener benzaldehído refinado.
2. Continuar con el estudio, realizando diferentes pruebas para tratar de explorar en su totalidad las características principales de la semilla del níspero del Japón.
3. Caracterizar las cenizas obtenidas para encontrar micronutrientes de importancia, desde el punto de vista de nutrición animal o humana.
4. Evaluar metodologías alternas para el proceso de extracción, como lixiviación con maceración a reflujo dinámica y lixiviación a reflujo estática, para comparar el rendimiento extractivo.
5. Llevar a cabo pruebas específicas con el benzaldehído para la industria de alimentos o cosmética, ya que tiene usos potenciales en estas áreas.
6. Realizar cuadros sensoriales de fragancia y sabor para utilizar la fracción lipídica de la semilla de níspero en comida gourmet.
7. Evaluar la dextrinización de los almidones presentes en la semilla del níspero del Japón.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHAMPE, Pamela C.; HARVEY, Richard A.; FERRIER, Denise R. *Bioquímica*. 3a ed. EE.UU: McGraw-Hill, 2005. 603 p.
2. CHANG, Raymond. *Química*. Traducción María del Carmen Ramírez. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 999 p.
3. CHEMICAL BOOK. *Información sobre productos* [en línea]. http://www.chemicalbook.com/ProductIndex_EN.aspx. [Consulta: 11 de febrero de 2013].
4. CHEVALLIER, Andrew. *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. Australia: Dorling Kindersley, 1996. 336 p.
5. GODÍNEZ MORALES, Romy Carlota. *Evaluación del rendimiento de extracción de la fracción lipídica en la semilla del melón variedadn Honeydew (Cucumis Melo L.) mediante técnica de extracción soxhlet y la caracterización fisicoquímica y fitoquímica*. Trabajo de graduación Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2011. 185 p.

6. LÓPEZ LÓPEZ, Luis. *Caracterización de frutos de nueve selecciones de níspero Eriobotrya japonica Thunb Lindl* [en línea]. Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C. Ignacio Zaragoza No.6 Coatepec Harinas Estado de México C.P. 1998. www.avocadosource.com/journals/CITAMEX/CITAMEX_1998/citamex_1998_contenido.pdf. [Consulta: 15 de abril de 2012].
7. MARTÍNEZ CALVO, José; BADENES, María Luisa; LLACER, Gerardo. *Descripción de variedades del níspero japonés* [en línea]. Valencia España, 2000. Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. www.ivia.es/sdta/pdf/libros/n47.pdf. [Consulta: 15 de abril de 2012].
8. RAMOS ESTRADA, Cecilia Mercedes. *Caracterización preliminar de Cultivares de níspero (Eriobotrya japonica Lind.) en base a su Morfología y Fenología en la Antigua Guatemala, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Agrónoma. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 2009. 115 p.
9. RODRÍGUEZ PÉREZ, Ángel. *El cultivo del níspero y el valle del Agar-Guadalest*. España, Sociedad Cooperativa de Crédito de Callosa de Ensarriá, 1983. 262 p.
10. SALAZAR DE ARIZA, Julieta. *Análisis de alimentos*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria, 2011. 25 p.
11. STANDLEY, Paul C.; STEYEMARK, Julian A. "*Flora of Guatemala.*" *Fieldiana BOTANY*, Chicago Natural History Museum, Volume 24, Part VI. EE.UU: April 11, 1946. 489 p.

12. STEVENS, W.D., et al. "Flora de Nicaragua: *Angiospermas*". EE.UU: Missouri Botanical Garden Press, Volume 85 Tomo 3, 2001. 266 p.
13. TREYBAL, Robert E. *Operaciones de transferencia de masa*. 2a ed. México: Pearson Educación, 1999. 862 p.
14. WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond; MYERS, Sharon. *Probabilidad y estadística para ingenieros*. 6a ed. México: Prentice-Hall, 1999. 752 p.

APÉNDICE 1

Preparación de semillas para Neoclevenger



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Instalación de Neoclevenger



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Mezcla de pentano y aceite esencial en viales



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

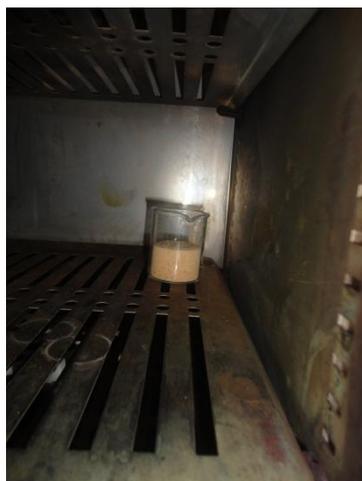
Semilla de níspero del Japón molida





Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Secado de semilla de níspero del Japón y ácido benzoico para bomba calorimétrica



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Preparar pastilla para bomba calorimétrica



Fuente: Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Instalación bomba calorimétrica





Fuente: Laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Bomba calorimétrica en funcionamiento



Fuente: Laboratorio de Fisicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

APÉNDICE 2. ORIGINALES DE RESULTADOS DE ANÁLISIS

Determinación botánica de la especie



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COORDINACION AREA CIENCIAS



Guatemala 25 de septiembre de 2012

Br. Oscar Marcelo Chacón López
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Química

Br. Chacón:

Se hace constar que los especímenes tenidos a la vista corresponden a la especie *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. de la familia Rosaceae.

