

AN  
T  
582.12  
012  
Ej. 1.

ESTUDIOS PRELIMINARES SOBRE LA POSIBILIDAD DE INDUSTRIALIZACION  
DEL RIZOMA DE HELIOTROPO (Hedichium coronarium K.)

Por

LUIS ALBERTO OBANDO ENRIQUEZ  
HERNAN ORTIZ JURADO

Tesis de Grado presentada como requisito parcial  
para optar al título de  
INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis  
FRANCISCO CITELLY PADILLA I. Agric., M. Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PASTO - COLOMBIA

1978

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION  
PROCESOS TECNICOS

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Artículo 10. del Acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**  
BIBLIOTECA Y CEMENTACION

No. <u>20464</u>	Ej. <u>1</u>
Valor. <u>\$ 1.200 -</u>	Vol. ....
Fecha. <u>IV - 6 - 78</u>	Don. <u>X</u>
Fac. <u>Agropecuaria</u>	Canje. ....
Librería. <u>Antes</u>	Comp. ....

A ALBERTO E HILDA

A MIS HERMANOS

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE TIENEN  
ESPIRITU DE SUPERACION

DEDICO :

LUIS ALBERTO OBANDO ENRIQUEZ

AGRADECIMIENTOS A :

FRANCISCO CITELLY PADILLA I. Agric., M. Sc.

EFREN CORAL QUINTERO I.A., M. Sc.

VICTOR MONTENEGRO GALVEZ I.A., M. Sc.

EDMUNDO GERON RAMIREZ I.A., M. Sc.

OLGA SALAZAR DE BENAVIDES I.A.

ERNESTO LUQUE TURRIAGO I.Q.

ALIRIO NARVAEZ FLOREZ I.A.

BENJAMIN SANUDO SOTELO I.A.

BERNARDO MARTINEZ SANTACRUZ I.A.

MIGUEL VIVEROS ZARAMA I.A.

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

AZAEEL MEZA MARTINEZ

BOLIVAR CHACON BASTIDAS

IGNACIO ESCANDON BRAVO

LUCY AGUILERA RIASCOS

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar,  
ICBF, Bogotá.

Instituto Colombiano Agropecuario, ICA  
Laboratorio de Suelos de la Facultad de  
Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

A GERARDO Y MARIA MERCEDES

A PIEDAD

A MIS HERMANOS

*DEDICO :*

**HERNAN ORTIZ JURADO**

AGRADECIMIENTOS A :

FRANCISCO CITELLY PADILLA I. Agric., M. Sc.  
EFREN CORAL QUINTERO I.A., M. Sc.  
VICTOR MONTENEGRO GALVEZ I.A., M. Sc.  
EDMUNDO GERON RAMIREZ I.A., M. Sc.  
OLGA SALAZAR DE BENAVIDES I.A.  
ERNESTO LUQUE TURRIAGO I.Q.  
ALIRIO NARVAEZ FLOREZ I.A.  
BENJAMIN SANUDO SOTELO I.A.  
BERNARDO MARTINEZ SANTACRUZ I.A.  
MIGUEL VIVEROS ZARAMA I.A.  
FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA  
AZAEL MEZA MARTINEZ  
BOLIVAR CHACON BASTIDAS  
IGNACIO ESCANDON BRAVO  
LUCY AGUILERA RIASCOS

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar,  
ICBF, Bogotá.

Instituto Colombiano Agropecuario, ICA

Laboratorio de Suelos de la Facultad de  
Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION . . . . .	1
II. REVISION DE LITERATURA . . . . .	3
2.1 Usos de las Zingiberáceas . . . . .	4
2.2 Ecología de la planta . . . . .	5
2.2.1 Localización . . . . .	5
2.2.2 Suelos . . . . .	5
2.3 Almidones . . . . .	5
2.3.1 Estado natural . . . . .	5
2.3.2 Propiedades físicas y químicas generales . . . . .	7
2.3.3 Extracción . . . . .	9
2.3.4 Usos y aplicaciones . . . . .	10
2.4 Aceites esenciales . . . . .	11
2.5 Alcaloides . . . . .	13
III. MATERIALES Y METODOS . . . . .	15
3.1 Trabajo de campo . . . . .	15
3.1.1 Observaciones previas . . . . .	16
3.1.2 Recolección de rizomas . . . . .	16
3.2 Extracción del almidón . . . . .	16
3.2.1 Descortezado . . . . .	16
3.2.2 Pesaje inicial y rallado . . . . .	16
3.2.3 Lavado y filtrado . . . . .	17
3.2.4 Decantado . . . . .	17
3.2.5 Secado . . . . .	17
3.2.6 Pesaje final . . . . .	18
3.3 Análisis bromatológico . . . . .	18
3.4 Aplicaciones . . . . .	18

