

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES  
Y TOXICAS DE LA SEMILLA DE Omphalea oleifera  
" hoja de queso "

SONIA VILLALTA RODRIGUEZ  
JANET LORENA SERRANO JIMENEZ

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGIA



SAN SALVADOR, EL SALVADOR JULIO DE 1987

T  
615.9523216  
714d

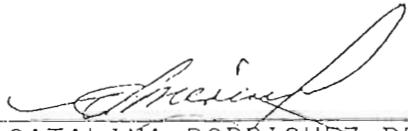
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

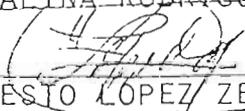
DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES Y TOXICAS DE LA SEMILLA DE OMPHALEA OLEIFERA ("HOJA DE QUESO").

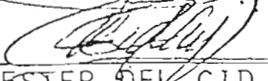
SONIA VILLALTA RODRIGUEZ  
JANET LORENA SERRANO JIMENEZ

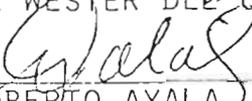
TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGIA

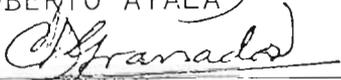
1987

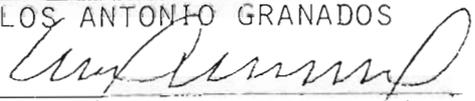
DECANO :   
CATALINA RODRIGUEZ DE MERINO

DIRECTOR DE DEPARTAMENTO:   
ERNESTO LOPEZ ZEPEDA

ASESOR :   
JOSE WESTER DEL CID AYALA

JURADO :   
RIGOBERTO AYALA

:   
CARLOS ANTONIO GRANADOS

:   
JOSE BENJAMIN YANEZ PAREDES



## DEDICATORIA DE SONIA

A mi madre:

ROSA CANDIDA

A mis hijos:

FIDEL ANTONIO

SONIA CLARISSA

A mi esposo:

FIDEL ANTONIO RAMOS

A mis hermanos:

LUCIA ETIEL

HUGO ORLANDO

## DEDICATORIA DE JANET LORENA

Con todo mi amor a mis hijos:      Oliver Román  
y al que todavía no conoce  
la luz de este mundo y que  
espero con ansias.

A mis padres:      Luis Armando y  
María Amparo,  
en quienes siempre encontré  
apoyo y aliento.

A mi amado esposo:      Ricardo Antonio,  
por su amor, comprensión y  
constante compañía.

A mis hermanas:      Ana Patricia,  
Maira Celina e  
Iveth Yesenia,  
con cariño por compartir  
mis ilusiones de estudiante.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos dejar constancia de nuestro particular agradecimiento a quienes desinteresadamente colaboraron en la realización de este trabajo. Especialmente al Lic. José Wester Del Cid Ayala M.S., por su dedicación en el asesoramiento de nuestra investigación. A los señores Miembros de Jurado: Dr. Rigoberto Ayala, Lic. Carlos Antonio Granados y Lic. José Benjamín Yáñez Paredes M.E.S., por sus esfuerzos en la revisión y examen consciente del contenido de la presente tesis.

A los Doctores Joaquín Sánchez Parr y José Mauricio Alvarez, quienes con especial deferencia nos permitieron desarrollar la parte práctica de esta investigación, en el Departamento de Fisiología y Farmacología de la Facultad de Medicina "Emilio Alvarez", con el aporte académico y respaldo moral que sólo puede esperarse de hombres dedicados a la ciencia. Así como a la Srta. Noemy Gómez, de la misma Facultad, quien nos apoyó en todo momento.

Al señor Roberto Martínez, del Hospital de Maternidad de El Salvador, quien nos proporcionó los pie de cría de los roedores utilizados para esta investigación.

A la Doctora Francisca Cañas de Moreno, Ing. Ursula Bejara-

no y Sr. José Antonio Campos, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, quienes contribuyeron a la realización de la parte analítica de la investigación. Al Ing. Wigberto Lara, que identificó los hongos patógenos que invaden las semillas de Omphalea oleifera y a la Srta. Griselda Concepción Silva y Sr. Eduardo Chacón López, por su aporte en el proceso germinativo de la misma.

Con grata recordación a la Doctora Alicia Pineda (Q.D.D.G.), quien nos colaboró y asesoró en el proceso analítico; así como al Sr. Oscar Pank (Q.D.D.G.), que con su vasta experiencia, nos indujo a desarrollar este trabajo.

Y a todas aquellas personas e instituciones que en alguna medida, nos cooperaron en la realización del mismo.

## TABLA DE CONTENIDOS

	PAGINA
RESUMEN .....	VIII
LISTA DE CUADROS .....	X
LISTA DE FIGURAS .....	XIII
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	4
I Generalidades .....	4
A- Clasificación .....	5
II Descripción Botánica .....	6
A- Partes de la Planta .....	6
B- Distribución Geográfica .....	8
C- Habitat .....	8
CH- Asociación Natural.....	9
III Otras especies relacionadas con <u>Omphalea oleifera</u> .....	10
A- <u>Omphalea diandra</u> .....	10
B- <u>Omphalea triandra</u> .....	11
C- <u>Omphalea megacarpa</u> .....	12
IV Utilidades .....	11
V Aspectos nutricionales de los lípidos .....	13
VI Euforbiáceas Oleaginosas .....	15
VII Germinación .....	16
VIII Toxicidad .....	19
MATERIALES Y METODOS .....	22
RESULTADOS .....	34
A- Promedio de Pesos de partes del fruto .....	34
B- Análisis Químico Proximal .....	34

	PAGINA
C- Germinación .....	37
D- Ensayo Biológico .....	39
E- Sintomatología de intoxicación .....	39
F- Mortalidad .....	
G- Análisis Estadísticos .....	
DISCUSION .....	66
CONCLUSIONES .....	73
LITERATURA CITADA .....	76

## ANEXO

- I- Hoja de registro semanal
- II- Mezcla de minerales
- III- Solución de vitaminas
- IV- Análisis estadísticos

## RESUMEN

La presente investigación consiste en el estudio químico, germinativo y biológico en la semilla del árbol "hoja de queso", Omphalea oleifera Hemsley. Planta típica de sucesión primaria que por su rusticidad, es una alternativa para la utilización de tierras marginales.

Investigaciones de las propiedades de su semilla, han demostrado que se le puede utilizar como materia prima en el procesamiento industrial a gran escala; incluyendo el aspecto alimenticio.

En el análisis químico se determinó: humedad, nitrógeno, proteína, extracto etéreo, fibra cruda y cenizas; a partir de estas últimas, se determinó: macronutrientes: fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes: hierro, cobre, cinc y manganeso en endospermo, embrión y almendra cocida. Siendo relevante el contenido de extracto etéreo (57.16%), fósforo, cobre y cinc.

Se realizaron diferentes ensayos germinativos en el laboratorio y observaciones en el campo, de lo cual se obtuvo un bajo potencial de germinación en el laboratorio y alto en el campo.

El ensayo biológico se realizó con 15 grupos de ratas, constituido cada uno de 6 individuos, con igual número de machos y hembras; por un período de 8 semanas. Utilizando ratas recién destetadas, juveniles y adultas, a

las que se les proporcionó dietas con harina de embrión, endospermo, almendra cruda y cocida en concentraciones del 5, 10 y 15% como también aceite crudo en las mismas concentraciones. Los tratamientos con harina resultaron con una alta toxicidad, no así el aceite, lo que demuestra que el tóxico no es liposoluble y que el aceite no tiene propiedades laxantes.

El mayor aumento de peso corporal en la dieta con aceite se observó en la concentración del 15%. Aunque este resultado no es significativo comparado con el grupo patrón utilizado; tampoco lo fue entre grupos al aplicar el análisis de varianza.

Con respecto a la dieta con harina, la más tóxica fue la concentración del 15% y la menos la del 5%. No se observó disminución de la toxicidad en la dieta con harina de almendra cocida; concluyéndose que la harina de Omphalea oleifera, es tóxica en cualquier concentración de las utilizadas. Infiriéndose de los resultados que el efecto tóxico es acumulativo y que el mayor valor industrializable de la semilla es la obtención de aceite.

## CUADRO

## PAGINA

1.	Composición porcentual de las raciones a base de harina de "hoja de queso" ( <u>O. oleifera</u> ) utilizadas en el ensayo de toxicidad con ratas recién destetadas y juveniles .....	30
2.	Composición porcentual de las raciones a base de harina y aceite de "hoja de queso" ( <u>O. oleifera</u> ) utilizadas en el ensayo de toxicidad con ratas juveniles y adultas ..	31
3.	Promedio de pesos de diferentes partes del fruto de "hoja de queso" ( <u>O. oleifera</u> ) ...	35
4.	Análisis Químico Proximal de la semilla seca de "hoja de queso" ( <u>O. oleifera</u> ) y sus fracciones anatómicas. % p/p .....	36
5.	Análisis de micro y macronutrientes de la semilla seca de "hoja de queso" ( <u>O. oleifera</u> ) y sus fracciones anatómicas .....	38
6.	Resumen de datos obtenidos en los diferentes ensayos con harina de <u>O. oleifera</u> en cada uno de los animales de experimentación .....	42
7.	Resumen de datos obtenidos en los diferentes ensayos con aceite de <u>O. oleifera</u> en cada uno de los animales de experimentación .....	45

CUADRO

PAGINA

8.	Resumen de promedios y desviación estándar de pesos finales y alimento ingerido total por tratamiento de harina y aceite de <u>O. oleifera</u> .....	46
9.	Número de ratas muertas por semana en cada grupo experimental con harina de <u>O. oleifera</u> .....	49
10.	Rango de tóxico ingerido de semilla <u>O. oleifera</u> por rata y tratamiento en relación al peso final .....	50
11.	Promedio y desviación estándar de tóxico ingerido de semilla de <u>O. oleifera</u> por grupo y tratamiento en relación al peso final .....	51
12a.	Tabla de Contingencia que presenta los valores de mortalidad observados y esperados para cada grupo experimental tratado con harina de <u>O. oleifera</u> .....	52
12b.	Tabla de Contingencia que presenta los valores de mortalidad observados y esperados para cada grupo experimental a una concentración del 5% de <u>O. oleifera</u> .....	53
12c.	Tabla de Contingencia que presenta los valores de mortalidad observados y esperados para cada grupo experimental a una concentración del 10% de <u>O. oleifera</u> .....	54

## CUADRO

## PAGINA

12d.	Tabla de Contingencia que presenta los valores de mortalidad observados y esperados para cada grupo experimental a una concentración del 15% de <u>O. oleifera</u> .....	55
13.	Resumen de análisis de varianza (tóxico ingerido) entre los grupos tratados con semilla en forma de harina de <u>O. oleifera</u> .	56
14.	Resumen del análisis de varianza (pesos finales) de los grupos tratados con aceite de <u>O. oleifera</u> en concentraciones de 5, 10 y 15% con el grupo patrón .....	57
15.	Resumen de análisis de varianza (peso final) entre los grupos tratados con aceite de <u>O. oleifera</u> .....	58
16.	Análisis de la "t de student" en los tratamientos con harina de semilla de <u>O. oleifera</u> .....	60

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
1. Mapa de El Salvador donde se ubican: A- Parque Deininger B- Bosque San Diego C- Guaymango .....	23
2. Esquema del Parque Deininger .....	23
3. Esquema del Bosque San Diego .....	24

## GRAFICA

1. Efecto del endospermo de la semilla de <u>O. oleifera</u> en ratas juveniles mediante análisis de regresión .....	61
2. Efecto de almendra cruda en la semilla de <u>O. oleifera</u> en ratas juveniles mediante análisis de regresión .....	62
3. Efecto de almendra cocida en la semilla de <u>O. oleifera</u> en ratas juveniles mediante el análisis de regresión .....	63
4. Efecto del embrión (5%) de la semilla de <u>O. oleifera</u> en ratas juveniles mediante análisis de regresión .....	64
5. Efecto del aceite extraído de la semilla de <u>O. oleifera</u> en ratas adultas mediante el análisis de regresión .....	65

## INTRODUCCION

Entre las muchas especies arbóreas de la flora salvadoreña existen algunas que, por circunstancias diversas, van reduciéndose a pequeños rodales dispersos y, en casos extremos, a individuos aislados que subsisten como representativos de la vegetación natural del lugar, no obstante poseer un alto potencial como proveedoras de alimentos y materias primas industriales. Muchas de estas plantas tienen grasas en la pulpa de sus frutos o en sus semillas en cantidad suficiente como para justificar su extracción comercial. Dentro de estas últimas especies se encuentra Omphalea oleifera Hemsley, planta arbórea que, debido a sus diferentes características y posibilidades, es el objeto de la presente investigación, en la cual se trata de poner de manifiesto la composición química proximal de sus semillas y su potencial utilitario bajo diferentes formas de tratamiento.

El trabajo está dirigido primordialmente hacia la determinación de la presencia de sustancias tóxicas en las semillas de Omphalea oleifera y la ubicación de la toxicidad en las fracciones de la misma, en crudo y cocido. Enfoque basado en el supuesto que las sustancias tóxicas se desnaturalizan por el proceso de cocción.

Bajo la opción de obtener aceite comestible y harina para la alimentación humana o formulación de concentrados

para animales, el presente trabajo investiga la variación de peso en ratas, alimentadas con las distintas fracciones de semilla de O. oleifera durante un período determinado.

✓ Así como la signología y efectos finales presentados por las mismas, en virtud del supuesto tóxico presente en la semilla, ya sea en crudo o cocido.

A partir del conocimiento general de las propiedades de las semillas y ventajas vegetativas de este árbol se podría expresar que O. oleifera es una nueva posibilidad para la obtención de materias primas industriales y alimenticias para el país.

Las perspectivas económicas de la especie en particular son amplias, en la medida que la determinación de sus componentes permita establecer con claridad la vía más rentable de su industrialización. Proceso que indudablemente debe proseguir a los resultados que se obtuvieron a partir de este estudio.

Especialmente importante resulta el hecho de que en los últimos años en El Salvador se ha experimentado escasez de materias primas para la obtención de aceite, a tal grado que se ha recurrido a la importación de dicho producto con el consiguiente encarecimiento para los consumidores.

Adicionalmente al propósito de poner de manifiesto la importancia económica del fruto y semilla del árbol "hoja de queso" en la sustitución de materias primas tradiciona-

les demandadas constantemente en las actividades productivas del país, también se le perfila como una alternativa en el proceso de diversificación del uso de tierras marginales y especialmente de las actividades forestales, como también en el impulso que demanda la generación de agroindustrias.

## REVISION DE LITERATURA

Generalidades

La palabra Omphalea procede del griego omphalos que significa ombligo, y Oleifera del latín: portadora de aceite; del género Omphalea en América Tropical, unas diez especies son lianas (Oskar Pank, comunicación personal)\*.

En el ámbito centroamericano, Omphalea oleifera Hemslley es conocida como "hoja de queso", "chirán", "castañete", "palo de queso", "palo de jabón", "shilán", "palo de shilán" (Standley et al., 1946; Allen, 1959; Witsberger et al., 1982); específicamente en El Salvador se le conoce como "hoja de queso", "avellano americano" y "matazano cimarrón" (Guzmán, 1975).

La designación de "hoja de queso" le proviene porque sus hojas tiernas son empleadas para envolver queso (Calderón & Standley, 1941). También se le conoce como "tambor" porque los indígenas usaban su raíz pivotante, que es carnosa interiormente, para hacer tambores, y como "castañete" porque sus semillas, aún estando el fruto inmaduro, se comen tostadas como castañas (Avilés, 1955).

---

\*Oscar Pank, (Q.D.D.G.), 1984. Asesor Técnico del Jardín Botánico, Plan de La Laguna. Depto. de La Libertad. El Salvador, C.A.

### Clasificación

Desde el punto de vista taxonómico, el árbol "hoja de queso" se clasifica de la siguiente manera, según Gilg & Schurhoff (1945) y Font Quer (1974):

Reino	:	Vegetal
División	:	Angiospermae
Clase	:	Dicotiledoneae
Orden	:	Geraniales
Suborden	:	Tricocas
Familia	:	Euphorbiaceae
Subfamilia	:	Crotonoideae
Tribu	:	Hippomaneae
Género	:	<u>Omphalea</u>
Especie	:	<u>oleifera</u>

La familia Euphorbiaceae incluye más de 7.000 especies de plantas con aspectos muy variados los cuales van desde pequeñas hierbas anuales o perennes, hasta árboles que alcanzan gran altura como Omphalea oleifera (Font Quer, 1974).

Están difundidas por todo el mundo, excepto en las regiones muy frías, las altas montañas y las tierras árticas (Gilg & Schurhoff, 1945).

Las especies de esta familia tienen flores unisexuales monoicas o dioicas, las semillas contienen abundante tejido nutricional y como una generalidad puede decirse

que contienen grandes cantidades de aceite, presentando en su corteza laticíferos por donde recorre abundante látex blanco o amarillo (García, 1975).