Los especímenes fueron colectados en la en terrenos aledaños a la Aldea, San Juan del Obispo, Antigua Guatemala, Sacatepéquez, el 23 de septiembre de 2012.

Ing. Agr. Juan José Castillo Montt

Cuidador del Herbario

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO T-8, PRIMER NIVEL, OFICINA A-22, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA.
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TELÉFONO DIRECTO: (502) 2476 7677. FAX: (502) 2476 9770. E-MAIL: madejemo@usa.net

Fuente: Herbario Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Aceite esencial

#EJL 1284.4
#EJL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE CC.QQ. Y FARMACIA
DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA
"Julio Valladares Márquez"
CENTRO DE INFORMACIÓN Y
ASESORÍA TOXICOLÓGICA —CIAT—
LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA

INFORME No.
L.1396.08.12

Página. 1/1

INFORME DE LABORATORIO DE TOXICOLOGÍA

SOLICITANTE: Br. Marcelo Chacón	FECHA DE INGRESO: 29/08/2012
ENTIDAD: Facultad de Ingeniería	FECHA DE ENTREGA: 31/08/2012
Universidad de San Carlos de Guatemala	TIPO DE MUESTRA: Aceite esencial de la semilla de Nispero del Japón (<i>Eriobotrya Japonica</i>)
ANÁLISIS SOLICITADO: Cromatografía de Gases acoplado a Masas	CONDICIONES DE LA MUESTRA: Contenido en Frasco de vidrio color ambar, disuelto con pentano

RESULTADO:

BENZALDEHIDO: POSITIVO

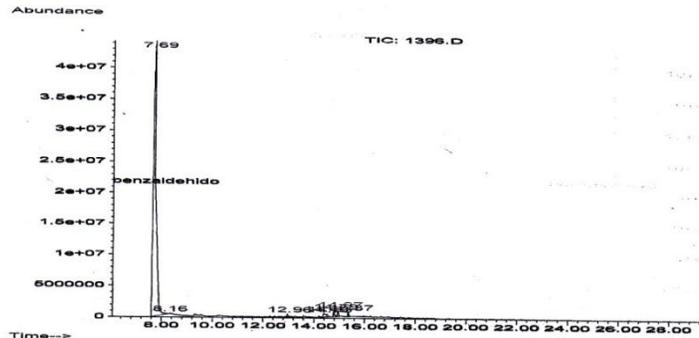
*** SE ENTREGO AL INTERESADO EL ESPECTRO DE MASAS OBTENIDO .**

Estos resultados corresponden únicamente a la muestra tal y como se recibió.


Ms. L. Licda. María del Carmen de Arjola
PROFESIONAL DE LABORATORIO II

ESTE DOCUMENTO ES VALIDO UNICAMENTE EN ORIGINAL

Continuación de aceite esencial



Scan 104 (7.690 min): 1396.D
 disuelto en metanol
 Scan 98 (7.624 min): 1396.D
 disuelto en metanol

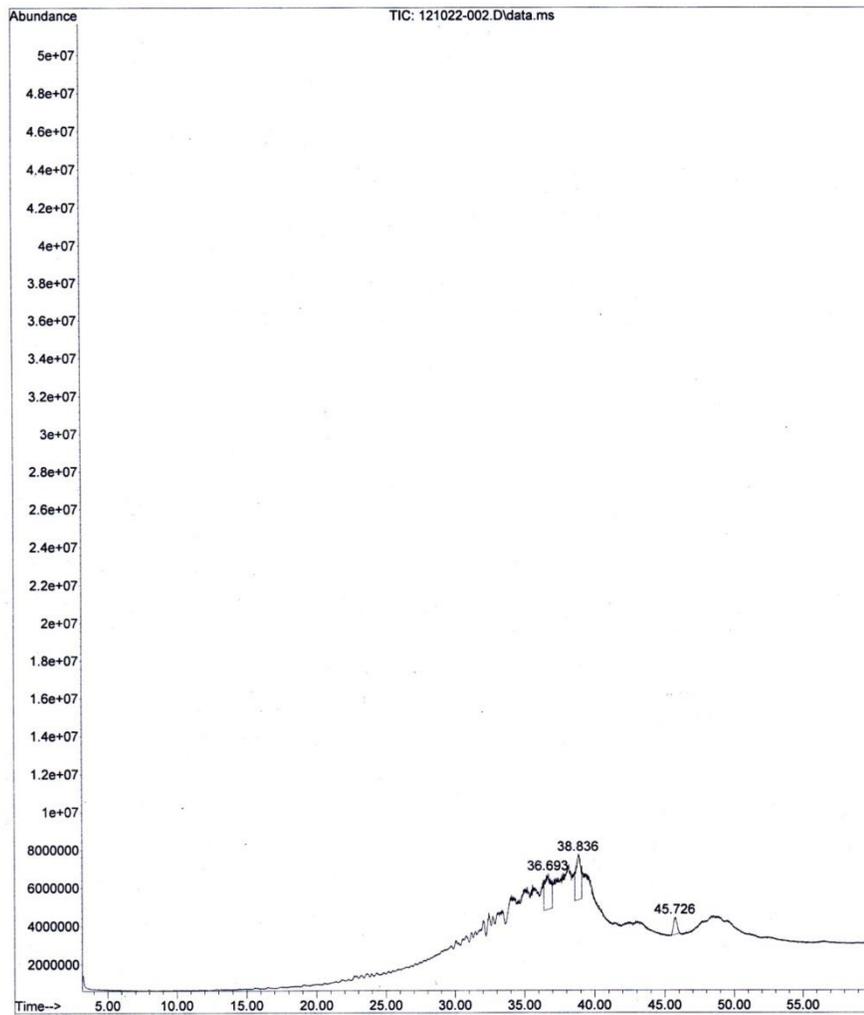
PBM Search of library C:\DATABASE\PMW_TOX2.L