	Pág.
3.4.1 Prueba de pegantes . . . . .	18
3.4.2 Prueba de panificación . . . . .	19
3.5 Extracción de aceite esencial . . . . .	19
3.5.1 Funcionamiento . . . . .	19
3.5.1.1 Análisis cualitativo . . . . .	20
3.6 Prueba de carbohidratos . . . . .	20
3.6.1 Pruebas de reconocimiento . . . . .	20
3.6.1.1 Reacción con yodo . . . . .	20
3.6.1.2 Observación al microscopio . . . . .	20
3.6.1.3 Otras pruebas . . . . .	21
3.7 Pruebas de colorimetría . . . . .	21
3.7.1 Ensayos cualitativos . . . . .	21
3.8 Prueba de toxicidad . . . . .	21
3.8.1 Raciones . . . . .	21
3.8.2 Composición de las raciones . . . . .	22
3.8.3 Construcción de corrales . . . . .	22
3.8.4 Diseño experimental . . . . .	22
3.8.5 Realización . . . . .	24
3.8.5.1 Controles . . . . .	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	25
4.1 Generalidades . . . . .	25
4.1.1 Ubicación . . . . .	25
4.1.2 Especies importantes de la zona . . . . .	25
4.1.3 Encuestas en la región . . . . .	29
4.1.4 Otras observaciones . . . . .	29
4.1.5 Recolección de rizomas . . . . .	30
4.2 Extracción del almidón . . . . .	30

	Pág.
4.2.1 Baidado . . . . .	30
4.2.2 Lavado y filtrado . . . . .	37
4.2.3 Decantado . . . . .	37
4.2.4 Secado . . . . .	38
4.2.5 Discusión . . . . .	38
4.3 Análisis bromatológico . . . . .	39
4.3.1 Discusión . . . . .	39
4.3.1.1 Almidón . . . . .	39
4.3.1.2 Torta . . . . .	41
4.4 Prueba de carbohidratos . . . . .	41
4.4.1 Discusión . . . . .	41
4.4.2 Observaciones al microscopio . . . . .	44
4.5 Prueba de panificación . . . . .	44
4.6 Prueba de pegantes . . . . .	52
4.7 Extracción de aceite esencial . . . . .	54
4.7.1 Densidad e índice de refracción . . . . .	54
4.7.2 Olor . . . . .	54
4.7.3 Rendimiento . . . . .	54
4.8 Prueba de alcaloides . . . . .	56
4.8.1 Colorimetría . . . . .	56
4.8.1.1 Torta . . . . .	56
4.8.1.2 Almidón . . . . .	56
4.8.2 Análisis espectrofotométrico . . . . .	56
4.8.2.1 Discusión . . . . .	58
4.9 Prueba de toxicidad . . . . .	58
4.9.1 Incremento de peso . . . . .	61
4.9.2 Eficiencia alimenticia . . . . .	61
4.9.3 Sintomatología externa . . . . .	62

	pág.
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	63
VI. RESUMEN . . . . .	66
SUMMARY . . . . .	67
VII. BIBLIOGRAFIA . . . . .	68
APENDICE . . . . .	71

1. <i>El cultivo de la caña de azúcar (I)</i> en las zonas de cultivo y zona de cultivo . . . . .	28
2. <i>El cultivo de la caña de azúcar</i> en las zonas de cultivo, ser- vicio de riego y . . . . .	34
3. <i>El cultivo de la caña de azúcar</i> en las zonas de cultivo . . . . .	40
4. <i>El cultivo de la caña de azúcar</i> en las zonas de cultivo . . . . .	46
5. <i>El cultivo de la caña de azúcar</i> en las zonas de cultivo . . . . .	52
6. <i>El cultivo de la caña de azúcar</i> en las zonas de cultivo . . . . .	58
7. <i>El cultivo de la caña de azúcar</i> en las zonas de cultivo . . . . .	64
8. <i>El cultivo de la caña de azúcar</i> en las zonas de cultivo . . . . .	70

ILUSTRACIONES

pág.

pág.