Entre las "euforbiáceas", muchas especies tienen importancia como plantas medicinales, alimenticias o industriales. Entre las medicinales de las que se obtienen aceite, usados como purgantes, están Ricinus comunis, del que se obtiene el aceite de ricino u "oleum ricino", Croton tiglium y Euphorbia resinifera. De importancia industrial están: Hevea brasiliensis por su producción de caucho y Aleurites fordii originario de China Meridional, del cual se extrae el "aceite chino" o "aceite de madera" (Font Quer, 1974).

### Descripción Botánica

Omphalea oleifera es un árbol de crecimiento rápido, cuya altura varía entre 15 y 22 m (Standley et al., 1946; Guzmán, 1975; Witsberger et al., 1982). Su fuste erecto alcanza diámetros hasta de 110cm, su ramificación es elevada y generalmente forma copas cortas y un tanto redondeadas; el tronco es de color gris claro, de corteza lisa, horizontalmente arrugada y con lenticelas verticales que rodean pequeñas grietas; interiormente es gruesa, un poco arenosa, de coloración blanca con pequeños puntos anaranjados, exuda savia verde amarillenta; al cortar las ramitas,

de la médula exuda savia roja (Witsberger, et al., 1982).

Las hojas son simples, alternas, glabras, deciduas y con nervaduras cordoneadas, con un pecíolo de 2.5 a 70 cm de largo, que poseen dos glándulas donde se une con la lámina; la cual tiene forma de corazón o arriñonada, con una longitud de 9 a 54 cm y un ancho de 10 a 48 cm, tiene varias venas principales bien evidentes que salen de la base; el haz presenta coloración verde mate y el envés es un poco más claro. Se le observa con hojas en los meses de abril a noviembre. Produce las flores en panículas alargadas, colgantes, ramificadas, hasta de 25 cm de largo; con muchas flores masculinas y femeninas, pequeñas y verdosas. Del eje central salen las brácteas angostas hasta de 4.5 cm de largo. Tiene 4 sépalos redondeados de 3 mm de largo; las flores masculinas poseen 2 estambres y las femeninas un pistilo con un ovario que puede tener 2 ó 3 celdas, el estilo es grueso. Su floración es de noviembre a enero (Standley et al., 1946; Witsberger et al., 1982).

Según Calderón & Standley (1941), los frutos son duros, lisos, carnosos, redondos y de color verde, pesando entre 100 y 140 g Guzmán (1975), determina que es una drupa, de carne algo azucarada y comestible. Witsberger et al. (1982), expresa que mide 9 cm de largo y 7 de ancho; con un ápice de punta corta y redondeada, dando sus frutos

de diciembre a agosto.

Las semillas son de color gris, de 3 cm de largo y 2.5 de ancho, generalmente cada fruto posee 2 semillas algo elípticas y achatadas en un lado (Standley et al., 1946; Witsberger et al., 1982).

### Distribución Geográfica

A nivel mundial el género Omphalea, es propio de lugares de baja precipitación anual, como también de altas temperaturas. Se encuentra en: África, Madagascar, Indochina, Oeste de Malasia, Célebes, Nueva Guinea, Queensland, Islas Salomón y América (Willys, 1980).

En América es propio de Guatemala y El Salvador (Calderón & Standley, 1941; Guzmán, 1975; Hildridge, 1976; Witsberger et al., 1982).

### Habitat

En El Salvador, la especie arbórea Omphalea oleifera es un árbol típico del bosque seco tropical (bs-T); no obstante, se le encuentra diseminado sobre las tierras menos fértiles de la zona ecológica de bosque húmedo subtropical (bh-ST), y en condiciones xerofíticas. Su amplia tolerancia ecológica ha permitido su desarrollo en elevaciones que van desde 0 a 500 m.s.n.m. donde las precipitaciones anuales

oscilan de 1301 a 1400 mm y las biotemperaturas de 24.2 a 30°C (Holdridge, 1976).

Esta amplia distribución le permite crecer en suelos de poco valor agrícola; desde residuales arcillosos en asociación con lavas recién desintegradas, hasta suelos arcillosos poco profundos asociados con tobas volcánicas en descomposición (Ramos, 1974).

Como masas arbóreas en estado natural solamente subsisten en la zona de bosque seco tropical, unidad ecológica principalmente localizada sobre las tierras que circundan el Lago de Güija y la Laguna de Metapán, ubicadas al norte del Departamento de Santa Ana, la cual se caracteriza por tener pequeñas colinas de lava y muy poco suelo fértil; considerándose por lo tanto, que esta especie es constitutiva de la flora de sucesión primaria (Holdridge, 1976).

#### Asociación Natural

Las asociaciones florísticas que tipifican los bosques naturales en donde el árbol de "hoja de queso" está presente, generalmente están constituidas de maderas valiosas como: "membre", Poeppigia procera; "quebracho", Lysiloma kellermanii; "laurel", Cordia alliodora; "cortez blanco", Tabebuia donell-smithii; "maquilishuat", Tabebuia rosea; "aceituno", Simarouba glauca; "caoba", Switenia humilis; además de "talpecojote", Talisia olivaeformis; "bonete",

Lucina candida; "conacoste", Pithecolobium cyclocarpum; "mullato", Triplaris palustris Adon; "flor de mayo", Platanus pubra; "cuchillo", Ceciba basellifolia; "nacascot", Pithecolobium mangense y "cuchipilón de zoque", Myrciophora floribunda (Holdridge, 1976).

Además se encuentra vegetación de sucesión primaria como las siguientes: "salamo", Calycophyllum candidianum; "tecomasuche", Cochlospermum vitifolium; "jiote", Bursera simaruba; "tulumscuago", Iponoea arborescens; "galilito", Gyrocarpus americanus; "cuayote", Jacaratia mexicana; "palo de lagarto", Sciadodendron excelsum; "amaies", Ficus spp; "organos", Lemaireocereus eichlamii; "pitahayas", Acanthocereus horridus. También se encuentran otros tipos de vegetaciones tales como: "argucocho", Cassia emarginata; "granadillo", Platymiscium pinnatum; "salitrero", Zanthoxylum culantrillo y "copalillos", Bursera permollis (Reyna de Aguilar, 1977).

#### Otras Especies Relacionadas con *Omphalea oleifera* Hemsley.

Omphalea cordata Swartz es propia de Jamaica (Guzmán, 1975), es un árbol grande, lozano y de hojas alternas, cordiformes, con flores de 3 estambres a diferencia de O. oleifera que tiene 2; sus frutos son amarillos y globosos. Omphalea diandra Linneo es propia de las Antillas, Brasil y Perú, es un arbusto sarmentoso y pubescente; sus semillas

contienen del 60 al 65% de aceite a diferencia de las de O. oleifera que contiene 52.25%. Del aceite de O. diandra se obtiene un purgante de color ámbar. Omphalea triandra Linneo es propia del Caribe, se le conoce como "pig-nut" (nuez de cerdo), es un árbol de hasta 4 m. de alto. Tiene hojas coriáceas, flores sin pétalos y panículas colgantes; el fruto es amarillo y carnoso; ranurado de 3 a 4 porciones y con un diámetro de 4 cm. Las semillas son comestibles, al quitarles el embrión que es venenoso; el jugo de estas frutas se vuelve negro y es usado como tinta y pegamento. Omphalea megacarpa Hemsley es nativa de Sur América y Trinidad; de su semilla se obtiene del 52 al 67% de aceite conocido como "aceite de kernel" (Oskar Pank, comunicación personal)\*.

### Utilidades

Muchas plantas superiores tienen grasa en la pulpa de sus frutos o en sus semillas en cantidades suficiente como para justificar su extracción comercial. La almendra de Omphalea oleifera contiene 52.25% de aceite y podría ser

---

\*Oscar Pank, (Q.D.D.G.), 1984. Asesor Técnico del Jardín Botánico, Plan de La Laguna. Depto. de La Libertad. El Salvador, C.A.

utilizada como materia prima para extracción industrial de aceite, que podría usarse como vehículo oleoso para inyectar, expectorante y para la obtención de harina de alto contenido proteínico y posiblemente una sustancia tóxica que sustituiría a los tradicionales productos químicos, utilizados en la agricultura para combatir roedores perjudiciales a los cultivos; además de la posibilidad de extraer sustancias para la elaboración de jabón líquido, materias primas para cosméticos, cremas fijadoras de cabello, aceite comestible, en la iluminación y bases para fármacos (Avilés, 1955). Otros autores afirman que este aceite tiene propiedades análogas a las del "aceite de ricino" por lo que se dice que las semillas tienen propiedades medicinales (Calderón & Standley, 1941).

La torta de la semilla de "hoja de queso" contiene tanta proteína cruda (42.7%) como la torta de algodón (43.2%) y la torta de soya (45.5%) (Avilés, 1955).

La harina de la torta de semilla de algodón que constituye la fuente básica de proteína en la alimentación animal de nuestro país, podría sustituirse por la de "hoja de queso". Además, por su contenido de aceite, O. oleifera es una alternativa en la obtención de materia prima para la producción de aceite vegetal, lo que podría redundar en la disminución de precios de los productos elaborados con aceite de la semilla de algodón y una mayor accesibilidad al consumo.

Los árboles de este género tienen madera amarillenta, muy blanda y liviana, lo que la hace poco durable. Además, la madera se usa para la cocción de tejas de barro por tener propiedades de quemarse lentamente; muy útil como poste vivo para cercos y, por la belleza de sus hojas, puede cultivarse como ornamental (Witsberger et al., 1982).

Como sus primeras producciones se inician a los 5 años, se considera que, económicamente, es una especie prometedora y ventajosa para introducirla en los planes nacionales de diversificación e industrialización forestal (Avilés, 1955).

### Aspectos Nutricionales de los Lípidos

Debido a la insuficiencia de alimento, a nivel mundial, se ve afectada la salud de millones de personas; se ha reconocido y descrito, un síndrome provocado por la deficiencia de grasa en la dieta lo que originó la teoría de que los ácidos linoléico (18:2,9-12) y  $\gamma$  - linolénico (18:3,9-12-15) son ácidos grasos esenciales (F.A.O., 1980).

Fishein-Morris (1967), expresa que el organismo almacena el exceso de carbohidratos en forma de grasa, suministrando ésta una provisión de energía más larga y sostenida que la de los primeros.

Los lípidos son importantes porque entre las funciones biológicas que desempeñan, actúan como componentes estructurales de las membranas; transporte y almacenamiento

de combustible metabólico, cubierta protectora sobre la superficie de muchos organismos y como componentes de la superficie celular; están relacionados con el reconocimiento de las células, especificidad de la especie y la inmunidad de los tejidos. Si se someten ratas inmaduras o recién destetadas a una dieta carente de grasa, se desarrollan difícilmente; les aparece escamosidad en la piel, pierden peso y finalmente mueren (Lehninger, 1973).

Los ácidos grasos que los mamíferos requieren en la dieta alimenticia se conocen como ácidos grasos esenciales, siendo ellos: el linoléico y araquidónico, pero sólo el ácido linoléico no puede ser sintetizado, por lo que se obtiene a partir de los alimentos vegetales donde es abundante; además se le considera como un componente indispensable en la dieta humana (Krause & Hunscher, 1975), que junto con el linoléico y araquidónico son necesarios para el crecimiento; ellos también facilitan la esterificación del colesterol, de los fosfolípidos, lipoproteínas del plasma y de las mitocondrias (Lehninger, 1973; National Academy of Sciences (1966), citado por Krause & Hunscher, 1975).

Los ácidos grasos esenciales son precursores necesarios en la biosíntesis de un grupo de derivados de los ácidos grasos llamados prostaglandinas, compuestos de función análoga a la de las hormonas que, en cantidades mínimas, o trazas, ejercen profundos efectos sobre cierto número de actividades fisiológicas importantes, como son: regulación de la presión sanguínea, el ritmo cardíaco, lipólisis y sistema nervioso central (Lehninger, 1973; National Dairy

Council (1970), citado por Krause & Hunscher, 1975).

Se ha comprobado en animales, que la deficiencia de ácidos grasos esenciales, reduce la capacidad de reproducción, disminuye la resistencia a los rayos X y ultravioleta, también obstaculiza el transporte de lípidos; además, el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en los tejidos cambia, disminuyendo su concentración y los ésteres de colesterol de ácidos grasos saturados aumentan (Krause & Hunscher, 1975).

#### Euforbiáceas Oleaginosas

En las grasas de las semillas, los principales ácidos encontrados son: palmítico, oléico y linoléico. El ácido oleosteárico ha sido encontrado, aunque en mínimas cantidades, en especies aisladas de tres familias diferentes entre sí, como: Euphorbiaceae, Rosaceae y Cucurbitaceae (Andino, 1959).

En la clasificación de las plantas, según la constitución química de las grasas que se encuentran en sus semillas, las "euforbiáceas" ocupan una posición privilegiada ya que algunas especies poseen ácidos grasos que raramente se encuentran en especies aisladas de otras familias. La heterogeneidad se manifiesta en la variabilidad de los porcentajes de los ácidos grasos que se hallan más ampliamente distribuidos en las plantas (Mazzani, 1963).

La familia Euphorbiaceae presenta abundantes coloides hidrófilos, hasta en la estructura muy particular de la epidermis, estomas y revestimientos cuticulares hidrófobos; además posee otras características de adaptación contra la desecación, condiciones que les dan la categoría de plantas carnosas al igual que las cactáceas (Córdova, 1976).

Las semillas de esta familia están provistas de tejido nutritivo y generalmente contienen grandes cantidades de aceite como también almidón (García, 1975).

Las características particulares de las especies de esta familia las hace tener especial importancia en el desarrollo de actividades económicas de los países que las poseen, ya que su potencial de provisión de materias primas alimenticias, industriales y farmacológicas, es una alternativa a la sustitución de importaciones de las mismas al producirlas a escala comercial (Rafols, 1964).

### Germinación

Las plantas, a través de la reproducción, mantienen la perpetuidad de las especies. Para ello, algunas cuentan con órganos especializados como son las semillas que fundamentalmente están constituidas de embrión, endospermo y cáscara. El endospermo es la fuente de nutrimentos durante la germinación para que el embrión inicie su crecimiento (Napier, 1981). La energía necesaria para que se

dé este último proceso es suministrada en parte por los ácidos grasos contenidos en la semilla, siendo estas grasas de una constitución química más diferenciada y compleja que la producida en los otros órganos de la planta (Schery, 1956; Mazzani, 1963). La constitución de esta grasa vegetal la determina un mecanismo biológico y genético específico, utilizando para su síntesis substractos existentes en el endospermo bajo forma exclusiva de polisacáridos de alto peso molecular (almidón) y lípidos complejos (triglicéridos); por lo que la semilla debe desarrollar el aparato enzimático necesario para la obtención de monosacáridos y ácidos grasos. Tal proceso constituye la movilización de las reservas nutritivas (Córdova, 1976).

No obstante estos principios bioquímicos básicos de la constitución y composición de las semillas, existen variaciones en ellas, que generalmente están determinadas algunas veces, por factores ambientales y edáficos, como el clima y la nutrición mineral (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975).

Según Wattiez & Sternon (1942, citado por Mazzani, 1963), cuando se inicia el crecimiento del fruto y por lo tanto de la semilla, la formación de grasas es lenta y en reducidas cantidades; al madurar el fruto, la grasa de las semillas se forma rápidamente, siguiendo a su formación un prolongado lapso en el cual no se produce más, y solamente se dan cambios cualitativos en ella; para luego sobrevenir

una reducción en la cantidad de la misma. La duración total de cada etapa varía de acuerdo con la duración total del período de fructificación de las diferentes especies.

Al inicio del período germinativo de las semillas, su alto contenido de triglicéridos de reserva disminuye considerablemente para dar paso al desarrollo de la planta. Al finalizar la germinación e iniciarse la fotosíntesis a través de los cotiledones y después por las hojas, hay una inducción neta de lipasas, enzimas que degradan, por hidrólisis, los triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos y finalmente a glicerol y ácidos grasos libres, con un aumento proporcional en la sacarosa (Córdova, 1976).

Además en el proceso germinativo hay producción, por desdoblamiento de proteínas a bajas temperaturas, de los aminoácidos glicina y arginina que poseen un efecto estimulante sobre el desarrollo del embrión, que no posee el aminoácido alanina, que predomina cuando el desdoblamiento se produce a temperaturas más altas (Fogg, 1973).

La germinación requiere de agua, oxígeno y temperatura adecuada. El agua activa el proceso germinativo ya que al impregnarse expande la semilla y rompe la cáscara; seguidamente emerge la radícula iniciando su crecimiento, con el alargamiento del hipocótilo. Al partir éste, en ocasiones cae la cáscara o queda cubriendo los cotiledones que todavía pueden seguir absorbiendo nutrientes del endospermo. Al agotarse los nutrientes, la cáscara se cae o

puede seguir unida a un cotiledón, los cuales se desunen y empiezan a fotosintetizar. De esta fase en adelante, la plántula funciona independientemente, concluyendo el proceso germinativo (Napier, 1981). Según Meyer & Poljakoff-Marber (1975), de cinco a siete días después de la germinación de las semillas, cada parte de la planta realiza su actividad específica.