Name	MolWt	Formula	Qual
1. Benzaldehyde	P368	106 C7H6O	91
2. CN gas (chloroacetophenone)	P619	154 C8H7ClO	4
3. Nicotinic acid ME	P528	137 C7H7NO2	4
4. Lobeline	P1671	337 C22H27NO2	4
5. Benzoic acid anhydride	P1026	226 C14H10O3	4
6. Flamprop-methyl	P1664	335 C17H15ClFNO3	2
7. Benzoic acid ethylester	P597	150 C9H10O2	1
8. Histapyrodine-M (N-desbenzyl-oxo-)	P885	204 C12H16N2O	1
9. Benzil	@P926	210 C14H10O2	1
10. Flamprop-isopropyl	P1760	363 C19H19ClFNO3	1
11. Trifluoroacetaldehyde	P317	98 C2HF3O	1
12. 1-Butene	P5	56 C4H8	1
13. 2-Methylpropane	P58	58 C4H10	1

Fuente: Departamento de toxicología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Perfil de ácidos grasos

File : C:\msdchem\1\DATA\ALIMserv\121022-002.D
Operator : AdeM
Acquired : 22 Nov 2012 16:37 using AcqMethod ACIDOS GRASOS HP5 SCAN W.
Instrument : GC-MSD
Sample Name: Muestra A-2
Misc Info : Muestra A-2
Vial Number: 1



Fuente: Laboratorio de Alimentos, Universidad del Valle de Guatemala.

Continuación perfil de ácidos grasos

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\ALIMserv\
 Data File : 121022-002.D
 Title :
 Acq On : 22 Nov 2012 16:37
 Operator : AdeM
 Sample : Muestra A-2
 Misc : Muestra A-2
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	36.692	43.43	C:\Database\NIST05a.L			
			2(1H)-Naphthalenone, octahydro-4a-	62989	054594-42-2	90
			methyl-7-(1-methylethyl)-, (4a.alpha.			
			ha.,7.beta.,8a.beta.)-			
2	38.835	43.86	9-Octadecyne	92238	035365-59-4	86
			9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	111993	000060-33-3	74
			C:\Database\NIST05a.L			
3	45.726	12.71	Isopropyl linoleate	138084	022882-95-7	98
			9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	111993	000060-33-3	90
			Tridecanedial	65765	063521-76-6	81
			C:\Database\NIST05a.L			
3	45.726	12.71	Eicosane	113489	000112-95-8	90
			Ocfacosane	169721	000630-02-4	59
			Nonadecane	104271	000629-92-5	59

Análisis proximal

Elaborado por: Aura Marina de Marroquín
 Autorizado por: Lic. Miguel Ángel Rodenas



Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
 Escuela de Zootecnia
 Unidad de Alimentación Animal



Edificio M6, 2° Nivel, Ciudad Universitaria zona 12
 Ciudad de Guatemala
 Teléfax: 24188307 Teléfono: 24188307 ext. 1676
 E-mail: bromato2000@yahoo.es

FORMULARIO BROMATO 7 INFORME DE RESULTADO DE ANÁLISIS

Solicitado por: **OSCAR MARCELO CHACON LOPEZ** Dirección: **Ciudad, Guatemala** No. 308
 Fecha de recibida la muestra: **08-08-2012** Fecha de realización: **DEL 08 AL 23-08-2012**

Reg.	Descripción de la muestra	BASE	Aqua %	M.S.T. %	E.E. %	F.C. %	PROTEINA CRUDA %	Cenizas %	E.L.N. %	Calcio %	Fósforo %	F.A.D. %	F.N.D. %	Lipinas %	Dig. Pectina %	Dig. K.O.H. %	P.h.	E.B. Cal/Ag
556	SEMILLA DE NABO	SECA	13.82	86.18	0.47	2.48	5.28	3.99	87.78									
		COMO ALIMENTO			0.40	2.14	4.55	3.44										
		SECA																
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																
		SECA																
		COMO ALIMENTO																
OBSERVACIONES: Dicho resultado fue calculado en base materia seca total y base fresca. Se prohibió la reproducción parcial o total de este informe, para mayor información comunicarse al Tel. 24188307 TOTAL DE MUESTRAS REGISTRADAS EN ESTA HOJA 1																		

*modificado en enero de 2003

T. L. Iris A. Rivas R.
 Laboratorio

Unidad de Alimentación Animal
 Medicina Veterinaria y Zootecnia

Lic. Miguel Ángel Rodenas
 Jefe Laboratorio de Bromatología

Resultados: 2012-308
 23/08/12

Fuente: Laboratorio de Bromatología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

APÉNDICE 3. MUESTRA DE CÁLCULO.