FIGURA 1.	Aspecto general de una zona característica de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.). . . . .	26
FIGURA 2.	Detalle de una planta de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.) . . . . .	27
FIGURA 3.	Flor de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.) de características ornamentales y aroma agradable . . . . .	28
FIGURA 4.	Rizomas de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.). Izquierda : estado de posfloración; derecha : estado de prefloración . . . . .	34
FIGURA 5.	Rizoma de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.), representativo del estado de floración . . . . .	35
FIGURA 6.	Rizomas adultos (posfloración), recientemente cosechados . . . . .	36
FIGURA 7.	Torta obtenida de rizomas de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.) en sus tres estados . . . . .	42
FIGURA 8.	Almidón de rizomas de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.): A. Prefloración; B. Floración; C. Posfloración . . . . .	45
FIGURA 9.	Cristales de almidón de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.) vistos al microscopio. Aumento : 25 x 16 . . . . .	46

	Pág.
FIGURA 10. Cristales de almidón de achira ( <u>Canna edulis</u> K.) vistos al microscopio. Aumento : 25 x 16	47
FIGURA 11. Cristales de almidón de frijol ( <u>Phaseolus vulgaris</u> L.) vistos al microscopio. Aumento : 25 x 16 . . . . .	48
FIGURA 12. Cristales de almidón de yuca ( <u>Manihot esculenta</u> ) vistos al microscopio. Aumento : 25 x 16	49
FIGURA 13. Cristales de almidón de trigo ( <u>Triticum vulgare</u> L.) vistos al microscopio. Aumento : 25 x 16 . . . . .	50
FIGURA 14. Análisis espectrofotométrico del aceite esencial de heliotropo ( <u>Medichium coronarium</u> K.)	59

TABLAS

		Pág.
TABLA	I. Drogas obtenidas de la familia Zingibera - ceae . . . . .	6
TABLA	II. Composición de las raciones alimenticias uti- lizadas en la prueba de toxicidad del helio- tropo, en pollitas Sex Link . . . . .	23
TABLA	III. Dimensiones del rizoma en estado de preflora- ción . . . . .	31
TABLA	IV. Dimensiones del rizoma en estado de flora - ción . . . . .	32
TABLA	V. Dimensiones del rizoma en estado de posflora- ción . . . . .	33
TABLA	VI. Análisis bromatológico del almidón y torta de heliotropo, en tres estados de crecimen- to . . . . .	40
TABLA	VII. Pruebas realizadas al almidón de heliotropo . . . . .	43
TABLA	VIII. Características del pan de heliotropo . . . . .	51
TABLA	IX. Engrudo de almidón de heliotropo como pegante . . . . .	53
TABLA	X. Características del aceite esencial del rizo- ma de heliotropo . . . . .	55
TABLA	XI. Respuesta colorimétrica a la presencia de al- caloides . . . . .	57

	PÁG.
TABLA XII. Resultados de la espectroscopía ultravioleta	60
APENDICE	
TABLA I. Especies importantes en la zona de Ricaurte .	1
TABLA II. Análisis de suelo proveniente del Municipio de Ricaurte (Nariño) . . . . .	3
TABLA III. Composición promedia de los rizomas de heliotropo en diferentes estados de maduración en base a 1.000 g . . . . .	4
TABLA IV. Incremento de peso en pollitas Sex Link, alimentadas con diferentes niveles de torta de heliotropo (g) . . . . .	5
TABLA V. Análisis de variancia correspondiente al incremento de peso en las cuatro raciones alimenticias . . . . .	6
TABLA VI. Comparación de medias de incremento de peso en las cuatro raciones alimenticias. Prueba de Tukey . . . . .	7
TABLA VII. Convertibilidad en pollitas Sex Link, alimentadas con diferentes niveles de torta de heliotropo (g) . . . . .	8
TABLA VIII. Análisis de varianza correspondiente a la convertibilidad en las cuatro raciones . . .	9

ESTUDIOS PRELIMINARES SOBRE LA POSIBILIDAD DE INDUSTRIALIZACION  
DEL RIZOMA DE HELIOTROPO (Hedichium coronarium K.) (1)

Por

LUIS ALBERTO OBANDO ENRIQUEZ  
HERNAN ORTIZ JURADO

I. INTRODUCCION

La riqueza de la flora en el trópico guarda en campos y selvas, multitud de plantas que pasan indiferentes a los ojos de los agricultores.