### Toxicidad

La toxicología es la ciencia que estudia las propiedades y forma de acción de las sustancias venenosas, la búsqueda de las mismas y los procedimientos que permiten combatir su acción nociva. Se considera que una sustancia es venenosa cuando al penetrar en un organismo vivo en cualquier dosis y en una o varias aplicaciones, provoca trastornos en una o más funciones vitales, ya sea en una forma temporal o permanente; o en su caso más crítico, aniquila al organismo y provoca la muerte (Fabre et al., 1962).

La producción de toxinas es una cualidad natural de muchas plantas, sin embargo, entre ellas hay diferencias significativas tanto en la cantidad producida, como en la toxicidad y en la sensibilidad de cada especie. Las especies más agresivas y dominantes cuando crecen en condiciones similares con otras, son las que más toxinas producen

y son menos sensibles a ellas; siendo ésta una de las características que les permite su dominancia (Papadakis, 1960).

Dentro de las "euforbiáceas" es bien característico encontrar ciertas sustancias tóxicas como la proteína "ricino albúmina" del Ricinus comunis y la "crotina" que es un glucósido cianógeno del Croton tiglium. La diferencia en los efectos de ambas es la parte del organismo que dañan, así, la sustancia del R. comunis afecta el sistema digestivo específicamente, provocando irritación autolimitada del intestino delgado; la de C. tiglium afecta el sistema respiratorio por la liberación de cianuro al ser ingerido (Dreisbach, 1974).

Los efectos que las sustancias tóxicas producen en los animales de laboratorio, son similares a las que se manifiestan en el hombre, ya que se encuentran en los mismos límites de concentraciones tolerables, aunque en animales de experimentación se usan dosis más elevadas para determinar hasta qué punto puede afectar al ser humano (Goodman et al., 1982).

Múltiples factores influyen sobre el valor de la toxicidad, algunos de ellos dependen de la sensibilidad del animal utilizado en el experimento, sensibilidad que puede variar entre límites relativamente considerables. Por esta razón es indispensable efectuar ensayos de toxicidad sobre varias especies animales para determinar sensibilida-

des particulares en cada una de ellas. Esta situación explica la dificultad de extrapolar hacia el hombre los resultados obtenidos en experimentos de laboratorio y que las dosis mortales para el hombre están generalmente mal definidas. Otros factores que influyen en la receptividad de los tóxicos son: la raza de la especie, el sexo, la edad y el peso. No obstante, en este último caso la dosis mortal no es proporcional al peso, ésto significa que por unidad de peso un animal pequeño destruye más veneno que uno grande y por lo tanto, generalmente es menos sensible (Fabre et al., 1962).

Los venenos no desarrollan los efectos que les son peculiares, sino hasta que han logrado alcanzar el nivel de los órganos sobre los cuales son susceptibles de actuar, penetración por vía digestiva es un modo muy frecuente de administración y absorción de los venenos (Fuhner, 1956).

Según Calderón & Standley (1941), Standley et al. (1946), Witsberger et al., (1982), las semillas maduras de Omphalea oleifera, son comestibles después de quitarles el embrión porque es venenoso.

## MATERIALES Y METODOS

Para la realización de esta investigación se utilizaron 87 libras (peso fresco), de semillas del árbol Omphalea oleifera, sometiéndolas en las diferentes etapas del trabajo a procesos: mecánicos, analíticos y tratamiento germinativo.

Para la recolección de la semilla, primeramente se identificaron los sitios potencialmente productores como son: Bosque de San Diego, en jurisdicción de Metapán, Departamento de Santa Ana; Parque Nacional Walter T. Deinniger en el litoral del Departamento de la Libertad y algunos rodales poco densos, ubicados en las proximidades de Guaymango, Departamento de Ahuachapán (Figuras 1, 2 y 3).

La semilla fue extraída de frutos maduros colectados al pie de los árboles productores, en cada uno de los sitios identificados, aunque el mayor volumen se recolectó en el bosque seco-tropical de San Diego.

Antes de someter la semilla a los distintos tratamientos necesarios para la realización de las diferentes fases de la investigación se eliminó el mesocarpio que las rodeaba, y se seleccionaron, lavaron y secaron al sol por término de cinco días.

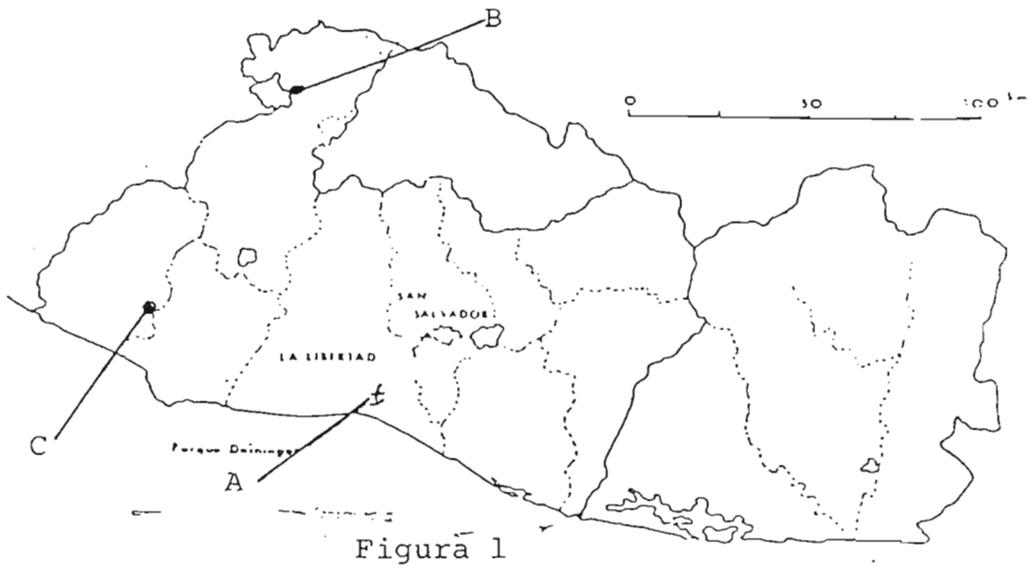


Figura 1

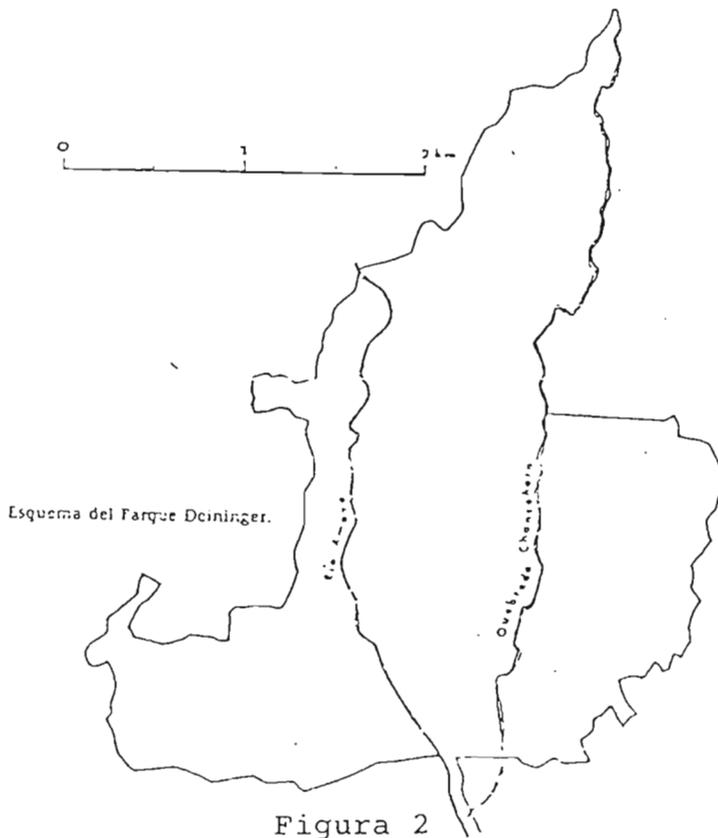


Figura 2

Fig. 1. Mapa de El Salvador, donde se ubican:  
 A- Parque Deininger  
 B- Bosque San Diego  
 C- Guaymango

Fig. 2. Esquema del Parque Deininger.

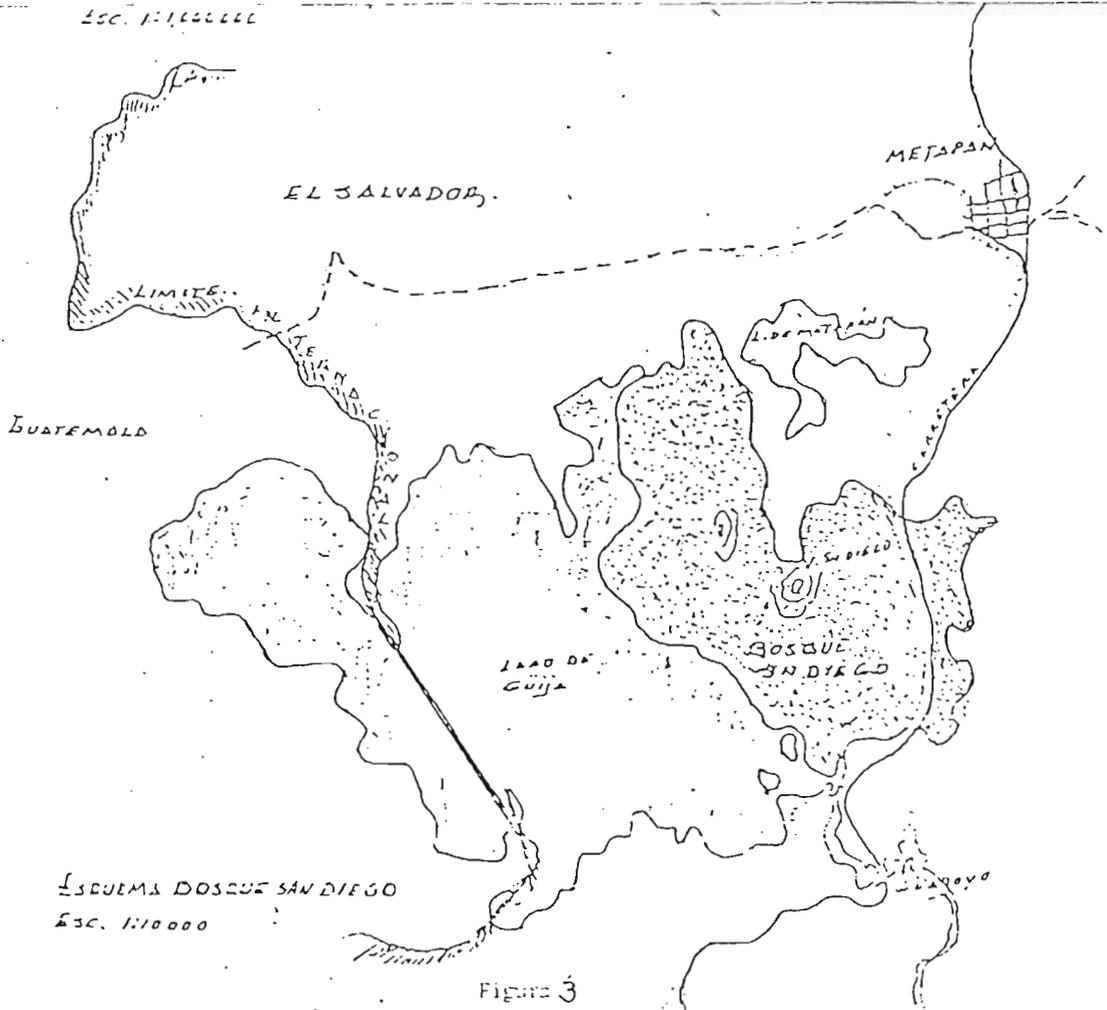


Figura 3. Esquema de Bosque San Diego.

### Proceso Mecánico

Una vez secas las semillas, cierto número se sometió a escarificación completa para obtener la almendra, la cual representó el 46.12% del peso total de la semilla recolectada.

### Obtención de Harina

Las almendras fueron tratadas manualmente para obtener embriones y endospermos por separado y elaborar las harinas respectivas en crudo, necesarias para el tratamiento.

En vista que el embrión de la semilla, está presente en una proporción promedio de 4.54% del peso total de la almendra, se utilizaron 12 libras de almendras para obtener 250 g de embrión. Se preparó por trituración simple, en piedra de moler, 916 g de harina de endospermo, generándose pérdidas en peso de cada componente debido a lo rudimentario de la forma de obtención de harina.

También se preparó de la misma forma harina de almendras en crudo y cocido. Para este último caso, las almendras fueron sometidas a cocción, colocándose las semillas sin escarificar en agua en ebullición durante 90 minutos.

### Obtención del Aceite

El aceite se obtuvo a partir de almendras crudas, por el proceso de prensado; utilizándose una prensa hidráulica marca Carver Laboratory; modelo C (propiedad del Instituto Salvadoreño de Investigación del Café I.S.I.C.) y aplicando una presión de 15,000 a 18,000 libras.

### Proceso Analítico

Para conocer la composición química proximal de la semilla de Omphalea oleifera se determinó: humedad, nitrógeno (proteína cruda), fibra cruda, extracto etéreo, cenizas y carbohidratos de harina de embrión, endospermo y de almendra cocida. Cada determinación se hizo por triplicado. Los materiales utilizados y la secuencia metodológica se ciñeron al método oficial de análisis de la Association of Official Analytical Chemist, A.O.A.C. (A.O.A.C., 1975).

Debido a las limitaciones que se encontraron en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (U.E.S.), que fue donde se realizaron la mayoría de análisis, algunos como la humedad y el nitrógeno se determinaron en el laboratorio del I.S.I.C.

La cantidad de minerales contenidos en el embrión, endospermo y almendra cocida se determinaron en el laboratorio del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria

(C.E.N.T.A.) e I.S.I.C. utilizando para ello un espectrófotómetro de absorción atómica marca Perking Elmer modelo 306.

### Germinación

Para determinar el período y las condiciones necesarias para que se desarrolle el proceso germinativo de las semillas del árbol de Omphalea oleifera, se tomó 4 lotes, para efectuar los siguientes tratamientos:

- a) Semillas sin escarificar y sin ningún tratamiento, fueron sembradas directamente en el suelo.
- b) Otro grupo de semillas escarificadas fue tratado con hipoclorito de sodio al 5.5% sumergiéndolas en la solución durante dos minutos, luego se lavaron completamente con agua destilada durante un minuto. De este lote, un grupo de semillas se envolvió en papel toalla y se colocó en un germinador marca M.F. Fred Stein Laboratories, modelo 128, propiedad de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por un período de 21 días. El otro grupo de semillas, se colocó directamente en un suelo sin ningún tratamiento.
- c) Un tercer lote se dividió en dos grupos: uno con semillas escarificadas en la región donde emerge el embrión y otro conteniendo las semillas completas. En ambos casos no se dio tratamiento químico a las semillas; unas se colocaron en cajas de petri conteniendo suelo arenoso esterilizado.

zado y después en un desecador. De estas mismas semillas se sembraron en suelo tratado, en macetas, dejándose en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

d) Otro lote de semillas sin escarificar ni tratar previamente se colocaron en suelo tratado con agua hervida y formalina al 10%. Una vez sembrados, se les cubrió con una capa de escoria volcánica y se les puso una pequeña ramada de paja y ramas verdes a 40 cm de altura, para proveer sombra.

### Ensayo Biológico

Para determinar esta parte de la investigación, primeramente se tuvo que disponer de una colonia de ratas de laboratorio, para cuya formación, se comenzó con un grupo de 13 especímenes donados por el bioterio del Hospital de Maternidad. Este lote de ratas progenitoras se instaló en el bioterio del Departamento de Fisiología y Farmacología de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.

La homogeneidad genética de la colonia no pudo garantizarse y ésta se manifestó en las siguientes características de la coloración del pelo: unas fueron negras, otras de color negro con pelos blancos en la región ventral y otras de color blanco con pelaje negro en la región dorsal.

De la colonia obtenida después de la tercera genera-

ción se tomaron 15 grupos de ratas, cada uno de 6 individuos. Debido a que el tratamiento se dividió en una fase de pruebas de toxicidad de las harinas y otras del aceite, las ratas se separaron en 10 grupos para el suministro de tres concentraciones diferentes de harinas de endospermo, almendra cruda y cocida al 5, 10 y 15% y de embrión al 5%; más tres grupos para el suministro de aceite a iguales concentraciones y dos grupos de control, alimentados normalmente sin materia proveniente de Omphalea oleifera.

Todos los grupos de ratas estuvieron constituidos por igual número de machos que de hembras y un peso promedio similar.

Durante el período de ensayo, las ratas fueron mantenidas en jaulas individuales de "vidrio plástico", recubiertas por parrillas galvanizadas en el nivel superior, con su respectivo comedero y bebedero. Se les suministró agua y comida "ad-libitum".