Cálculo del rendimiento en la extracción del aceite esencial.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{masa aceite esencial (g)}}{\text{masa de la muestra (g)}} * 100$$

(Ecuación 1).

Sustituyendo valores tenemos para la primera corrida:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{0.002}{15.0096} * 100 = 0.0133\%$$

Cálculos del calor de combustión de la semilla del níspero

Para realizar este cálculo es necesario conocer un valor teórico de entalpía de combustión, para este cálculo se utilizó ácido benzoico ya que se sabe que su entalpía de combustión es $H^\circ = -3226.7 \text{ kJ/mol}$, luego obtener el calor específico de la bomba ($\text{J}/^\circ\text{C}$) que es diferente valor para cada equipo. Y ya con este valor después de una serie de cálculos obtendremos el calor de combustión de la semilla de níspero, como se muestra a continuación.

Cálculo del número de moles de Ácido Benzoico

$$\text{Moles de Acido Benzoico} = \frac{\text{masa de la muestra (g)}}{\text{peso molecular del ácido benzoico } \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)}$$

(Ecuación 2)

Sustituyendo valores tenemos, para la primera corrida:

$$\text{Moles de Acido Benzoico} = \frac{0.4138g}{121g/mol} = 0.0034 \text{ mol}$$

Calculo del calor producido en la combustión del Ácido benzoico

$$Q_{\text{reacción}}(J) = H^{\circ} \frac{J}{\text{mol}} * \text{mol Acido}$$

(Ecuación 3)

Sustituyendo valores tenemos, para la primera corrida:

$$Q_{\text{reacción}} J = -3226700 * 0.0034 = -11034.7807 J$$

Calculo del cambio de temperatura del agua en la combustión del Ácido benzoico.

$$\Delta T = \text{temperatura mayor } ^{\circ}C - \text{temperatura menor}(^{\circ}C)$$

(Ecuación 4)

Sustituyendo, para la corrida uno tenemos:

$$\Delta T = 24 ^{\circ}C - 22.8 ^{\circ}C = 1.2 ^{\circ}C$$

Cálculo del calor absorbido por el agua, en la combustión de ácido benzoico

$$Q_{\text{agua}} J = C_p \text{ agua} \frac{J}{g \cdot ^\circ C} * \text{masa de agua} * \Delta T$$

(Ecuación 5)

Sustituyendo, para la corrida uno tenemos:

$$Q_{\text{agua}} J = 4.18 \frac{J}{g \cdot ^\circ C} * 2000g * 1.2 = 10032 J$$

Calculo del calor absorbido por la bomba en la combustión del Ácido benzoico

$$Q_{\text{reacción}} J = -(Q_{\text{agua}}(J) + Q_{\text{bomba}}(J))$$

(Ecuación 6)

Sustituyendo y despejando para $Q_{\text{bomba}}(J)$ tenemos, para la corrida uno:

$$-11034.7807 J = -(10032 J + Q_{\text{bomba}}(J))$$

$$Q_{\text{bomba}} J = 1002.7807 J$$

Cálculo de la capacidad calorífica de la bomba

$$Q_{\text{bomba}} J = C_p \text{ bomba} \left(\frac{J}{^\circ C}\right) * \Delta T(^\circ C)$$

(Ecuación 7)

Sustituyendo y despejando para $C_{p_{\text{bomba}}}(J/^\circ C)$ tenemos, para la corrida uno:

$$C_p \text{ bomba} = \frac{1002.7807J}{1.2 \text{ } ^\circ C} = 835.6506 J/^\circ C$$

Nota 3: Utilizando el calor específico de la bomba encontrado, podemos obtener los datos para la semilla del níspero.

Cálculo del calor absorbido por el agua en la combustión de la semilla de níspero.

Sustituyendo nuevamente valores en la ecuación 5, tenemos para la primera corrida:

$$Q_{\text{agua}} J = 4.18 \frac{J}{g \cdot ^\circ C} * 2000g * 1.2 = 10032 J$$

Cálculo del calor absorbido por la bomba en la combustión de semilla de níspero.

Sustituyendo en la ecuación 7, tenemos para la primera corrida:

$$Q_{\text{bomba}} J = 832.0780 \frac{J}{^\circ C} * 1.2 \text{ } ^\circ C = 998.4936 J$$

Cálculo del calor total de reacción generado en la combustión de semilla de níspero.

Sustituyendo en la ecuación 6, tenemos para la primera corrida:

$$Q_{\text{reacción}} J = - 10032J + 998.4936 J = -11030.4936 J$$

Cálculo del calor total de reacción generado en la combustión de semilla de níspero por gramo de muestra.

$$Q \text{ reacción } \frac{J}{g} = \frac{Q \text{ reacción (J)}}{\text{gramos de muestra}}$$

(Ecuación 8)

Sustituyendo, para la corrida uno tenemos:

$$Q \text{ reacción } \frac{J}{g} = \frac{-11030.4936 J}{0.7211 g} = -15296.7599 J/g$$

APÉNDICE 4. DATOS CALCULADOS.