El presente trabajo pretende estudiar la utilización de la planta llamada vulgarmente, heliotropo (Hedichium coronarium K.), considerada una maleza de difícil erradicación. Su amplia distribución en el bosque Subtropical y Tropical húmedo del Departamento de Nariño atrae a realizar estudios profundos de su contenido, especialmente en almidones, fuentes energéticas de alto grado, y su posible utilización en la fabricación de pan u otros productos similares.

La zona de estudio corresponde al Municipio de Ricaurte, distante unos 142 Km por la carretera que conduce de Pasto a Tumaco. Dicha zona constituye un buen sitio de estudio de heliotropo, por estar bien diseminado. La

(1) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Francisco Citelly Padilla I. Agric., M. Sc., a quien los autores expresan su agradecimiento.

misma se reporta en otros sitios de Colombia, como en la Intendencia del Putumayo, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca.

Los objetivos más importantes del presente trabajo son los siguientes :

1. Estudiar el medio ambiente donde se desarrolla la planta de heliotropo, o sea tipo de suelo, temperatura ambiente, asociación con otras plantas, humedad relativa, así como la descripción y clasificación botánica de la planta

2. Estudiar el proceso de extracción del almidón presente en el rizoma del heliotropo

3. Determinar la composición química y cualidades nutricionales e industriales de la torta y almidón, así como realizar estudios preliminares en la extracción de aceite esencial y alcaloides obtenidos del rizoma de heliotropo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

El heliotropo (Medichium coronarium K.) es una planta herbácea perenne, común en suelos húmedos. La raíz es fibrosa y el tallo es erecto, de 1 a 1,50 m de altura, y produce rizomas carnosos. Las hojas son verde oscuras, linear-lanceoladas, de 50 cm de largo por 5 cm de ancho y pubescentes en el envés. La inflorescencia es un racimo con flores blancas; el fruto es una cápsula. Se reproduce por medio de semillas y rizomas (4).

De acuerdo a informaciones personales (\*) se sabe que esta planta originaria del Asia e Islas Málagas, posee flores dispuestas en espigas terminales de 15 a 30 cm de largo con amplias brácteas dispuestas en forma umbricada, ovaladas u oblongas y largas. El cáliz es cilíndrico, tridentado o lobulado. La corola se asemeja a un tubo delgado casi imperceptible con segmentos lineales esparcidos. Las anteras se encuentran unidas; los estaminodios son laterales y posee una cápsula globosa trivalvada.

Pertenece a la clase Monocotyledoneae, Orden Scitamineae y Familia Zingiberaceae, cuyo nombre científico es Medichium coronarium K. Se conoce con los siguientes nombres vulgares: Jazmín Cimarrón, Narciso, Heliotropo, Jengibrillo (\*).

Wilson y Loomis (26) dicen que las flores de esta familia son dorsiventrals, pero solamente con un estambre fértil, el mediano del verticilo interno. Los otros dos estambres del mismo verticilo son petaloides, concrecentes y constituyen una sola pieza extraordinariamente llamativa que se denomina el labelo. En su formación pueden intervenir también los estambres externos, si es que no constituyen estaminodios independientes.

Straburger (23) anota que los rizomas son tallos subterráneos que pueden ramificarse simpodialmente, con menor frecuencia monopodialmente. Sus

(\*) Información personal de Olga Salazar de Benavides I.A., profesora de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

ramas más o menos engrosadas suelen presentar entrenudos cortos, de ordinario producto de distintos períodos de formación.

Hutchinson (15) habla de las Zingiberáceas como hierbas perennes generalmente aromáticas, con rizomas tuberosos horizontales.

Uribe (25) afirma que las Zingiberáceas, tienen flores de corola trípeta, un estambre fértil y otras que forman un labelo colorado.

Pérez Arbeláez (21) señala que esta planta es originaria de la India y alcanza los 4 m de altura en suelo fértil y húmedo, con hojas anchas, lanceoladas, tomentosas en el envés, con espigas densas, de 15 cm de longitud. Posee brácteas apretadas ovales, que florecen una a una. Es popular en los Departamentos de la Costa; es muy perfumada y vulgarmente se llama Conga o Heliotropo (Hedichium coronarium K.).