Las dietas básicas estuvieron constituidas así: la primera por caseína (obtenida de queso duro blando rallado); mezcla de minerales (Anexo II), aceite de hígado de bacalao, harina de maíz, solución de vitaminas 5% V/P (Anexo III) y harina de semilla de Omphalea oleifera en concentraciones de 5, 10 y 15%. Esta dieta fue suministrada a ratas recién destetadas (21 días de nacidas) y a ratas de 6 semanas (42 días) (Cuadro 1). En la segunda dieta se utilizó concentrado "crece lac" cuyo contenido

Cuadro 1. Composición porcentual de las raciones a base de harina de "hoja de queso" (Omphalea oleifera) utilizadas en el ensayo de toxicidad con ratas recién destetadas y juveniles.\*

## DIETA I

Grupos de ratas**											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ingredientes (%)***											
Aceite de hígado de bacalao	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Caseína	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
Mezcla de minerales	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Harina de maíz	68.5	68.5	63.5	58.5	68.5	53.5	58.5	68.5	63.5	58.5	73.5
Harina de embrión	5										
Harina de endospermo		5	10	15							
Harina de almendra cruda					5	10	15				
Harina de almendra cocida								5	10	15	
Patrón											0
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

\*Esta dieta fue aplicada primeramente a ratas recién destetadas las cuales sobrevivieron 7 días, por lo que se aplicó el mismo ensayo a ratas juveniles.

\*\*Cada grupo de ratas consta de 6 individuos colocados en jaulas individuales.

\*\*\*Todas las raciones fueron suplementadas con solución de

Cuadro 2. Composición porcentual de las raciones a base de harina y aceite de "hoja de queso (Omphalea oleifera) utilizadas en el ensayo de toxicidad con ratas juveniles y adultas.\*

Ingrediente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Grupo**															
"Crece-lac"	100	95	95	90	85	95	90	85	95	90	85	100	95	90	85
Patrón juvenil	0														
Embrión		5													
Endospermo			5	10	15										
Almendra cruda						5	10	15							
Almendra cocida									5	10	15				
Patrón adulto												0			
Aceite													5	10	15
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

\*A las ratas juveniles se les suministró tratamiento con harina y a las adultas aceite, teniendo cada ensayo su respectivo grupo patrón.

\*\*Cada grupo de ratas consta de 6 individuos colocados en jaulas individuales.

mínimo abarca: proteína 16%, grasa 2.5%, fibra 8%, nutrientes digestibles 73%, humedad 12%, siendo la energía contenida de 2200 cal/Kg.

La presentación del "crece-lac" es en pellet. Para utilizarse se trituro en piedra de moler hasta su homogenización, para poder adicionarle la harina o el aceite en las concentraciones anteriormente mencionadas (Cuadro No.2). Se utilizaron ratas de 42 días para el tratamiento con harina de O. oleifera y ratas adultas (mayores de 60 días) para el aceite extraído de almendras crudas.

Las pruebas biológicas tuvieron una duración de 8 semanas, llevando control de aumento de peso y alimento ingerido por cada rata en cada semana (Anexo I).

Los métodos utilizados para el análisis estadístico son los siguientes: para establecer si existen diferencias significativas en los resultados obtenidos para las diferentes concentraciones y material de O. oleifera utilizada se aplicó  $\chi^2$  de Contingencia en los resultados en cuanto a mortalidad. Diferencias estadísticamente significativas indican que las diferencias obtenidas en los resultados tienen como causa principal la composición de la dieta.

Utilizando como variable el alimento ingerido por día en el tratamiento, se aplicó la diferencia de medios como "t de student", para determinar la diferencia entre los grupos tratados y el patrón.

Se aplicó el análisis de varianza para relacionar la cantidad de tóxico ingerido en los diferentes tratamientos con harina. Con los tratamientos de aceite se utilizó como variable el peso final de las tratadas y el patrón.

El análisis de regresión fue aplicado para determinar el grado de asociación de promedio de peso semanal por grupo entre las diferentes concentraciones; así como también la influencia del tóxico ingerido en el peso con respecto a los diferentes tratamientos. En el embrión se relacionó el promedio de peso obtenido en cada semana del tratamiento.

El desarrollo de los análisis estadísticos se muestran en el Anexo IV.

## RESULTADOS

El promedio de peso de los frutos maduros recolectados fue de 136.8 g  $\pm$  2.23; dentro de los cuales un 90% contenían tres semillas, cuyo peso promedio fue de 4.77 g  $\pm$  0.48; el peso promedio del tegumento fue de 2.57 g  $\pm$  0.12; almendra 2.2 g  $\pm$  0.08; endospermo 2.1 g  $\pm$  0.04 y embrión 0.1 g  $\pm$  0. Nótese que el endospermo tiene casi el 95% del peso total de la almendra (Cuadro 3).

Análisis Químicos

Los resultados del análisis químico proximal realizado a la semilla de Omphalea oleifera Hemsley, tanto en almendra cocida como en el endospermo y embrión crudo, se presentan detalladamente en el Cuadro 4. El mayor contenido de extracto etéreo se encuentra en el endospermo crudo, alcanzando un valor promedio de 57.16%  $\pm$  1.90.

Por otra parte, el mayor contenido de carbohidratos se encontró en el embrión 7.35% P/P, el endospermo sólo contenía 2.15% P/P.

En cuanto al contenido de humedad, la almendra cocida reportó el valor más elevado, sin duda, debido a la absorción de agua en el proceso de cocción.

El contenido de proteína en base a los resultados de análisis no presentó diferencias significativas, no obstante que en los tres casos sus valores fueron altos, aproximadamente 24% P/P (Cuadro 4).

Cuadro 3. Promedio de pesos de diferentes partes del fruto de Omphalea oleifera ("hoja de queso").

FRACCION	$\bar{X} \pm \sigma$ (g)
FRUTO	136.8 $\pm$ 2.23
SEMILLA CON TEGUMENTO	4.77 $\pm$ 0.48
TEGUMENTO	2.57 $\pm$ 0.12
ALMENDRA	2.20 $\pm$ 0.08
ENDOSPERMO	2.1 $\pm$ 0.04
EMBRIÓN	0.1 $\pm$ 0.00

Cuadro 4. Análisis Químico Proximal de la semilla seca de "hoja de queso" (Omphalea oleifera) y sus fracciones anatómicas. % P/P.

COMPONENTE	EMBRION $\bar{X} \pm \sigma$	ENDOSPERMO $\bar{X} \pm \sigma$	ALMENDRA COCIDA $\bar{X} \pm \sigma$
HUMEDAD %	0.90 $\pm$ 0.00	0.95 $\pm$ 0.00	2.45 $\pm$ 0.00
NITROGENO %	3.84 $\pm$ 0.01	3.81 $\pm$ 0.02	3.74 $\pm$ 0.0007
PROTEINA CRUDA %	24.00 $\pm$ 0.08	23.84 $\pm$ 0.13	23.40 $\pm$ 0.04
EXTRACTO ETEREO %	53.56 $\pm$ 0.69	57.16 $\pm$ 1.90	54.89 $\pm$ 0.18
CENIZAS %	2.83 $\pm$ 0.17	2.22 $\pm$ 0.02	2.16 $\pm$ 0.12
FIBRA CRUDA %	11.84 $\pm$ 0.56	12.16 $\pm$ 0.17	11.73 $\pm$ 0.14
CARBOHIDRATOS %	7.35 $\pm$ 1.88	2.15 $\pm$ 0.23	5.34 $\pm$ 0.16

PROTEINA CRUDA= N x 6.25

CARBOHIDRATOS= 100 -  $\sum$  (% humedad + % proteína cruda + % extracto etéreo + % cenizas + % fibra cruda).

A partir de las cenizas se determinaron los macronutrientes: fósforo, potasio, calcio, magnesio y los micronutrientes: hierro, cobre, cinc y manganeso.

En relación al contenido de minerales, la presencia de fósforo fue mayor en endospermo y embrión; así como la presencia de hierro y cinc (Cuadro 5).

### Germinación

De los cuatro métodos aplicados en el ensayo de germinación; solamente dio resultados el de semillas sembradas sin escarificar en suelo tratado con agua hervida y formalina al 10%; el tiempo necesario para que germinaran fue de 12 días; siendo el poder germinativo de la semilla de Omphalea oleifera de 33%.

Con respecto a los otros ensayos de germinación utilizados, ninguno fue efectivo, ya que las semillas fueron invadidas por los hongos: Penicilium sp, Aspergillus sp y Phisarum sp identificados en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la U.E.S.\*

---

\*Ing. Wigberto Lara. Jefe de la Cátedra de Microbiología, de la Fac. de Ciencias Agronómicas de la U.E.S. El Salvador, C. A.

Cuadro 5. Análisis de Micro y Macronutrientes de la semilla seca de "hoja de queso" (*Omphalea oleifera*) y sus fracciones anatómicas.

	EMBRION	ENDOSPERMO	ALMENDRA COCIDA
MACRONUTRIENTES	$\bar{X} \pm \sigma$ (%)	$\bar{X} \pm \sigma$ (%)	$\bar{X} \pm \sigma$ (%)
Fósforo	0.54 $\pm$ 0.02	0.54 $\pm$ 0.02	0.43 $\pm$ 0.00
Potasio	0.44 $\pm$ 0.01	0.73 $\pm$ 0.07	0.71 $\pm$ 0.01
Calcio	0.05 $\pm$ 0.007	0.06 $\pm$ 0.007	0.10 $\pm$ 0.007
Magnesio	0.11 $\pm$ 0.007	0.12 $\pm$ 0.00	0.11 $\pm$ 0.007
MICRONUTRIENTES	$\bar{X} \pm \sigma$ (p.p.m.)	$\bar{X} \pm \sigma$ (p.p.m.)	$\bar{X} \pm \sigma$ (p.p.m.)
Hierro	115.07 $\pm$ 3.49	95.87 $\pm$ 2.76	83.89 $\pm$ 3.56
Cobre	41.16 $\pm$ 2.17	30.70 $\pm$ 0.70	32.55 $\pm$ 0.25
Cinc	120.00 $\pm$ 4.52	97.08 $\pm$ 0.04	104.41 $\pm$ 3.65
Manganeso	12.10 $\pm$ 0.71	23.57 $\pm$ 1.90	26.54 $\pm$ 0.12

## Ensayo Biológico

El Cuadro 1 muestra la composición de la primera dieta aplicada en el tratamiento a ratas recién destetadas (21 días) las cuales sobrevivieron 7 días, por lo que se aplicó la misma dieta a ratas juveniles (42 días), observándose en ambos grupos durante el ensayo los siguientes signos clínicos: inflamación e irritación de las fosas nasales, extremidades inferiores inflamadas, diarrea, hipo, pérdida del equilibrio, ingesta abundante de líquidos, flatulencia y falta de apetito, lo que se tradujo en pérdida brusca de peso, volviéndolas débiles al extremo de postrarse en vez de caminar.

Las ratas juveniles además de los signos anteriores, presentaron decoloración del pelo alrededor de los ojos y orejas, heces sólidas cuya evacuación provocaba sangramiento alrededor del ano; la mayor parte del tiempo la pasaban colocando su cabeza debajo del abdomen dando la impresión de una bola, por pérdida del sentido de orientación.

La mortalidad en las ratas recién destetadas se dio a los 7 días, y en las juveniles a los 15 días. En ambos grupos la mortalidad fue del 100%.

En el Cuadro 2 se presenta la composición de la dieta con harina de la semilla en estudio suministrada a ratas juveniles y con aceite; a ratas adultas en el ensayo dos.

El resumen de datos por rata se presenta en los Cuadros 6 y 7; donde se presentan los tratamientos a diferentes concentraciones, el sexo, el peso inicial, alimento ingerido total, tóxico ingerido o aceite, peso final, diferencia de peso y días vividos por cada uno de los sujetos experimentales.

El Cuadro 8 muestra los promedios de peso semanal y alimento ingerido total por rata.

El mayor tiempo de vida se presentó en las concentraciones del 5% de los diferentes tratamientos; y entre éstos el más sobresaliente fue el de endospermo y los grupos que observaron menor tiempo de vida fue el de las concentraciones del 15% específicamente el de endospermo (Cuadro 9).

Todas las ratas alimentadas con endospermo en las diferentes concentraciones comenzaron a disminuir de peso a partir de la primera semana de iniciado el tratamiento.

El peso final de las ratas patrón juveniles, fue mayor comparado con las de los diferentes tratamientos con harina; lo mismo sucedió con el alimento ingerido (Cuadro 6).

Los signos de intoxicación presentados con el tratamiento de harina de endospermo, almendra cruda y cocida fueron: desequilibrio, decoloración del peso en todo el cuerpo, hipo, letargo, dificultad para permanecer con los ojos abiertos, inflamación del pene, sangramiento alrededor del ano y

agresividad al acercarse a los objetos o tocarlos a pesar de estar familiarizadas con el investigador; en especial las ratas alimentadas con la concentración del 5% manifestaron los signos a partir de la quinta semana y su mortalidad entre la sexta y octava semana; en las concentraciones del 10% los mismos signos se presentaron en la quinta semana y la mortalidad a partir de la cuarta, variando los resultados en la concentración del 15% en la que los síntomas y muerte se presentaron a partir de la tercera semana (Cuadro 9).

Los rangos de tóxico ingerido por rata se determinó como mínimo en 0.18 g para almendra cocida a una concentración del 5% y el máximo de 1.75 g para almendra cruda a una concentración del 15%; siendo este grupo el que perdió más peso (Cuadro 10).

Al obtener la media del tóxico ingerido por grupo y concentración en almendra cocida a una concentración del 5% bastó 0.28 g para provocar la muerte en tanto con almendra cruda a una concentración del 15% se necesitan 1.14 g (Cuadro 11).

Los grupos de ratas alimentados con dietas con aceite a concentraciones de 5, 10 y 15% no presentaron ningún signo de toxicidad, se mostraron con gran actividad contrario a las que se les aplicó tratamiento con harina. Su pelaje adquirió brillo y sedosidad, no observándose esto en las ratas patrón.

CUADRO 6. Resumen de datos obtenidos en los diferentes ensayos con harina de Omphalea oleifera en cada uno de los animales de experimentación.

Tratamiento: Endospermo Crudo 5% (8 semanas)							
# de rata	sexo	P.I.	A.I.T.	Tóxico ingerido	P.F.	Dif. de pes	Días vividos
1	M	119	947.5	47.37	90	-29	70
2	H	102.5	251.5	12.57	97	-5.5	20
3	M	108	428	21.4	92	-16	36
4	H	90	799	39.95	78	-12	70
5	M	93	918	45.9	106	13	62
6	H	105	900	45	97	-8	61
$\bar{X}$		102.916	707.66	35.36	93.33	-9.58	53.16
S		10.52	294.74	14.72	9.330	13.80	20.49
Tratamiento: Endospermo Crudo 10% (6 semanas)							
1	M	150	624	62.4	100	-50	41
2	M	165	615.5	61.5	123	-42	40
3	H	138	791.5	79.15	97	-41	41
4	H	149	625	62.5	91	-58	41
5	H	165	627	62.5	121	-44	40
6	H	140	767	76.7	99	-41	41
$\bar{X}$		151.16	675	67.45	105.16	-46	40.66
S		11.72	81.21	8.15	13.42	6.78	0.51
Tratamiento: Endospermo Crudo 15% (6 semanas)							
1	M	172	602	90.3	161	-11	41
2	M	92	362	54.3	75	-17	30
3	M	138	319	47.8	90	-48	26
4	H	136	314	47.1	89	-47	26
5	H	88	366	54.9	72	-16	30
6	H	138	358	53.7	89	-49	30
$\bar{X}$		127.33	386.83	58.01	96	-31.33	30.5
S		31.91	107.78	16.17	32.79	18.38	5.50
Tratamiento: Embrión 5% (6 semanas)							
1	M	167	888.5	44.42	170	-3	42
2	M	131	893.5	44.67	147	-16	42
3	M	965	732	36.60	114	-17.5	42
4	H	128	877	43.85	144	-16	42
5	H	165	875	43.75	175	-10	42
6	H	98	736.5	36.82	122	24	42
$\bar{X}$		130.91	833.75	41.68	145.33	-6.41	42
S		30.79	77.39	3.86	24.57	15.85	0

Tratamiento: Almendra Cruda 5% (8 semanas)

# de rata	sexo	P.I.	A.I.T.	Tóxico ingerido	P.F.	Dif. de peso	Días vividos
1	H	58	471.5	23.75	58	2	36
2	H	58	883.5	44.17	133	75	56
3	M	72	94	4.7	51	-21	8
4	H	61	958	47.9	126	65	56
5	M	50	885.5	44.27	105	55	56
6	M	54	125	62.55	126	71	56
<u>X</u>		58.83	757.21	37.85	100.16	41.33	44.66
S		7.38	409.39	20.44	50.72	40.82	19.66

Tratamiento: Almendra Cruda 10% (8 semanas)