Tabla XVI. **Porcentaje de rendimiento de extracción de aceite esencial en la muestra de semilla de níspero**

Corrida 1				
Masa de la muestra (g)	Peso viales (g)	Peso vial + aceite (g)	Masa aceite (g)	% Rendimiento
15.0096	5.9469	5.9489	0.0020	0.0133
	4.4084	4.4111	0.0027	0.0180
	5.9149	5.9171	0.0022	0.0147
Corrida 2				
Masa de la muestra (g)	Peso viales (g)	Peso vial + aceite (g)	Masa aceite (g)	% Rendimiento
40.2086	18.2720	18.2775	0.0055	0.0137
	18.2710	18.2827	0.0117	0.0291
	18.2720	18.2839	0.0119	0.0296
Corrida 3				
Masa de la muestra (g)	Peso viales (g)	Peso vial + aceite (g)	Masa aceite (g)	% Rendimiento
175.2000	15.8337	15.8864	0.0527	0.0301
	15.8299	15.8880	0.0581	0.0332
	15.8299	15.8875	0.0576	0.0329

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Muestras de ácido benzoico y semilla de níspero**

Muestra	Peso muestra de ácido benzoico (g)	Peso muestra de semilla de níspero (g)
1	0.4138	0.7211
2	0.4824	0.6178
3	0.3379	0.5254
4	0.4273	0.9149
5	0.4086	0.5166
Promedio	0.4140	0.6592
Desviación estándar	0.0517	0.1652

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Cambios de temperatura del ácido benzoico

Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0.00	22.80	0.00	23.00	0.00	23.02
0.50	22.90	0.50	23.06	0.50	23.10
1.00	23.16	1.00	23.12	1.00	23.22
1.50	23.50	1.50	23.48	1.50	23.40
2.00	23.68	2.00	23.60	2.00	23.44
2.50	23.80	2.50	23.66	2.50	23.56
3.00	23.84	3.00	23.74	3.00	23.62
3.50	23.90	3.50	23.86	3.50	23.74
4.00	23.94	4.00	23.92	4.00	23.86
4.50	23.98	4.50	24.00	4.50	23.94
5.00	24.00	5.00	24.40	5.00	24.00
6.00	24.00	6.00	24.40	6.00	24.00
ΔT	1.20	ΔT	1.40	ΔT	0.98

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XVIII.

Muestra 4		Muestra 5	
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0.00	23.18	0.00	23.20
0.50	23.22	0.50	23.30
1.00	23.36	1.00	23.42
1.50	23.72	1.50	23.76
2.00	23.86	2.00	23.90
2.50	23.94	2.50	23.94
3.00	24.02	3.00	24.18
3.50	24.14	3.50	24.26
4.00	24.28	4.00	24.32
4.50	24.36	4.50	24.36
5.00	24.42	5.00	24.40
6.00	24.42	6.00	24.40
ΔT	1.24	ΔT	1.20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Cambios de temperatura de la semilla de níspero

Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0.00	24.50	0.00	24.60	0.00	24.70
0.50	24.60	0.50	24.80	0.50	24.82
1.00	24.65	1.00	25.10	1.00	25.00
1.50	25.00	1.50	25.30	1.50	25.28
2.00	25.30	2.00	25.46	2.00	25.40
3.00	25.50	3.00	25.56	3.00	25.56
4.00	25.64	4.00	25.60	4.00	25.62
5.00	25.70	5.00	25.60	5.00	25.64
6.00	25.70	6.00	25.62	6.00	25.66
7.00	25.70	7.00	25.62	7.00	25.66
ΔT	1.20	ΔT	1.02	ΔT	0.96

Fuente: elaboración propia.

Continuación de la tabla XIX.

Muestra 4		Muestra 5	
Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
0.00	24.88	0.00	24.80
0.50	25.00	0.50	24.94
1.00	25.24	1.00	25.08
1.50	25.62	1.50	25.32
2.00	25.88	2.00	25.46
3.00	26.14	3.00	25.62
4.00	26.28	4.00	25.70
5.00	26.32	5.00	25.72
6.00	26.32	6.00	25.74
7.00	26.32	7.00	25.74
ΔT	1.44	ΔT	0.94

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Calores producidos en la reacción de combustión del ácido benzoico, para obtener el calor específico de la bomba

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Moles ácido	0.0034	0.0040	0.0028	0.0035	0.0034
Q_{reacción} (J)	-11034.7807	-12864.1329	-9010.7598	-11394.7844	-10896.1126
Q_{agua} (J)	10032.0000	11704.0000	8192.8000	10366.4000	10032.0000
Q_{bomba} (J)	1002.7807	1160.1329	817.9598	1028.3844	864.1126
Cp_{bomba} (J/°C)	835.6506	828.6664	834.6528	829.3422	720.0938
Cp_{bomba} promedio	832.0780 Joule/°C				