## 2.1 Usos de las Zingiberáceas

Las Zingiberáceas son profusas en aceites esenciales a los cuales se debe el variado empleo de sus rizomas como especias y drogas. La más importante es el Jengibre (Zingiber officinale), antigua planta del Asia Central, cultivada actualmente en los países intertropicales, de la cual se beneficia el rizoma (26).

Uribe (25) y Pérez Arbeláez (21) hablan de distintas especies de Zingiberáceas, como la Cañagria (Costus villosissimus, C. cylindricus y C. spicatus lampiños) la cual por presión de los tallos da un líquido que es reportado como muy eficaz contra las fiebres gástricas. El Jengibre (Zingiber officinale) que se cultiva en la Costa y sirve para preparar y dar aroma a algunas bebidas. La Curcuma (Curcuma longa L.) cuyo rizoma es utilizado para obtener la esencia y resina que se emplea como condimento y como colorante alimenticio. La Abebe (Renealmia occidentalis Sw.) es muy eficaz para cortar la fiebre.

sil); el arrurruz, al almidón de la raíz de maranta (Marantha arundinaceae L.) (India); sagú al almidón procedente de la médula de la palmera de sagú (Sagus romppi) (Indias Orientales). Todos estos almidones no constituyen la misma especie química sino que representan polihólosidos de diferente estructura molecular (10).

El grano de trigo contiene el 75% de almidón; ciertas partes del maíz, hasta el 93%; el tubérculo de patata fresca hasta el 25%. También existe almidón en los demás órganos de las plantas (hojas, tallos, granos de polen). También existe en las algas verdes en general; no así en los hongos. La dextrina es sustancia constitutiva del almidón, que existe en algunos zumos vegetales, en los músculos, en la sangre y en el hígado (10).

### 2.3.2 Propiedades físicas y químicas generales

El almidón es una sustancia blanca pulverulenta, insoluble en el agua fría, en el alcohol y en el éter. En agua caliente se disuelve dando una disolución viscosa que no reduce al licor de Fehling. En frío, una parte del almidón precipita en forma de gelatina, mientras que la otra queda en disolución; la disolución se designa con el nombre de engrudo. Según Maquenne, citado por Henao (11) el almidón se hallaría formado por dos polihólosidos diferentes: la amilosa, soluble en el agua y que se colorea de azul claro por acción del yodo, y la amilopectina, insoluble y la cual se colorea de violeta. La coloración se atribuye a una adsorción del yodo por el almidón; desaparece en caliente y reaparece al enfriar. Se aprovecha esta propiedad en química analítica (14).

Henao (14) resume las propiedades físicas así: el almidón es un polvo blanco insípido y sin olor; insoluble en agua, etanol, éter y en la mayoría de los disolventes orgánicos; visto al microscopio aparece formado por capas concéntricas, que envuelven un núcleo central en el almidón, y un núcleo excéntrico en la fécula. Calentando con bastante agua a una temperatura de 40 a 70°C, aumenta hasta 30 veces su volumen. Si el

TABLA I

DROGAS OBTENIDAS DE LA FAMILIA ZINGIBERACEAE

Droga	Parte usada	Nombre científico	Lugar de uso
Cardamomi Semen	Semilla	<u>Elettaria cardamomun</u>	Indochina
Curcuma Turmeria	Rizoma	<u>Curcuma longa</u>	Sur de Asia
Galanga	Rizoma	<u>Alpinia officinarum</u>	China
Granos de paraiso	Semilla	<u>Aframomun melegueta</u>	Asia
Aceite cardamomi	Semilla	<u>Elettaria cardamomum</u>	Indochina
Zedoaria	Rizoma	<u>Curcuma zedoaria</u>	India
Zingiber	Rizoma	<u>Zingiber officinale</u>	Sur de Asia

sil); el arrurruz, al almidón de la raíz de maranta (Marantha arundinaceae L.) (India); sagú al almidón procedente de la médula de la palmera de sagú (Sagus romppi) (Indias Orientales). Todos estos almidones no constituyen la misma especie química sino que representan polihólosidos de diferente estructura molecular (10).

El grano de trigo contiene el 75% de almidón; ciertas partes del maíz, hasta el 93%; el tubérculo de patata fresca hasta el 25%. También existe almidón en los demás órganos de las plantas (hojas, tallos, granos de polen). También existe en las algas verdes en general; no así en los hongos. La dextrina es sustancia constitutiva del almidón, que existe en algunos zumos vegetales, en los músculos, en la sangre y en el hígado (10).