1	M	64	1108.5	100.85	104	40	56
2	M	74	1060.5	105.05	119	45	56
3	H	57	1114.5	111.45	86	29	56
4	M	54	885.5	88.55	102	48	56
5	H	60	948.5	94.85	100	40	48
6	H	45	1101.5	110.15	115	70	56
<u>X</u>		59	1019.83	101.81	104.33	45.33	54.66
S		9.75	90.05	8.92	11.74	13.70	3.26

Tratamiento: Almendra Cruda 15% (8 semanas)

1	M	77	340.5	51.075	74	-3	34
2	M	75	864.5	129.675	101	26	50
3	M	67	425	63.75	60	-7	33
4	H	65	381.5	57.225	51	-14	27
5	H	67	980	147	84	17	56
6	H	55	308.5	46.275	48	-7	22
<u>X</u>		67.66	549.91	82.5	69.66	2	37
S		7.86	293.32	43.99	20.57	15.77	13.26

Tratamiento: Almendra Cocida 5% (8 semanas)

1	H	67	989.5	49.475	128	61	56
2	H	63	718	35.9	141	78	56
3	H	68	220.5	11.025	59.5	-8.5	21
4	M	135	972.5	48.625	177	42	56
5	M	146	1197	59.85	175	29	56
6	M	131	994.5	49.725	177	46	56
<u>X</u>		101.66	848.66	42.43	142.91	41.25	50.16
S		39.41	343.34	17.16	45.90	29.62	14.28

Tratamiento: Almendra Cocida 10% (8 semanas)

1	H	98	893.5	89.35	122	24	56
2	M	127.5	1028.5	102.85	167	39.5	56
3	H	110	317.5	31.75	89	-21	27
4	H	108	1130	103	100	-8	56
5	M	120	421.5	42.15	88	-32	35
6	M	120	404	40.4	82	-38	29
<u>X</u>		113.91	682.5	68.25	108.3	-5.99	43.16
S		10.60	335.82	33.58	32.18	31.30	14.30

Tratamiento: Almendra Cocida 15% (8 semanas)							
# de rata	sexo	P.I.	A.I.T.	Tóxico ingerido	P.F.	Dif. de peso	Días vividos
1	M	154	832	124.8	137	-17	56
2	H	113	368	51.2	73	-40	31
3	M	155	1118	167.5	151	-4	56
4	M	185	457	68.55	95	-90	35
5	H	156	311.5	46.725	88	-66	30
6	H	146	700.5	105.075	91	-55	54
$\bar{X}$		151.5	631.16	94.64	105.83	-45.66	43.66
S		23.12	311.10	46.60	30.80	32.06	12.90
Patrón juvenil							
1	H	109	830		178	69	
2	H	110.5	847.5		185	74.5	
3	H	105	948		174	74	
4	M	130	907.5		188	58	
5	M	144	935		198	54	
6	M	156	1003.5		211	55	
$\bar{X}$		125.75	911.95		189	64.08	
S		21.02	65.02		13.62	9.51	

P.I.: peso inicial (g)

P.F.: peso final (g)

A.I.T.: alimento ingerido total (g)

M: macho

H: hembra

Tóxico ingerido:  $\frac{\text{A.I.T.} \times \text{Concentración}}{100}$

equivalente a material derivado de O. oleifera

Dif. de peso: diferencia de peso (g)

$\bar{X}$ : promedio

S: desviación estándar

CUADRO 7. Resumen de datos obtenidos en los diferentes ensayos con aceite de Omphalea oleifera en cada uno de los animales de experimentación.

Tratamiento: Aceite Crudo 5% (8 semanas)						
# de rata	sexo	P.I.	A.I.T.	Aceite ingerido	P.F.	Dif. de peso
1	M	190	1132	58.3	241	-
2	F	246	1195	59.61	151	-
3	M	178	944.5	47.22	170	-4
4	M	256	1365	68.27	156	-21
5	H	211	1287	64.31	246	35
6	H	238	1320	66	220	-18
$\bar{X}$		219.83	1206.91	60.32	261.83	42
S		31.75	154.18	7.71	42.27	67.80
Tratamiento: Aceite Crudo 10% (8 semanas)						
1	H	225	1263	126.3	241	16
2	H	288	1204	120.4	334	46
3	M	298	1424	142.4	284	86
4	M	322	1265	126.5	337	15
5	M	299	939.5	93.95	355	56
6	H	232	12835	128.35	260	28
$\bar{X}$		277.33	1229.83	122.98	318.5	41.16
S		39.49	159.92	15.99	55.91	27.36
Tratamiento: Aceite Crudo 15% (8 semanas)						
1	H	202	1343	201.45	252	50
2	H	282	1151.5	172.725	342	60
3	H	161	1075	161.25	259	98
4	M	307	1245.5	186.825	328	21
5	M	350	1403	210.45	385	35
6	M	323	1378	206.7	267	-56
$\bar{X}$		270.83	1266	189.9	305.5	34.66
S		73.78	132.10	19.81	54.15	51.56
Patrón Adulto.						
1	H	273	1880		306	33
2	M	359	1485		321	-38
3	H	236	1357		255	19
4	M	354	1376.5		402	48
5	M	309	1426.5		325	16
6	H	219	1426.5		276	57
$\bar{X}$		291.66	1411.25		314.16	22.5
S		59.07	45.35		50.79	33.66

P.I.: Peso Inicial (g)

Aceite ingerido:  $\frac{A.I.T. \times \text{Concentración}}{100}$

P.F.: Peso Final (g)

equivalente a material

A.I.T.: Alimento ingerido total (g)

derivado de O. oleifera

Cuadro 8. Resumen de Promedios y desviación estándar de pesos iniciales, finales y alimento ingerido total por tratamiento de harina y aceite de Omphalea oleifera.

TRATAMIENTO	n	P.I. $\bar{X} \pm \sigma$	P.F. $\bar{X} \pm \sigma$	A.I.T. $\bar{X} \pm \sigma$
EMBRION	5	130.91 $\pm$ 30.79	141.31 $\pm$ 24.57	833.75 $\pm$ 77.39
ENDOSPERMO	5	102.91 $\pm$ 10.52	93.33 $\pm$ 9.33	707.76 $\pm$ 294.74
	10	151.16 $\pm$ 11.72	105.16 $\pm$ 13.42	675 $\pm$ 81.21
	15	127.33 $\pm$ 31.91	96 $\pm$ 32.79	386.83 $\pm$ 107.78
ALMENDRA CRUDA	5	58.83 $\pm$ 7.38	100.16 $\pm$ 36.71	757.25 $\pm$ 409.39
	10	59 $\pm$ 9.75	104.33 $\pm$ 11.74	1019.83 $\pm$ 90.05
	15	67.66 $\pm$ 7.86	69.66 $\pm$ 20.57	549.91 $\pm$ 293.32
ALMENDRA COCIDA	5	101.66 $\pm$ 39.41	142.91 $\pm$ 45.90	848.66 $\pm$ 343.34
	10	113.91 $\pm$ 10.60	108 $\pm$ 32.18	682.5 $\pm$ 335.82
	15	151.5 $\pm$ 23.12	105.83 $\pm$ 30.80	631.16 $\pm$ 311.10
PATRON JUVENIL		125.75 $\pm$ 21.02	189 $\pm$ 13.62	911.95 $\pm$ 65.02
ACEITE	5	219.83 $\pm$ 31.75	261.83 $\pm$ 42.27	1206.91 $\pm$ 154.18
	10	277.33 $\pm$ 39.49	318.5 $\pm$ 55.91	1229.83 $\pm$ 159.92
	15	270.83 $\pm$ 73.78	305.5 $\pm$ 54.15	1266 $\pm$ 132.10
PATRON ADULTO		291.66 $\pm$ 59.07	314.16 $\pm$ 50.79	1411.25 $\pm$ 45.35

P.I.: peso inicial (g)

P.F.: peso final (g)

A.I.T.: alimento ingerido total (g)

El Cuadro 7 presenta los resultados en cuanto a peso inicial, sexo, alimento ingerido total, aceite ingerido, peso final, diferencia de peso por rata y tratamiento; las ratas que presentaron un mayor aumento de peso fueron las sometidas a una dieta con una concentración del 15% de aceite de O. oleifera y las que tuvieron un menor aumento de peso fueron las del 5%; sin embargo, el grupo patrón alcanzó el menor peso final de todo el tratamiento tal como lo muestra la gráfica 5.

#### Análisis Estadísticos

El Cuadro 9 presenta el período y cantidad de ratas muertas en los diferentes tratamientos de harina.

Para determinar que las muertes fueron ocasionadas por tratamiento o al azar, se aplicó  $\chi^2$  de Contingencia a todos los grupos, como también se hizo por concentración, dando los siguientes resultados:  $\chi^2$  global = 42.184 para 10 grados de libertad con un nivel de significancia de 0.05; en tablas  $\chi^2 = 18.307$  lo que demuestra que los resultados tuvieron como causa la dieta proveída (Cuadro 12a).

El valor de  $\chi^2$  de contingencia, para las concentraciones de 5, 10 y 15% de harina de O. oleifera se muestran en los Cuadros 12b, 12c y 12d que también determinan que las muertes fueron ocasionadas por los tratamientos y no por algo imprevisto debido al azar.

En el análisis de varianza, se aplicó la variante alimento ingerido total x concentración / 100, es decir la cantidad de tóxico ingerido para los tratamientos con harina; obteniendo un valor de 5.28 indicando que sí es significativo; ya que el valor de las tablas con 9/50 grados de libertad y un valor de significancia de 0.05 es de 2.12 (Cuadro 13).

A los grupos que se les administró aceite para ver si era significativo el aumento de peso comparado con las ratas patrón, se les aplicó el análisis de varianza, obteniendo resultados no significativos los cuales se muestran en el Cuadro 14.

El Cuadro 15 muestra el análisis de varianza efectuado entre los grupos tratados con aceite, resultando una diferencia no significativa.

Cuadro 9. Número de ratas muertas por semana en cada grupo experimental con harina de Omphalea ciliifera.

TRATAMIENTO	CONCENTRACION	SEMANAS							TOTAL
		1	2	3	4	5	6	7	
ENDOSPERMA	5								7
	10				1	1	1	1	6
	15				2	3	1		6
ALMENDRA CRUDA	5		1				1	1	3
	10							1	5
	15			1	4				1
ALMENDRA COCCIDA	5			1					3
	10				2	1			2
	15					3			3
TOTAL DE RATAS MUERTAS									45

Número de ratas al inicio de los  
tratamientos anteriores: 54

Número de ratas muertas al final  
del tratamiento: 45

Número de ratas vivas al final  
del tratamiento: 9

Cuadro 10. Rango de tóxico ingerido\* de semilla Omphalea oleifera por rata y tratamiento en relación al peso final.

TRATAMIENTO	CONCENTRACION DE HARINA DE <u>Omphalea oleifera</u> (g)		
	5%	10%	15%
ENDOSPERMO	0.43 - 0.52	0.5 - 0.81	0.5 - 0.76
ALMENDRA CRUDA	0.38 - 0.48	0.89 - 1.29	0.69 - 1.75
ALMENDRA COCIDA	0.18 - 0.38	0.47 - 1.03	0.75 - 1.15

\*Tóxico ingerido por rata =  $\frac{\text{A.I.T.} \times \text{Concentración}}{\text{P.F.}} / 100$

A.I.T. = alimento ingerido total (g)

P.F. = peso final (g)

Cuadro 11. Promedio y desviación estándar de tóxico ingerido de semilla de Omphalea oleifera por grupo y tratamiento en relación al peso final.

TRATAMIENTO	CONCENTRACION DE HARINA DE <u>Omphalea oleifera</u> (g)		
	5% $\bar{X} \pm \sigma$	10% $\bar{X} \pm \sigma$	15% $\bar{X} \pm \sigma$
ENDOSPERMO	0.37 $\pm$ 0.16	0.64 $\pm$ 0.12	0.61 $\pm$ 0.10
ALMENDRA CRUDA	0.34 $\pm$ 0.13	0.98 $\pm$ 0.15	1.14 $\pm$ 0.35
ALMENDRA COCIDA	0.28 $\pm$ 0.07	0.61 $\pm$ 0.24	0.86 $\pm$ 0.24

Cuadro 12a. Tabla de Contingencia que presenta los valores de mortalidad observados y esperados para cada grupo experimental tratado con harina de Omphalea oleifera.

GRUPO		MUERTOS	VIVOS	TOTAL
Endospermo	5%	4 (4.09091)	2 (1.90909)	6
	10%	6 (4.09091)	0 (1.90909)	6
	15%	6 (4.09091)	0 (1.90909)	6
Embrión	5%	0 (4.09091)	6 (1.90909)	6
Almendra cruda	5%	3 (4.09091)	3 (1.90909)	6
	10%	6 (4.09091)	0 (1.90909)	6
	15%	6 (4.09091)	0 (1.90909)	6
Almendra cocida	5%	3 (4.09091)	3 (1.90909)	6
	10%	5 (4.09091)	1 (1.90909)	6
	15%	6 (4.09091)	0 (1.90909)	6
Patrón		0 (4.09091)	6 (1.90909)	6
TOTAL		45	21	66

Los números entre paréntesis indican los datos esperados.

$$\text{Fórmula utilizada: } \chi^2 = \frac{\sum (o-e)^2}{e}$$

Grados de Libertad= 10

Nivel de Significancia= 0.05

$\chi^2$  límite= 18.307

$\chi^2$  experimental= 42.184

Cuadro 12b. Tabla de Contingencia que presenta los valores de mortalidad observados y esperados para cada grupo experimental a una concentración del 5% de O. oleifera.

GRUPO	MUERTOS	VIVOS	TOTAL
Embrión	0 (2)	6 (4)	6
Endospermo	4 (2)	2 (4)	6
Almendra cruda	3 (2)	3 (4)	6
Almendra cocida	3 (2)	3 (4)	6
Patrón	0 (2)	6 (4)	6
TOTAL	10	20	30

Grados de libertad: 4

Nivel de significancia: 0.05

$\chi^2$  límite: 9.488

$\chi^2$  experimental: 10.5

Cuadro 12c. Tabla de Contingencia que presenta los valores de mortalidad observados y esperados para cada grupo experimental a una concentración del 10% de O. oleifera.

GRUPO	MUERTOS	VIVOS	TOTAL
Endospermo	6 (4.25)	0 (1.75)	6
Almendra cruda	6 (4.25)	0 (1.75)	6
Almendra cocida	5 (4.25)	1 (1.75)	6
Patrón	0 (4.25)	6 (1.75)	6
TOTAL	17	7	24

Grados de libertad: 3

Nivel de significancia: 0.05

$\chi^2$  límite: 7.815

$\chi^2$  experimental: 19.966

Cuadro 12d. Tabla de Contingencia que presenta los valores de mortalidad observados y esperados para cada grupo experimental a una concentración del 15% de O. oleifera.

GRUPO	MUERTOS	VIVOS	TOTAL
Endospermo	6 (4.5)	0 (1.5)	6
Almendra cruda	6 (4.5)	0 (1.5)	6
Almendra cocida	6 (4.5)	0 (1.5)	6
Patrón	0 (4.5)	6 (1.5)	6
TOTAL	18	6	24

Grados de libertad: 3

Nivel de significancia: 0.05

$\chi^2$  límite: 7.815

$\chi^2$  experimental: 24

Cuadro 13. Resumen de análisis de varianza (tóxico ingerido) entre los grupos tratados con semilla en forma de harina de Omphalca oleifera.

	ALMENDRA CRUDA			ALMENDRA COCIDA			ENDOSPERMO			EMERION	TOTALES
	5%	10%	15%	5%	10%	15%	5%	10%	15%		
1	22.575	100.850	51.075	49.475	89.550	124.800	47.375	62.400	90.300	44.425	5
2	44.175	106.00	129.675	35.900	102.850	55.200	12.575	61.550	54.300	44.675	5
3	4.700	111.450	63.750	11.025	31.750	167.500	21.400	79.150	47.850	43.850	5
4	49.900	88.550	57.225	48.625	103.000	68.550	39.950	62.500	47.100	43.850	5
5	44.276	94.850	147.000	59.850	42.150	46.725	45.900	62.700	54.900	43.750	5
6	62.550	110.150	46.275	49.725	40.500	105.076	45.000	76.700	53.700	56.825	5
$\Sigma$	229.175	611.850	495.000	254.600	409.590	567.850	212.200	405.000	548.150	250.125	5
$\bar{X}$	38.195	101.975	82.500	42.433	68.265	94.642	35.366	67.500	58.025	41.687	5
$\Sigma X^2$	10992.089	6298.472	50513.400	12277.125	35587.590	64601.413	8588.29375	27667.515	21568.512	10361.961	5
$\Sigma X^2$	8757.550	62593.403	40837.500	10503.526	27948.375	55742.270	7504.806	27537.500	22201.405	10477.080	5
$\Sigma X^2$	3138.559	405.068	9675.900	1473.598	5639.015	10859.143	1083.487	329.815	1806.908	74.875	5
$\Sigma 1$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

$$S^2 \text{ global} = \sqrt{52986.37142/50} = 659.727$$

$$*F \bar{X}^2 \text{ entre clases} = \frac{3485.517019}{5} = 5.283$$

$$\bar{X}^2 \text{ dentro de clases} = \frac{659.7271155}{5}$$

F de tablas = 2.12 con gl 9/50

\*\*ver Anexo IV



Cuadro 15. Resumen de análisis de varianza (peso final) entre los grupos tratados con aceite de Omphalea oleifera.