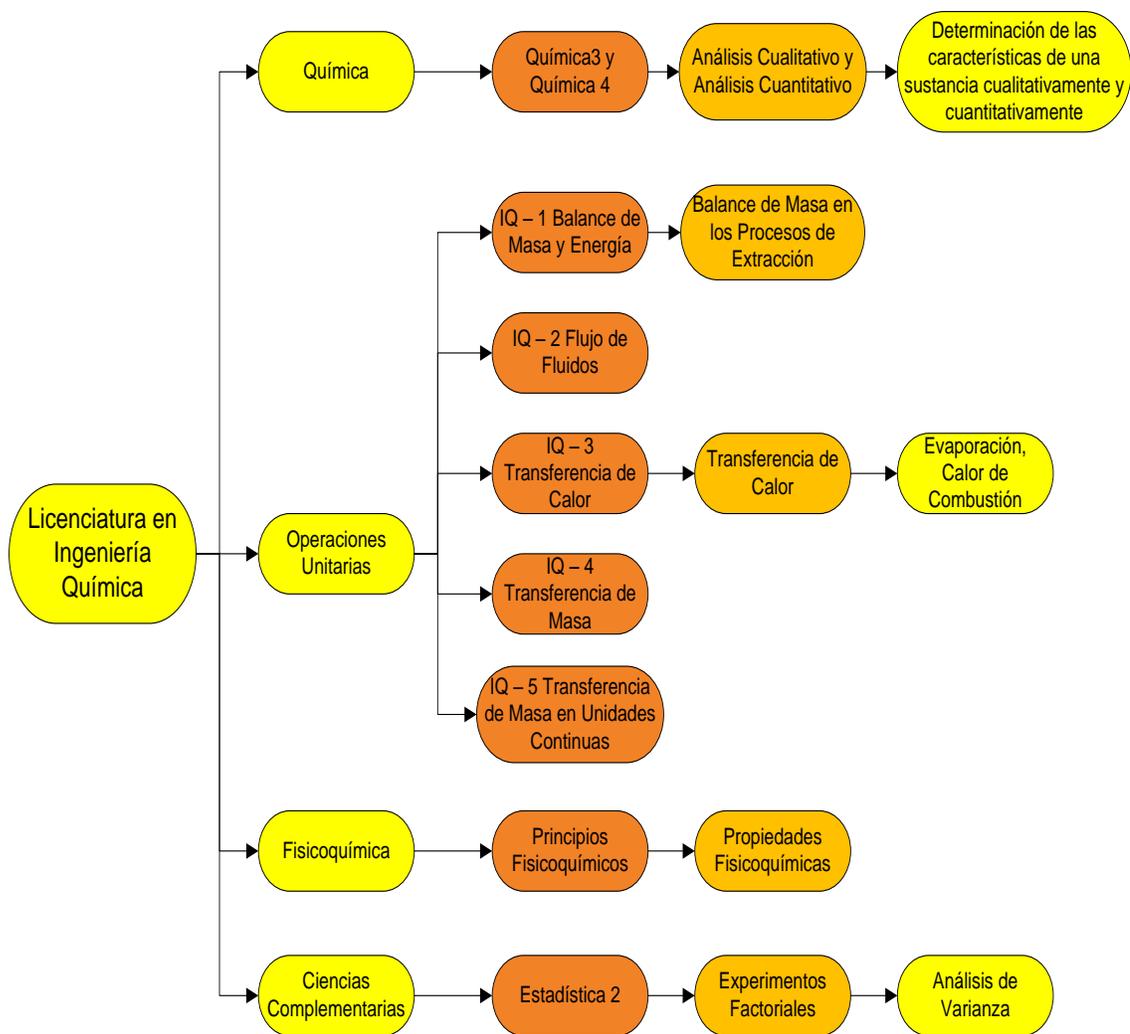
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Calor de combustión de la semilla agotada del níspero del Japón

Semilla	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Corrida 4	Corrida 5
Q_{agua} (J)	10032.0000	8527.2000	8025.6000	12038.4000	7858.4000
Q_{bomba} (J)	998.4936	848.7195	798.7949	1198.1923	782.1533
Q_{reacción} (J)	-11030.4936	-9375.9195	-8824.3949	-13236.5923	-8640.5533
Q_{reacción} (J/g)	-15296.7599	-15176.3023	-16795.5746	-14467.8023	-16725.8097
Q_{reacción} promedio	-15692.4498 Joule/gramo.				