A C E I T E				
	5%	10%	15%	TOTALES
1	340	241	256	
2	256	334	342	
3	273	384	259	
4	236	337	328	
5	246	355	385	
6	220	260	267	
$\Sigma X$	1571	1911	1833	5312 $\Sigma X$
$\bar{X}$	261.83	318.50	305.50	885.83 $\bar{X}$
$\Sigma X^2$	420277.00	624287.00	574647.00	6119211 $\Sigma X^2$
$(\frac{\Sigma X}{n})^2$	411340.16	608653.50	559981.50	1579975.16 $(\frac{\Sigma X}{n})^2$
$\Sigma \bar{X}^2$	8936.83	15633.50	14665.50	39235.83 $Dg \Sigma \bar{X}^2$
gl	5	5	5	15 gl

$$S^2 \text{ global} = 39,235.8334/15 = 2615.722227$$

$$SD = \sqrt{2S^2/n} = 29.52807832$$

$$*F = \frac{X^2 \text{ entre clases}}{X^2 \text{ dentro de clases}} = \frac{5287.5579}{2615.722227} = 2.02$$

F de tablas con gl 2/15 = 3.68

nivel de significancia de 0.05

\*ver Anexo IV

Para determinar la diferencia entre los grupos tratados con harina de O. oleifera y el patrón, se aplicó la "t de student", utilizando como variable el alimento ingerido por día en el tratamiento, de lo que resultaron valores significativos mostrados en el Cuadro 16.

El gráfico 1 representa que a medida que aumenta la concentración, el peso disminuye, lo que implica que por cada 1.7% de harina de endospermo de semilla de Omphalea oleifera, hay una disminución de 1 gramo en el peso del sujeto experimental teniendo una media de peso inicial de 150.5 g. El mismo análisis se aplica a las gráficas 2 y 3.

La evolución del peso semanal de los sujetos tratados con embrión a una concentración del 5% se muestra en el gráfico 4, lo que explica que por cada semana de tratamiento hubo un aumento de 4.22 g con un promedio de peso inicial de 124.27 g.

La gráfica 5 muestra que por cada 0.55% de aceite de O. oleifera, se dio un aumento de peso de 1 g en las ratas de dicho tratamiento.

Cuadro 16. Análisis de la "t de student" en los tratamientos con harina de semilla de O. oleifera y el grupo patrón\*

GRUPOS		$\bar{X}$	SD	"t de student"***
Embrión	5%	19.85	0.897	2.072
Endospermo	5%	14.31	0.788	10.844
	10%	16.58	0.911	5.622
	15%	12.53	0.699	13.106
Almendra cruda	5%	15.98	1.491	3.844
	10%	18.68	0.823	3.678
	15%	14.30	1.198	6.179
Almendra cocida	5%	16.24	1.569	3.481
	10%	15.07	1.249	5.314
	15%	13.85	1.372	5.729
Patrón		21.71		

Grados de libertad: 10

Nivel de Significancia: 0.05

Valor límite: 1.812

\*Variable utilizada: alimento Ingerido/Días vividos = alimento diario

\*\*Valores experimentales de "t de student"

$$t \text{ de student} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{SD}$$

$$SD = \sqrt{\frac{S_1^2}{n} + \frac{S_2^2}{n}}$$

$\bar{X}_1$  : media de patrón

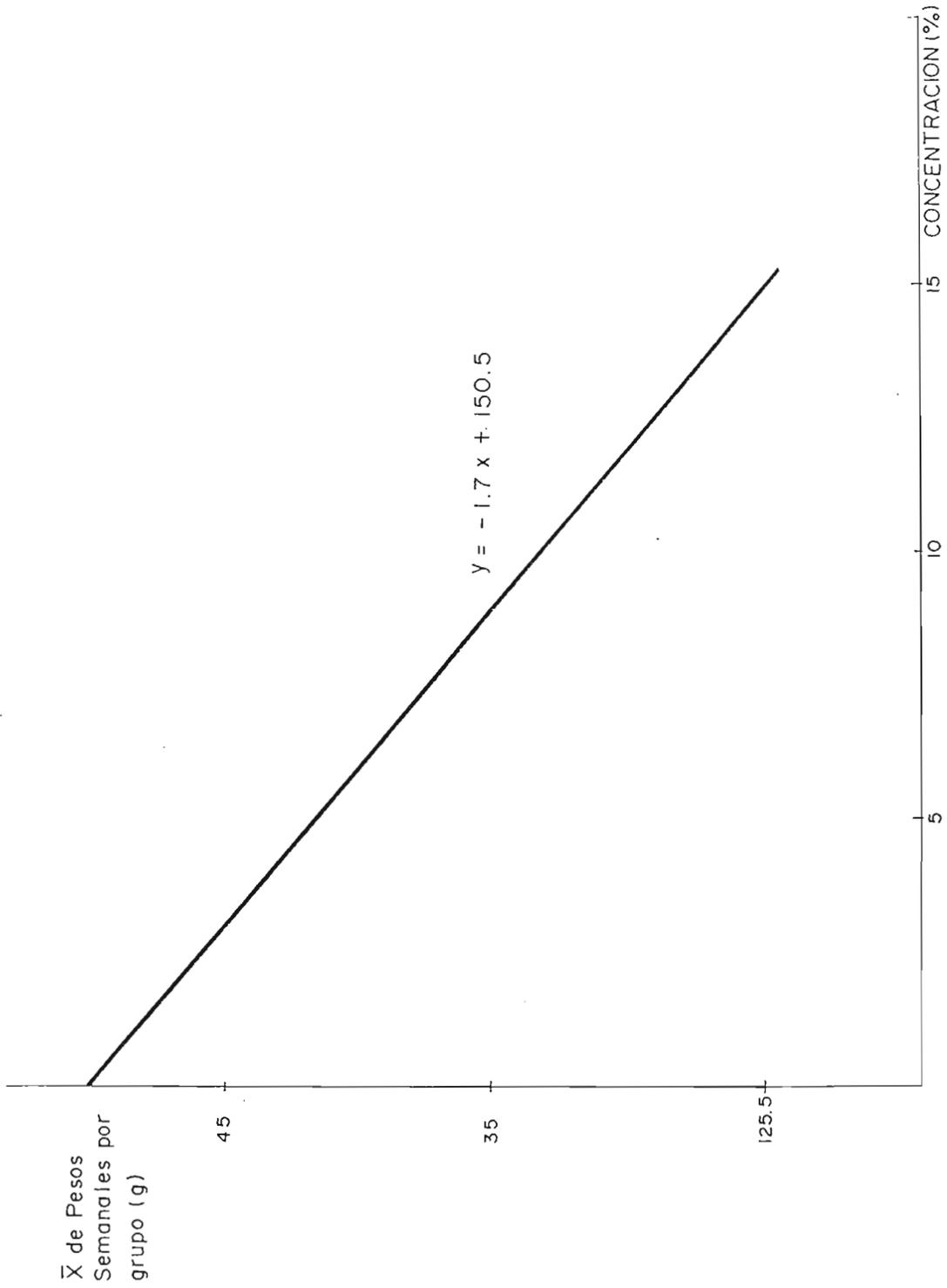
$\bar{X}_2$  : media de tratamiento

$S_1^2$  : varianza de patrón

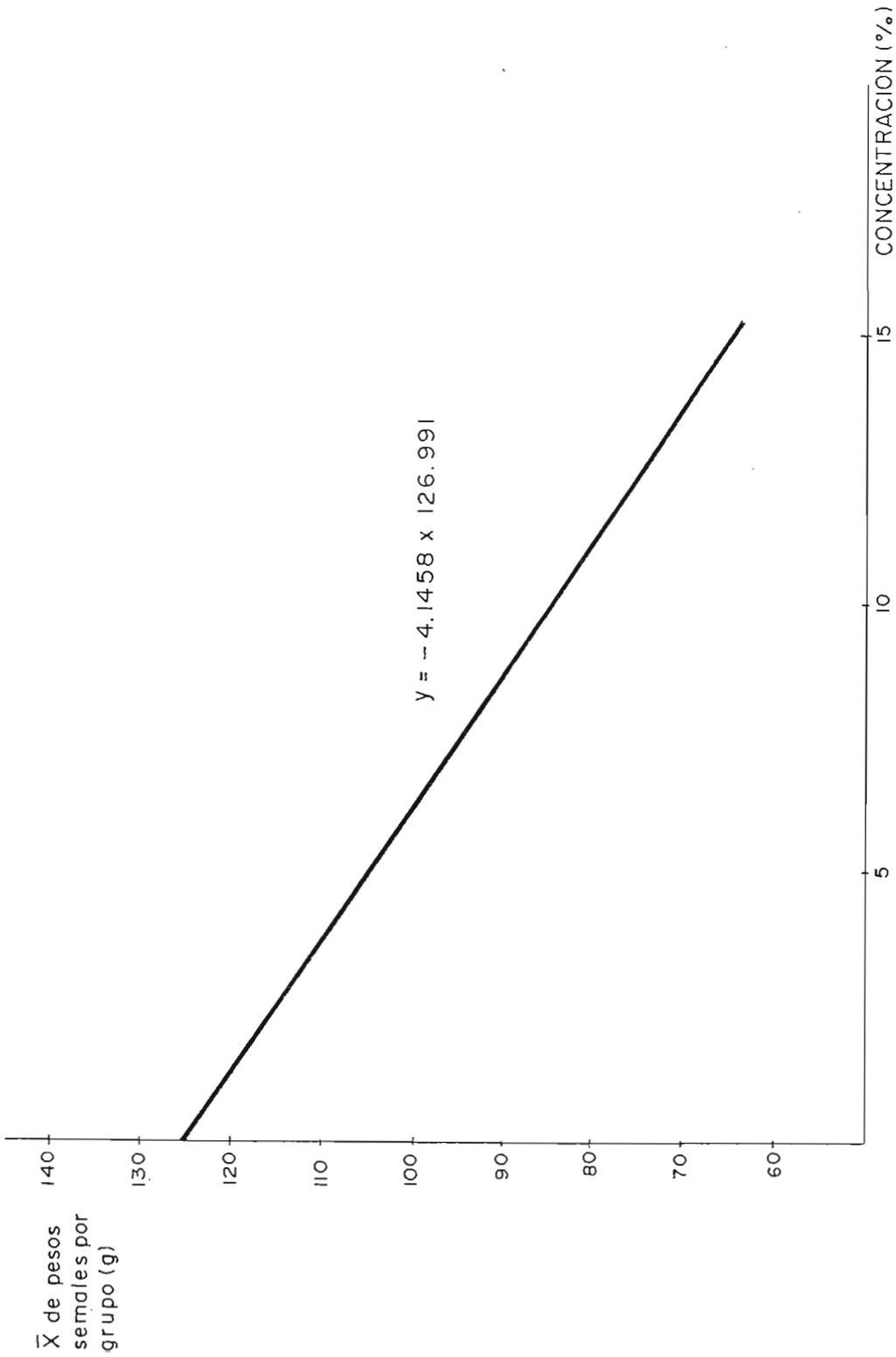
$S_2^2$  : varianza de tratamiento

n : 6

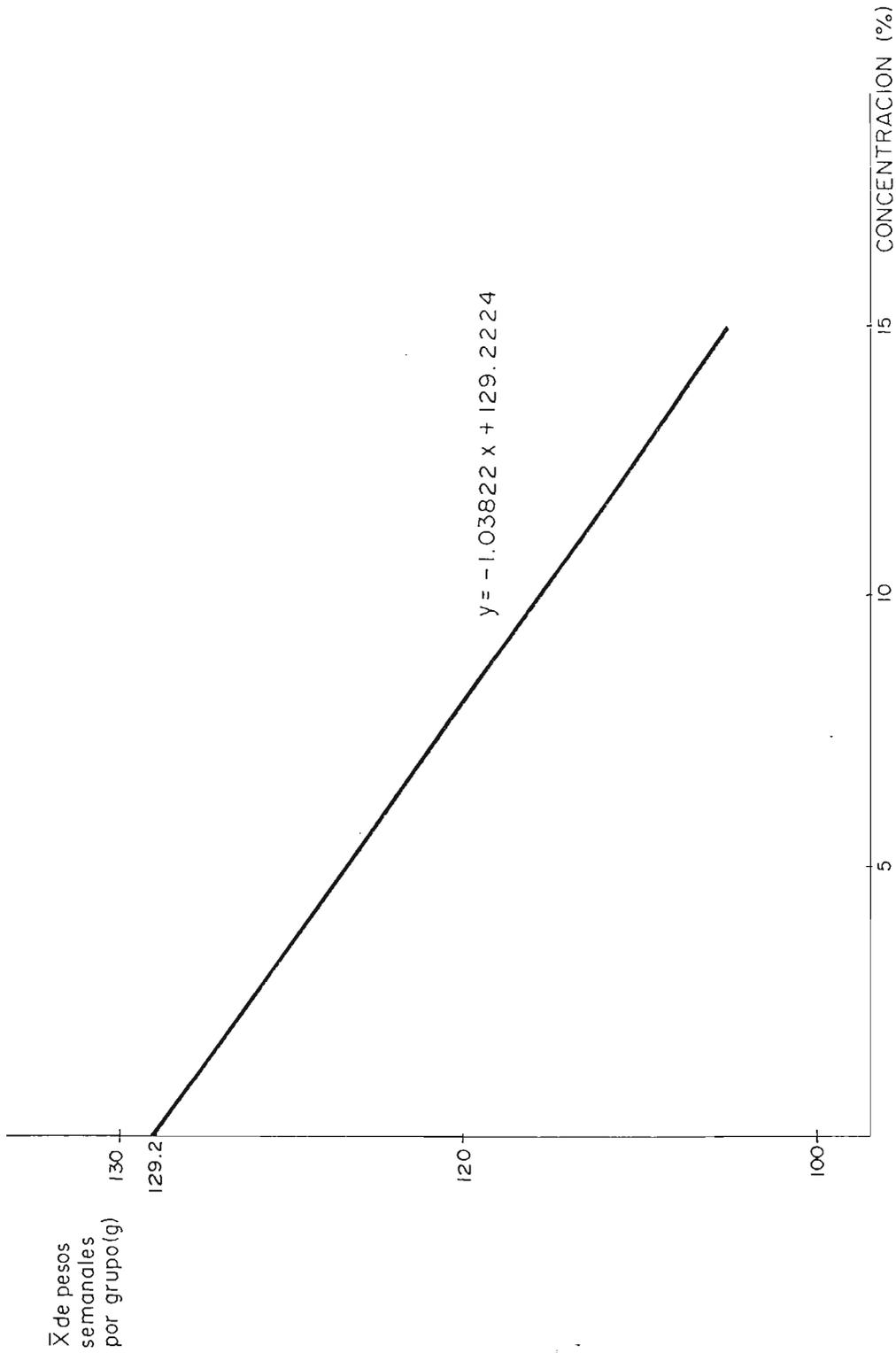
SD : porcentaje de error de desviación estándar



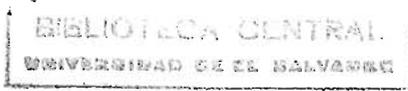
Gráfica 1. Efecto del endospermo de la semilla de O. oleifera en ratas juveniles mediante análisis de regresión.