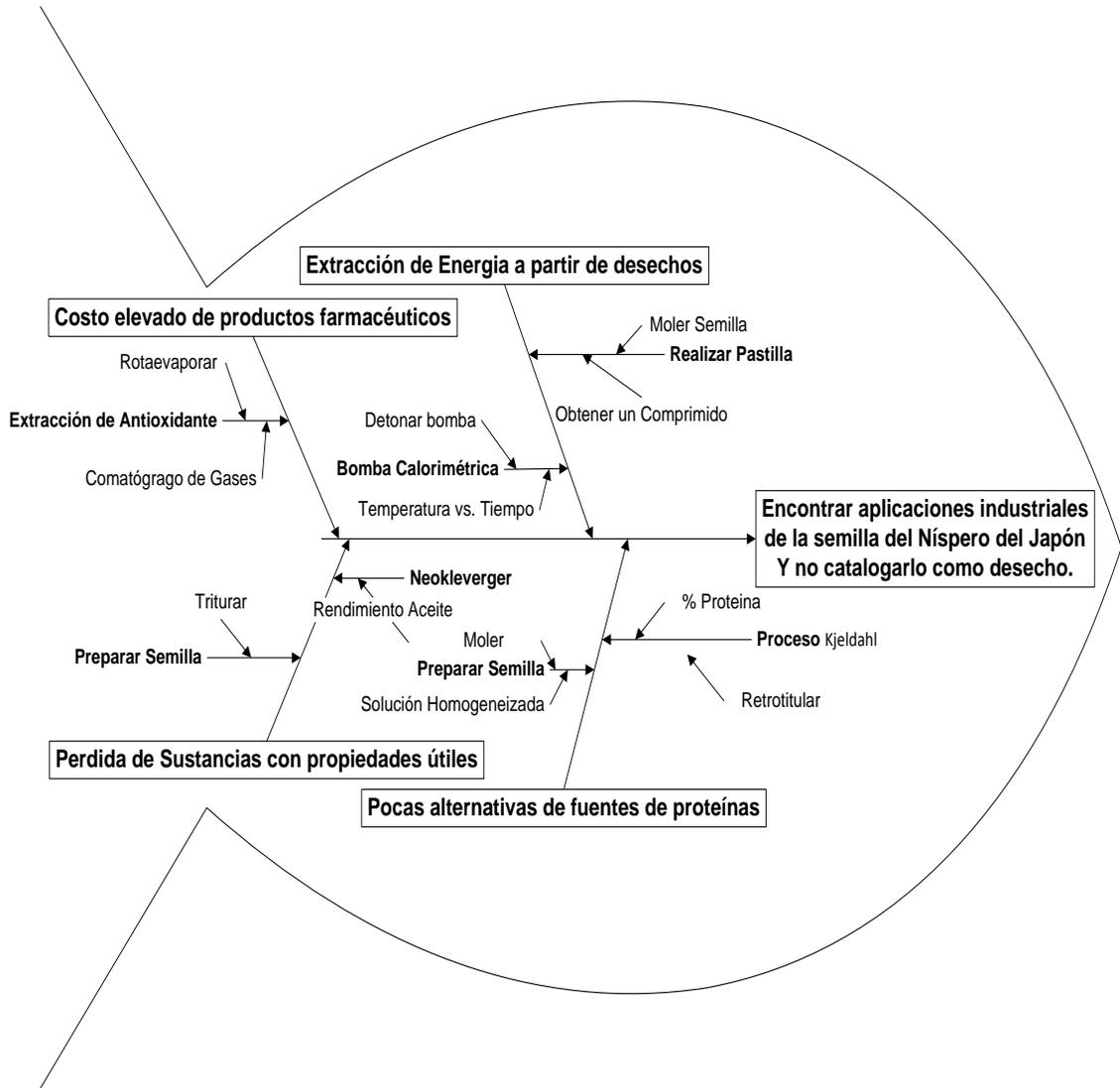
Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE 5. REQUISITOS ACADÉMICOS



Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE 6. DIAGRAMA DE ISHIKAWA



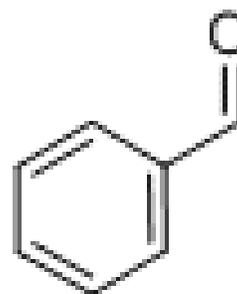
Fuente: elaboración propia.

ANEXO 1. PROPIEDADES QUÍMICAS DE COMPUESTOS

Benzaldehído

Fórmula semidesarrollada	C_6H_5CHO
Fórmula molecular	C_7H_6O
Número CAS	100-52-7
Apariencia	Líquido incoloro con olor a almendras.
Densidad	1041.5 kg/m^3
Masa molar	106.1 g/mol
Punto de fusión	$26 \text{ }^\circ\text{C}$
Punto de ebullición	$178.1 \text{ }^\circ\text{C}$

Estructura



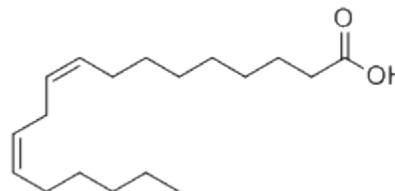
Fuente: www.chemicalbook.com.

http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB6852588_EN.htm.

Ácido linoléico

Fórmula molecular	$C_{18}H_{32}O_2$
Número CAS	60-33-3
Densidad	0.902 g/cm^3
Masa molar	280.45 g/mol
Punto de fusión	$-5 \text{ }^\circ\text{C}$
Punto de ebullición	$229 \text{ }^\circ\text{C}$

Estructura



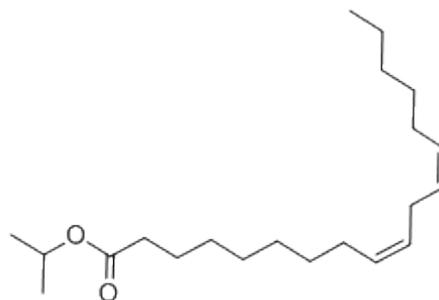
Fuente: www.chemicalbook.com.

http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB5764024_EN.htm.

Linoleato de isopropil

Fórmula molecular	C ₂₁ H ₃₈ O ₂
Número CAS	22882-95-7
Densidad	0.87 g/cm ³
Masa molar	322.53 g/mol
Punto de fusión	179 °C
Punto de ebullición	191 °C

Estructura



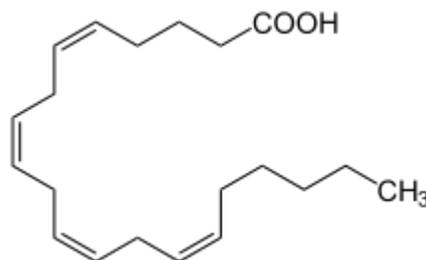
Fuente: www.chemicalbook.com.

http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB2750628_EN.htm.

Ácido araquidónico

Fórmula molecular	C ₂₀ H ₃₂ O ₂
Número CAS	506-32-1
Densidad	kg/m ³
Masa molar	304.5 g/mol
Punto de fusión	-49.5°C
Punto de ebullición	descompone

Estructura



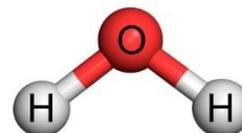
Fuente: www.chemicalbook.com.

<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=506-32-1>.

Agua

Fórmula molecular	H ₂ O
Masa molar	18.0153 g/mol
Punto de fusión	0.0 °C.
Punto de ebullición	99.98 °C.
Densidad	1000 kg/m ³

Estructura

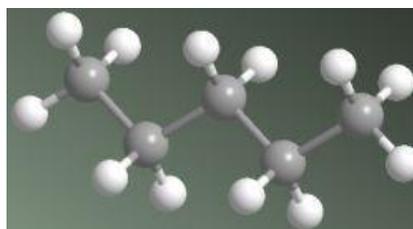


Fuente: naukas.com.

n-Pentano

Fórmula molecular	C ₅ H ₁₂
Masa molar	72.15 g/mol
Punto de fusión	-130 °C
Punto de ebullición	36.1 °C
Densidad	626.00 kg/m ³

Estructura

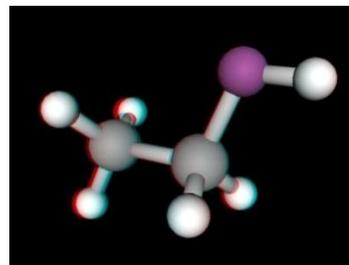


Fuente: quimicaorganica.net.

Éter etílico

Fórmula molecular	(C ₂ H ₅) ₂ O
Masa molar	74.12 g/mol
Punto de fusión	-116.3 °C
Punto de ebullición	34.6 °C
Densidad	713.40 kg/m ³

Estructura

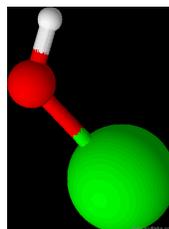


Fuente: elieryluis.blogspot.com.

Hidróxido de sodio

Fórmula molecular	NaOH
Masa molar	39.997 g/mol
Punto de fusión	318 °C
Punto de ebullición	1390 °C
Densidad	2,100 kg/m ³

Estructura

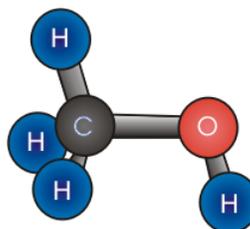


Fuente: quimicaorganica.net.

Metanol

Fórmula molecular	CH ₄ O
Masa molar	32.04 g/mol
Punto de fusión	-98 °C
Punto de ebullición	65 °C
Densidad	791.80 kg/m ³

Estructura

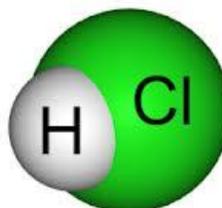


Fuente: solventesindustrialesuni.com.

Ácido clorhídrico

Fórmula molecular	HCl
Masa molar	36.46094 g/mol
Punto de fusión	-26 °C
Punto de ebullición	48 °C
Densidad	1190 kg/m ³

Estructura

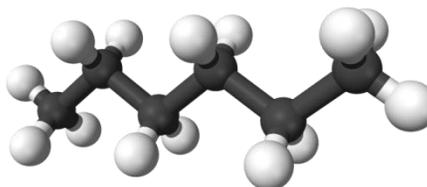


Fuente: ecured.cu.

Hexano

Fórmula molecular	C_6H_{14}
Masa molar	86.18 g/mol
Punto de fusión	-95 °C
Punto de ebullición	69 °C
Densidad	654.8 kg/m ³

Estructura



Fuente: elieryluis.blogspot.com.

Ácido sulfúrico

Fórmula molecular	H_2SO_4
Masa molar	98.08 g/mol
Punto de fusión	10 °C
Punto de ebullición	337 °C
Densidad	1,800 kg/m ³

Estructura

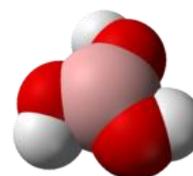


Fuente: quimicaorganica.net.

Ácido bórico

Fórmula molecular	H_3BO_3
Masa molar	61.83 g/mol
Punto de fusión	169 °C
Punto de ebullición	300 °C
Densidad	1435 kg/m ³

Estructura

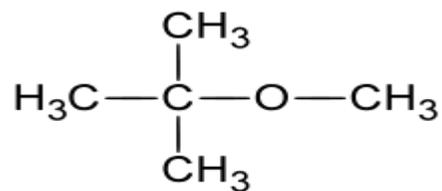


Fuente: quimicaorganica.net.

Metil ter-butil éter

Fórmula molecular	C ₅ H ₁₂ O
Masa molar	88.15 g/mol
Punto de fusión	-108.6 °C
Punto de ebullición	55.3 °C
Densidad	0.74 g/cm ³

Estructura



Fuente: quimicaorganica.net.