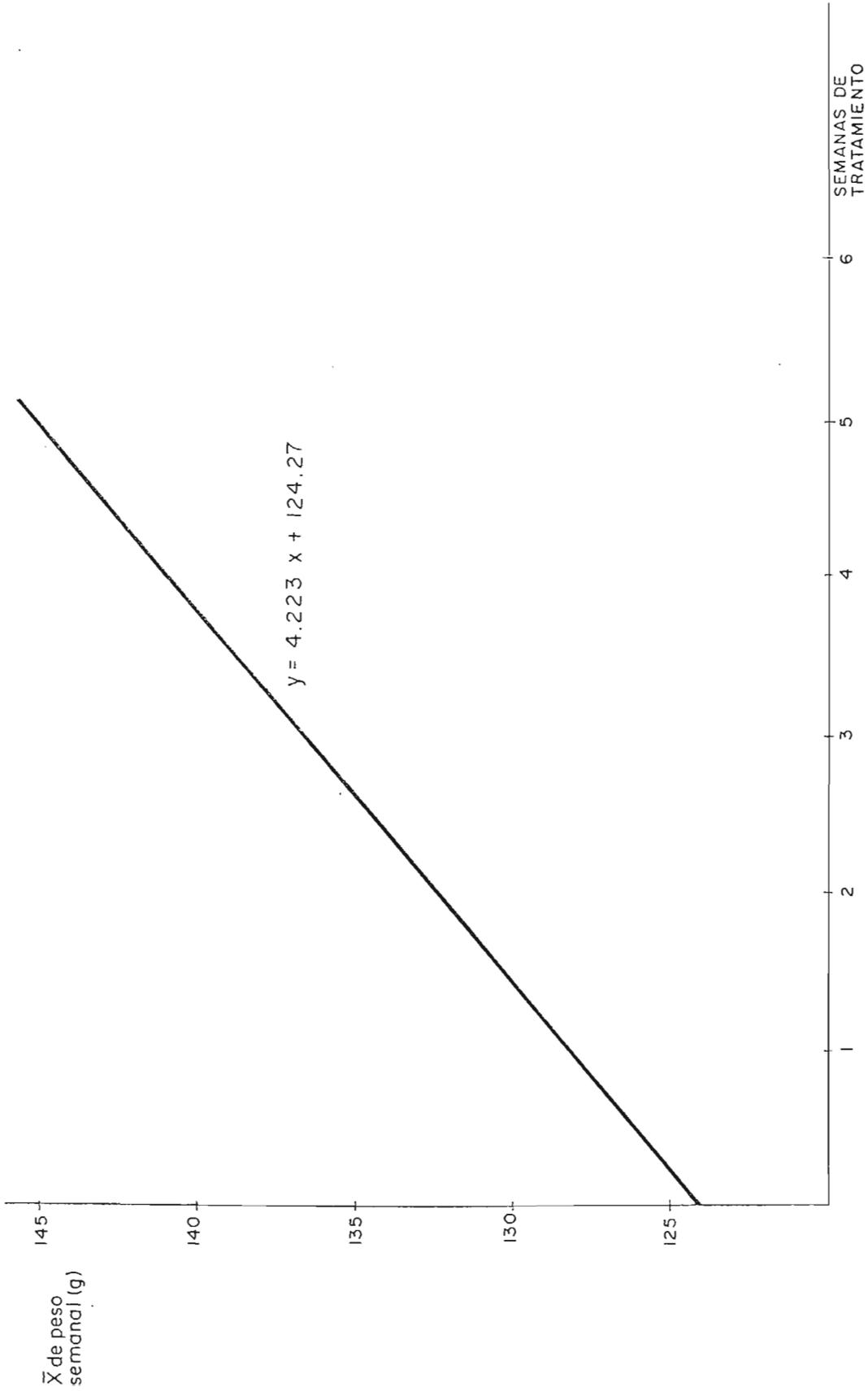


Gráfica 2. Efecto de almendra cruda de la semilla de O. oleifera en ratas juveniles mediante análisis de regresión.

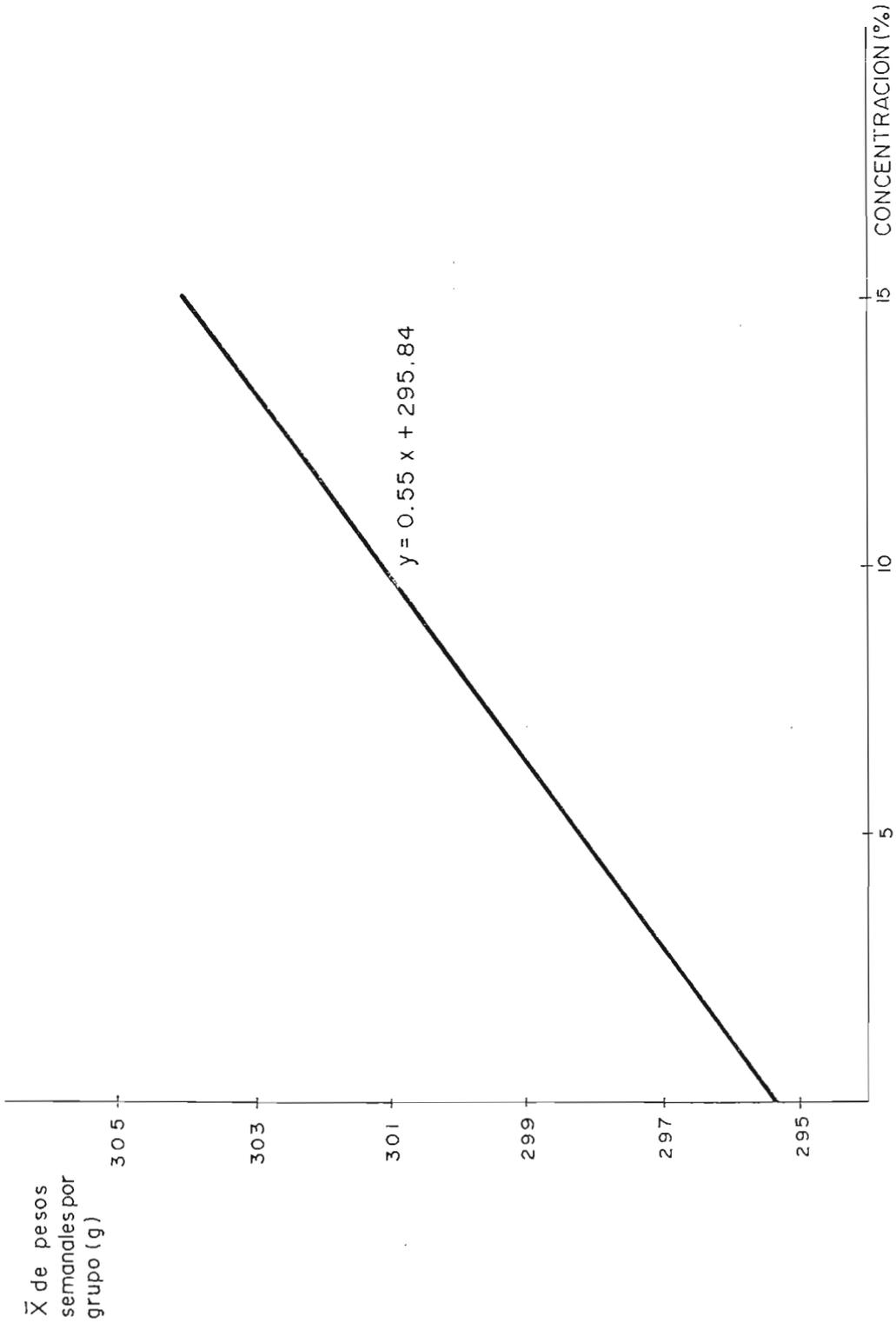


Gráfica 3. Efecto de almendra cocida de la semilla de *O. oleifera* en ratas juveniles median- te el análisis de regresión.





Gráfica 4. Efecto del embrión (5%) de la semilla de O. oleifera en ratas juveniles mediante análisis de regresión.



Gráfica 5. Efecto del aceite extraído de la semilla de O. oleifera en ratas adultas medianamente el análisis de regresión.

## DISCUSION

Composición Química

El análisis químico en las muestras utilizadas de embrión, endospermo y semilla cocida presentó un mayor porcentaje de extracto etéreo, siendo mayor en el endospermo; ya que en el embrión, por su función de dar origen a una planta, contiene mayor cantidad de carbohidratos que son la fuente primaria de energía y no así los lípidos (Villem, 1984); en cambio con la cocción de la almendra hubo una considerable pérdida de aceite, lo cual se detectó por el contenido de éste en el agua residual, no obstante el contenido de aceite fue alto (Cuadro 4, pág. 36).

En relación a la cantidad de proteína encontrada en este estudio, es baja comparada con las tortas de "soya" (52.05%) y "ajonjolí" (46.57%), (Herrera, et al, 1974), lo que no permite considerarla como fuente protéica pero sí como fuente calórica por la cantidad de grasa contenida en las diferentes partes de la almendra y en la almendra total (Cuadro 4, pág. 36).

Según Bidwell (1979) concentraciones altas de hierro y cobre en una planta provocan toxicidad al ingerir cualquiera de sus partes. Rosenstein (1983) explica que al ingerir altas cantidades de cinc y fósforo producen intoxicaciones graves.

Esta situación se presentó con la semilla de O. oleifera que alcanzan óptimos niveles de hierro cuyo rango de concentración detectada fue en el embrión 115.07, endospermo 95.87 y almendra cocida 83.89 los cuales se encuentran en el nivel óptimo (50-120 p.p.m.) y los valores de cobre, superiores a 20 p.p.m. correspondientes a niveles muy altos, según Bidwell (1979). (Cuadro 5, pág. 38).

Entre los macronutrientes analizados se encontró una alta concentración de fósforo mayor al óptimo que es de 0.12 a 0.16% (Bidwell, 1979). En cuanto al cinc, cuyo óptimo oscila entre 25 y 46 p.p.m., los valores encontrados en la semilla estudiada fueron muy elevados, por lo que podría utilizarse como fertilizante (Dra. Alicia Pineda, comunicación personal (Cuadro 5, pág. 38)).

### Germinación

La facultad de una semilla para germinar, depende del grosor del tegumento, de un escaso contenido de agua y de la presencia de almidón en vez de grasas como sustancias alimenticias de reserva (Viljee, 1984). Las oleaginosas pierden su poder germinativo porque se enrancian sus aceites; entendiéndose por poder germinativo de una semilla, la relación que existe entre el número de semillas sembradas y el número de las que germinan (Fuster & Rodríguez, 1965; Schery, 1956), de donde se deduce que el poder germi-

---

\*Dra. Alicia Pineda, 1985. Jefe de los Laboratorios del I.S.I.C. Santa Tecla, Depto. de La Libertad, El Salvador, C. A. (Q.D.D.G.).

nativo de Omphalea oleifera es mínimo ya que el contenido de aceite de la misma es alto; lo que también facilita la invasión de los hongos Penicillium sp., Aspergillus sp. y Phisarum sp. lo cual impidió la germinación debido a la putrefacción ocasionada por los anteriores, limitando nuestro ensayo en los diferentes estadios de germinación.

Un resultado curioso con respecto a la germinación de la semilla, obtenido en la constante observación de la germinación natural en el campo, es el que esta semilla normalmente germina dentro de la pulpa de los frutos en estado de putrefacción; situación que les permite estar fuera del contacto directo de la tierra y lluvia, encontrándose la relación de germinación en proporción inversa a la calidad de suelo. Es decir, en cuanto más degradado y pedregoso fue el suelo donde se pudrió el fruto, mayor fue el porcentaje de germinación; cuando las semillas caían directamente en el suelo, no germinaban.

### Ensayos Biológicos

El rechazo a la primer dieta se debió probablemente a la forma en que se les proporcionó el alimento (en polvo) ya que al introducir el hocico en el comedero, absorbían la harina a través de las fosas nasales, lo que les provocó irritación y secreción nasal. Según la Organización Panamericana de la Salud (1974), una de las regiones más sus

ceptibles de las ratas son las fosas nasales. Deduciendo entonces que este fue un factor influyente en la mortalidad temprana de ellas; sin embargo el poco alimento ingerido dio la impresión de ser rechazado lo que induce cierto margen de duda con respecto a los resultados obtenidos con la dieta I en el grupo juvenil, y en la que presentaron algunos de los mismos síntomas, a pesar de que éstas comieron en mayor cantidad y vivieron más tiempo.

Para suministrar la segunda dieta a base de "crece-lac" después de ser destetadas las ratas, se les alimentó solamente con este concentrado, a fin de evitar el aparente rechazo de la primer dieta y no tener dificultades al agregarles la harina o el aceite; está comprobado que las dietas "pellets" en este caso "crece-lac" son nutricionalmente balanceadas y no requieren suplementación (Organización Panamericana de la Salud, 1974).

En general a pesar de que las ratas con el tratamiento con harina aumentaron de peso; no es significativo este aumento comparado con las patrón juvenil; sin embargo el alimento ingerido fue menor que el consumido por las ratas patrón.

Por regla general, las ratas ingieren el alimento necesario para vivir, crecer y mantenerse; si el alimento les causa daño no lo comen en cantidades normales. Esto explica el por qué las ratas patrón ingirieron mayor cantidad de alimento que las de tratamiento con harina por lo tanto el aumento de peso de las ratas patrón fue mayor.

Los ensayos de toxicidad deben hacerse sobre lotes iguales en número de animales machos y hembras, ya que muy a menudo el sexo influye sobre la receptividad a los venenos (Fuhner, 1956). En este caso, aparentemente, el sexo no fue un factor que influyó en la toxicidad de la semilla del árbol de "hoja de queso".

Calderón & Standley (1941), Standley et al. (1946) y Witsberger et al. (1982) expresan que el embrión es tóxico, pero según nuestros resultados a una concentración del 5% con ratas juveniles por un período de 6 semanas no resultó serlo. Debido al tamaño y bajo peso del embrión no nos fue posible hacerlo por más tiempo y en las concentraciones del 10 y 15%; ya que se requieren grandes cantidades de semillas.

Avilés (1955), refiere que las semillas tostadas son comestibles, pero según nuestros resultados en almendra cocida hay toxicidad; sin embargo por ser acumulativo los síntomas, dependiendo de la concentración y cantidad de alimento consumido, aparecen semanas después de haber sido ingerido.

Una experiencia de ingestión por humanos de la semilla tostada, observada a través de nuestra investigación en un grupo de 3 jóvenes que ingirieron la semilla sin premeditación por los investigadores, ya que fue confundida con las semillas del fruto del "árbol de pan" (Arthocarpus comunis), reportó efectos notorios de toxicidad a las 12 horas des-

pués de haber sido ingeridas 10 semillas por personas, los cuales se presentaron con vómito, diarrea y dolor de estómago.

La harina de la semilla de "hoja de queso" en concentraciones del 5% provoca toxicidad en menor grado que a una concentración del 15% en ambos casos provoca la muerte; pero es más rápida en las concentraciones del 15%. Limita el crecimiento en ratas juveniles, en nuestros tratamientos las ratas patrón alcanzaron el tamaño adulto, no así las ratas con los diferentes tratamientos de harina.

Los tratamientos hechos en crudo son más tóxicos que los realizados en almendra cocida, específicamente en endospermo; sin embargo en la dieta con almendra cocida a una concentración del 15% se dio una pérdida alta de peso, lo que demuestra que la semilla presenta una toxicidad similar tanto cocida como cruda.

Al comparar la ingesta necesaria de aceite en las tres concentraciones y el control, la diferencia en cuanto a peso y alimento ingerido no es significativo, lo que indica que el aceite no las engorda ni las mata; pero sí vale la pena mencionar que la sedosidad y brillo del pelaje que presentan las ratas que ingirieron aceite en las diferentes concentraciones: 5, 10 y 15% no se observó en el grupo patrón adulto.

A pesar de que el alimento ingerido por las ratas tratadas con aceite fue menor que el grupo patrón adulto, al-

canzaron un peso mayor o igual que éstas, probablemente por el mayor contenido energético (9.3 Kcal/g) (Del Cid, 1980), y porque la cantidad de grasa contenida en el alimento determina el tiempo que éste permanece en el estómago antes de pasar al intestino y la sensación de hambre se presenta más tarde que al comer un alimento bajo en porcentaje en grasa (Scherman, 1943), el aceite utilizado en las raciones a diferentes concentraciones no mostró ningún síntoma de toxicidad en un período de 8 semanas de ingestión por ratas adultas. El peso máximo ganado se presentó en la concentración del aceite al 15% y el mínimo en las ratas patrón; es decir, que hay una concentración de aceite que les provoca un mayor aumento de peso. De lo anterior se deduce que el tóxico de la semilla no es liposoluble.

El aceite de O. oleifera no tiene propiedades semejantes a las del aceite de ricino como cita Calderón & Standley (1941), ya que en un período de 8 semanas con ratas adultas a concentraciones del 5, 10 y 15% no mostró efectos laxantes.

Adicionalmente al ensayo biológico de toxicidad por ingestión de aceite y los resultados discutidos, por accidente se dejó una muestra de aceite en condiciones ambientales naturales en envase de vidrio ámbar sin tapar, durante 16 meses, encontrándose al final del período que sus características de fluidez, coloración y estabilidad a la oxidación se mantuvieron sin ningún cambio.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos a través de la investigación, se han llegado a establecer las siguientes conclusiones: que los factores determinantes del grado de toxicidad por la ingestión de harina de semilla de Omphalea oleifera son: la concentración, cantidad de alimento ingerido y tiempo de administración.

Aparentemente en el ensayo biológico realizado, el sexo no fue un factor influyente para caracterizar la toxicidad, ya que al ser ingerido por ratas de laboratorio afectó por igual a machos y hembras.

En general, se comprobó que la pérdida de peso de los animales en experimento fue directamente proporcional a las concentraciones de harina en la dieta suministrada.

Además, de los resultados de toxicidad observados en los ensayos biológicos, los análisis estadísticos prueban: que los efectos de peso, alimento ingerido total y mortalidad, se deben a la toxicidad de la harina utilizada.

La harina del embrión suministrada a una concentración del 5% durante un período de 6 semanas, no resultó ser tóxica. No obstante, el alto contenido de cobre y cinc detectado en el análisis de minerales, permite sugerir se estudie con más profundidad para determinar sus efectos toxicológicos.

En base al alto contenido de extracto etéreo, la semilla de O. oleifera puede ser utilizada como fuente energéti

ca metabólica de excelentes perspectivas.

La industrialización de la semilla de O. oleifera como materia prima en el control de roedores en la agricultura es una posibilidad inmediata, sugiriendo concentraciones superiores a las del 15%. Por su alto contenido de minerales puede ser utilizado como fertilizante y plaguicida, ya que son compuestos orgánicos biodegradables que no perjudican el medio ambiente.

El aceite de semilla de O. oleifera no resultó ser tóxico al utilizarlo en las raciones alimenticias en concentraciones del 5, 10 y 15%, por el contrario la ganancia de peso observada en las ratas de laboratorio, fue proporcional a la concentración suministrada. Esto demuestra que el tóxico presente en la semilla, no es liposoluble.

El aceite de la semilla estudiada, no tiene propiedades análogas con el aceite de ricino, por no tener propiedades laxantes.

El aceite de la semilla de "hoja de queso" es el derivado industrial de mayor importancia y por las características de estabilidad y propiedades observadas se recomienda sea estudiado con mayor detalle para determinar sus perspectivas económicas en el procesamiento industrial a gran escala.

Debido a las condiciones bio-ecológicas en las cuales se desarrolla el árbol de Omphalea oleifera en forma natural, se recomienda sea considerado en los programas de fo-

restación de tierras marginales ya que además de proveer los beneficios de la actividad forestal, constituye una alternativa de fuente de materia prima para alimentar la industria del aceite en El Salvador.

## LITERATURA CITADA

- ALLEN, P.H. 1959. *Silva Cuscatlanica. Native and Exotic Tress of El Salvador*, Mimeografiado, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador, 183 pp.
- ANDINO, M. del C. 1959. Estudio sobre el aceite de "amati-  
llo" y posibles usos industriales Rauwolfia hetero-  
phylla. Facultad de Química y Farmacia, Universidad  
de El Salvador. (Tesis de Doctorado). 19 pp.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. 1975. *Official  
Methods of Analysis of the A.O.A.C. 12th. Ed. A.O.A.C.,  
Washington. 1094 pp.*
- AVILES, M.V. 1955. Estudio y aplicaciones farmacéuticas so-  
bre el aceite de la semilla "tambor" Omphalea oleife-  
ra. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de  
El Salvador. (Tesis de Doctorado). 43 pp.
- BIDWELL, R.G.S. 1979. *Fisiología Vegetal 2a. Ed. A.G.T. Edi-  
tor, S. A., Buenos Aires. 784 pp.*

- CALDERON, S. & P.C. STANDLEY. 1941. Lista Preliminar de las Plantas de El Salvador. 450 pp.
- CORDOVA, C.V. 1976. Fisiología Vegetal. Ediciones Madrid. 438 pp.
- DEL CID, J.W. 1980. Características químicas y nutricionales del aceite de semilla de "morro" (Crescentia alata) obtenido por prensa. Instituto Nutricional de Centro América y Panamá, C.E.S.N.A., Facultad de Química y Farmacia, Universidad de San Carlos, Guatemala. (Tesis de Maestría). 69 pp.
- DREISBACH, R.H. 1974. Manual de Envenenamientos, 2a. Ed. Editorial El Manual Moderno, S. A., México. 475 pp.
- FABRE, R., R. TRUHAUT & M. GRANIER-DOYEUX. 1962. Compendio de Toxicología. Tomo I. Imprenta Universitaria de Venezuela, Caracas. 464 pp.
- FAO, 1980. Las grasas y aceites en la nutrición humana. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma. 108 pp.
- FISHEIN-MORRIS, D. 1967. Enciclopedia Familiar de la Medicina y la Salud. Editorial H.J. Stuttman Co. Inc., New York. 804 pp.

- FOGG, G.E. 1973. El Crecimiento de la Planta. 2a. Ed. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires., 327 pp.
- FONT QUER, P. 1974. Botánica Pintoresca. Editorial Ramón Sopena, S. A., Barcelona. 719 pp.
- FUHNER, H. 1956. Toxicología Médica. 3a. Ed. Editorial Científico Médico, Barcelona. 275 pp.
- FUSTER, P.E. & T.A. RODRIGUEZ. 1965. Botánica. Editorial Kapeluz, S. A., Buenos Aires. 261 pp.
- GARCIA, B.H. 1975. Flora Nacional de Colombia. Botánica Médica. Tomo III. Bogotá. 538 pp.
- GILG, E. & P.N. SCHURHOFF. 1945. Botánica Aplicada a la Farmacia. 3a. Ed. Editora Nacional, S.A., México. 478 pp.
- GOODMAN, G.A., L.S. GOODMAN & A. GILMAN. 1982. Las Bases Farmacológicas de la Terapéutica. 6a. Ed. Editorial Médica Panamericana, México. 1756 pp.
- GUZMAN, D.J. 1975. Especies Útiles de la Flora Salvadoreña. Dirección de Publicaciones. Ministerio de Educación. San Salvador. 486 pp.

- HABER, A. & R. RUNYON. 1973. Estadística General. 2a. Ed. Editorial Fondo Educativo Interamericano, S. A., México. 321 pp.
- HERRERA, E.H., P.A. GIL & J. TOBAR. 1974. Influencia del procesamiento industrial sobre el valor nutritivo de las tortas de "ajonjolí", "algodón" y "soya" en Colombia. Vol. 10, No. 2. I.C.A. Bogotá. 200 pp.
- HOLDRIDGE, L. 1976. Zonas de Vida Ecológicas de El Salvador. PNUD/FAO/ELS. Documento de trabajo No. 6. San Salvador. 98 pp.
- KRAUSE, M.V. & M.A. HUNSCHER. 1975. Nutrición y Dietética en Clínica. 2a. Ed. Nueva Editorial Interamericana, S. A. de C. V., México. 678 pp.
- LEHNINGER, A. L. 1973. Bioquímica. Ediciones Omega, S. A., Barcelona. 887 pp.
- MAYER, A.M. & A. POLJAKOFF-MAYBER. 1975. The Germination of Seeds. 2nd. Ed. Pergamor Press. New York. 192 pp.
- MAZZANI, B. 1963. Plantas Oleaginosas. Salvat Editores, Barcelona. 433 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1979. Relaciones inherentes al control de materias primas y concentrados destinados a la alimentación y nutrición animal en El Salvador. División de Investigación de la Dirección General de Ganadería, San Salvador. 53 pp.

NAPIER, I. 1981. Aspectos Prácticos que inciden en la Germinación. Curso de Administración y Manejo de Viveros Forestales. Guatemala. 6 pp.

NATIONAL DAIRY COUNCIL. 1970. Current Research on Dietary Fatty Acids. National Dairy Digest. 41 (3).

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1966. Dietary Fat and Human Health. National Research Council, Washington D.C.

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. 1974. Manual para técnicos en animales de laboratorio. Organización para la Salud. Buenos Aires. 262 pp.

PAPADAKIS, J. 1960. Geografía Agrícola Mundial. Salvat Editores, S. A., Barcelona. 649 pp.

RAFOLS, W. 1964. Aprovechamiento Industrial de los Productos Agrícolas, Salvat Editores, S.A., Barcelona. 1016 pp.

- RAMOS, F. A. 1974. Estudio Agrológico. Proyecto de Rubicación del Cerrón Grande. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, El Salvador, 85 pp.
- REINA DE AGUILAR, M.L. 1977. Clasificación de los Bosques de El Salvador. Servicio de Parques Nacionales y Vida Silvestre, Publicación de Jardín Botánico La Laguna. 6 pp.
- ROSENSTEIN, EMILIO. 1983. Diccionario de Especialidades Farmacéuticas. 15a. Ed. Editorial Panamericana de libros de Medicina, S. A. México. 775 pp.
- SHERMAN, H.C. 1943. Essentials of Nutrition. 2a. Ed. Edition Mc Millan, New York. 300 pp.
- SCHERY, R.W. 1956. Plantas Utiles al Hombre. Botánica Económica. Salvat Editores, S. A., Barcelona, 756 pp.
- STANDLEY, P.C., J.A. STEYERMARK & L. WILLIAMS. 1946. Flora of Guatemala, Fieldiana. Botany. 24 (6): 139.
- VILLEE, C.A. 1984. Biología. 7a. Ed. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México. 803 pp.
- WATTIEZ, N. & F. STERNON. 1942. Elemento de Chimie Vegetale. Masson, Paris. 844 pp.

WILLIS, J.C. 1980. A Dictionary of the Flowering Plants & Ferns. 8nd. Ed. Cambridge University Press, Paris. 1245 pp.

WITSBERGER, D., D. CURRENT & E. ANCHER. 1982. Arboles del Parque Deininger. Dirección de Publicaciones, Ministerio de Educación, San Salvador. 243 pp.

## ANEXO I

## HOJA DE REGISTRO

TRATAMIENTO: ACEITE CRUDO 15%

SEMANA: 2

No. de rata	Sexo	P.I.	P.F.	Variación de peso	A.I.S.	Observaciones
1	H	188	205	17	152.5	
2	H	268	269	1	129	
3	H	170	178	8	126	
4	M	260	281	21	131	Pelo más brillante
5	M	309	312	3	136.5	
6	M	302	286	-16	113.5	

H: hembra

M: macho

P.I.: peso inicial (g)

P.F.: peso final (g)

A.I.S.: alimento ingerido semanal (g)

ANEXO II  
MEZCLA DE MINERALES\*

COMPONENTES	CANTIDAD (%)
$\text{CaCO}_3$	31.8%
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	35.7%
$\text{CaHPO}_4$	1.58%
$\text{MgSO}_4$	10.97%
$\text{NaCl}$	16.66%
CITRATO FERRICO	2.75%
$\text{KI}$	0.08%
$\text{MnSO}_4$	0.38%
$\text{CuSO}_4$	0.022%
$\text{ZnCl}_2$	0.022%

\*Comunicación personal con el Dr. Luis Elías Gonzaga. Director de Enseñanza del I.N.C.A.P. Guatemala, Guatemala. 1986.

## ANEXO III

## SOLUCION DE VITAMINAS\*

COMPONENTES	CANTIDAD (g y microgramo)
TIAMINA	0.6 g
RIBOFLAVINA	0.6 g
PIRIDOXINA	0.6 g
PANTETONATO DE CALCIO	2.0 g
NIACINA	1.0 g
BIOTINA	0.002 g
ACIDO FOLICO	0.004 g
INOSITOL	8.00 g
PARAMINO BENZOICO	6.00 g
VITAMINA K	0.2 g
VITAMINA B <sub>12</sub>	0.6 microgramos
CLORURO DE COLINA	30.0 g

Preparación: Se disuelve el Cloruro de Colina en 500 ml de agua destilada y las vitaminas con 500 ml de alcohol de 95°, luego se mezclan. Utilizar 5 ml para cada 100 g de dieta.

\*Comunicación personal con el Dr. Luis Elías Gonzaga. Director de Enseñanza del I.N.C.A.P. Guatemala, Guatemala. 1986.

ANEXO IV

ANALISIS ESTADISTICOS

$\chi^2$  Cuadrado.

$$\chi^2 = \sum \frac{(o - e)^2}{e} = 42.184 \quad \text{gl} = 10$$

nivel de significancia = 0.05

Análisis de Varianza.

Grupo Patrón	Grupo Aceite 5%
$\sum X_c = 1884$	$\sum X_t = 1571$
$\sum X_c^2 = 604556$	$\sum X_t^2 = 420277$
$n_c = 6$	$n_t = 6$

$$\sum X \text{ Total} = 3455$$

$$N = 12$$

$$\begin{aligned} \sum X_c^2 &= \sum X_c^2 - \frac{(\sum X_c)^2}{n} \\ &= 604556 - \frac{3549456}{6} \\ &= 12980 \\ \sum X_t^2 &= 420277 - \frac{2468041}{6} \\ &= 8936.8333 \end{aligned}$$

Suma de cuadrados dentro del grupo:

$$\begin{aligned}\sum X_w^2 &= X_c^2 + X_t^2 \\ &= 12980 + 8936.8333 \\ &= 21916.8333\end{aligned}$$

Suma de cuadrados entre grupos:

$$\begin{aligned}\sum X_b^2 &= \frac{\sum (X_c)^2}{n} + \frac{\sum (X_t)^2}{n} - \frac{\sum (X \text{ total})^2}{N} \\ &= \frac{3549456}{6} + \frac{2468041}{6} - \frac{11937025}{12} \\ &= \underline{591576} + \underline{411340.166} - \underline{994752.0833} \\ &= 8164.0834\end{aligned}$$

Grados de libertad dentro de grupos:  $gld = N - K$

$K =$  número de grupos

$gld = 10$

Grados de libertad entre grupos:  $gle = K - 1$

$gle = 1$

Estimación de Varianzas:

Dentro de grupos:

$$\hat{S}_w^2 = \sum X_w^2 / gld = 21916.8333 / 10 = 2191.68333$$

Entre grupos:

$$\hat{S}_B^2 = \sum X_B^2 / gle = 8164.0834 / 1 = 8164.0834$$

Determinación del Coeficiente F:

$$F = \hat{S}_B^2 / \hat{S}_w^2 = \frac{8164.0834}{2191.68333} = 3.725028743$$

Valor en la tabla de F con 0.05 de significancia = 4.98  
con gl 1/10

De lo anterior: 3.725028743 es menor que 4.98 por lo tanto no se considera significativa la diferencia entre los dos grupos.

"t de student"

Se tomó como variable el alimento ingerido por día

Fórmula utilizada:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{SD} \quad SD = \sqrt{\frac{S_1^2}{n} - \frac{S_2^2}{n}}$$

Ejemplo:

Patrón con Endospermo 15%

$$\bar{X}_1 = 21.71 \quad \hat{S}_1^2 = 2.00$$

$$\bar{X}_2 = 12.53 \quad \hat{S}_2^2 = 0.93$$

$$n = 6$$

$$SD = \sqrt{\frac{2.00}{6} - \frac{0.93}{6}}$$

$$SD = 0.69$$

$$t = \frac{21.71 - 12.53}{0.69}$$

$$t = 13.10$$

## Línea de Regresión

Se tomó como variable independiente las semanas de tratamiento y como variable dependiente los promedios de peso semanal por grupo en el caso de la harina de embrión de Omphalea oleifera. Para los tratamientos con harina de endospermo, almendra cruda y cocida como también aceite, se tomó como variable independiente las diferentes concentraciones y el promedio de peso semanal como la variable dependiente.

Fórmulas utilizadas:

$$Y = ax + b$$

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad b = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Ecuaciones obtenidas:

Harina de Embrión:  $Y = 4.22 x + 124.27$

Endospermo:  $Y = -1.7 x + 150.5$

Almendra Cruda:  $Y = -4.14 x + 126.99$

Almendra Cocida:  $Y = -1.03 x + 129.22$

Aceite:  $Y = 0.55 x + 295.84$

Fórmulas para el Cálculo de la tabla de análisis de varianza  
para los grupos tratados con aceite de O. oleifera.

Fuente de variación	grados de libertad	suma de cuadrados	cuadrado medio
Entre clases	$a - 1 = 2$	10575.115	5287.557
Dentro de clases	$a (n-1) = 15$	39235.833	2615.722
Total	$an - 1 = 17$	49810.9492	

$$a = 3 ; n = 6$$

Suma de Cuadrados dentro de clases. Ejemplo:

$$\begin{aligned}
 261.83 - 340 &= (-78.17)^2 = 6110.5489 + \\
 261.83 - 256 &= (5.83)^2 = 33.9889 \\
 261.83 - 273 &= (-11.17)^2 = 124.7689 \\
 261.83 - 236 &= (25.83)^2 = 667.1889 \\
 261.83 - 246 &= (15.83)^2 = 250.5889 \\
 261.83 - 220 &= (41.83)^2 = \underline{1749.7489} = \\
 &8936.8334
 \end{aligned}$$

Suma de Cuadrados entre clases para los tres ensayos:

$$\begin{aligned}
 &= n ( (\bar{X}_1)^2 + (\bar{X}_2)^2 + (\bar{X}_3)^2 - (\Sigma \bar{X})^2/a) \\
 &= 6 ( (261.83)^2 + (318.5)^2 + (305.5)^2 - (885.83)^2/3) \\
 &= 10575.1158
 \end{aligned}$$

$$\text{Cuadrado medio entre clases} = \frac{\text{Suma de cuadrados entre clases}}{a - 1}$$

$$= 10575.1158/2$$

$$= 5287.5579$$

$$F_{\text{exp}} = \frac{\text{media cuadrada entre clases}}{\text{media cuadrada dentro de clase o varianza global}}$$

$$F_{\text{exp}} = 2.021452372$$

$$F_{\text{límite}} = 3.68 \text{ gl } 2/15$$

$$\text{nivel de significancia} = 0.05$$