### 2.3.2 Propiedades físicas y químicas generales

El almidón es una sustancia blanca pulverulenta, insoluble en el agua fría, en el alcohol y en el éter. En agua caliente se disuelve dando una disolución viscosa que no reduce al licor de Fehling. En frío, una parte del almidón precipita en forma de gelatina, mientras que la otra queda en disolución; la disolución se designa con el nombre de engrudo. Según Maquenne, citado por Henao (11) el almidón se hallaría formado por dos polihólosidos diferentes: la amilosa, soluble en el agua y que se colorea de azul claro por acción del yodo, y la amilopectina, insoluble y la cual se colorea de violeta. La coloración se atribuye a una adsorción del yodo por el almidón; desaparece en caliente y reaparece al enfriar. Se aprovecha esta propiedad en química analítica (14).

Henao (14) resume las propiedades físicas así: el almidón es un polvo blanco insípido y sin olor; insoluble en agua, etanol, éter y en la mayoría de los disolventes orgánicos; visto al microscopio aparece formado por capas concéntricas, que envuelven un núcleo central en el almidón, y un núcleo excéntrico en la fécula. Calentando con bastante agua a una temperatura de 40 a 70°C, aumenta hasta 30 veces su volumen. Si el

agua es escasa, se forma una solución coloidal incapaz de poderse filtrar. Dicho engrudo al secarse en el aire, adquiere un aspecto córneo. La densidad del almidón es de 1,5; es inalterable al aire pero absorbe una cantidad variable de agua atmosférica, según el estado higrométrico del aire. El almidón secado al aire contiene de 10 - 20% de agua, parte de la cual puede extraerse calentándolo a 105°C. Colocado al aire o al contacto con el agua, el almidón desecado vuelve a hidratarse aumentando de volumen, propiedad utilizada en la fabricación de comprimidos y tabletas que deben abrirse o deshacerse al poner en el agua.

Las propiedades químicas, son resumidas por Henao (14) así: las soluciones coloidales del almidón, lo mismo que el engrudo y los gránulos del mismo, producen una coloración azul intensa con solución de yodo en yoduro potásico, o simplemente con agua de yodo débilmente coloreada. La coloración azul de yodo se debe a una dispersión del yodo en el agua, gracias a la presencia de un coloide protector. Tal coloración solo es estable a bajas temperaturas, por lo cual se desvanece por calentamiento y re aparece con el frío. Se usa para investigar rastros de almidón de yodo, en yodometría; pero no es característica y otras sustancias coloidales también dan esa coloración azul con el yodo.

Por hidrólisis con ácidos diluidos (reacción rápida) o con los fermentos contenidos en los cereales germinados (reacción más lenta y regular), se degrada el almidón y almidones solubles; enseguida se producen diversas dextrinas; luego se forma lamaltosa y por último queda todo transformado en glucosa (14).

El diámetro de los gránulos de almidón de los cereales varía entre 3 y 20 micras; el de las raíces y tubérculos, entre 10 y 100 micras; el almidón de palma tiene un diámetro medio de 50 micras. Estudiando en el polvo de almidón los diagramas de difracción de los rayos X, se han medido varios tipos de células unitarias de la red cristalina (11).

### 2.3.3 Extracción

La fécula se obtiene amasando patata finamente dividida en un chorro de agua; la fécula arrastrada por el agua se deposita y se somete a una serie de lavados y después se seca. El almidón de trigo se separa de la harina mediante malaxado (amasado) en una corriente de agua que arrastra los glóbulos de almidón, quedando un residuo de una materia nitrogenada elástica; el gluten es una sustancia albuminoidea, plástica y la parte más alimenticia del pan; se puede utilizar para fabricar pan para los diabéticos. Para extraer el almidón del arroz y del maíz se disuelve primeramente el gluten en una disolución de soda cáustica, el almidón se separa a continuación por lavado y el gluten se precipita finalmente acidificando su disolución (3).

El procedimiento químico de la fermentación, no es recomendable, por despreciarse el gluten y porque al sufrir éste la fermentación pútrida, durante 15 a 20 días, forma un ambiente fétido y malsano. El procedimiento mecánico es variado, según la materia prima usada. Si se trata del almidón de la harina de trigo, se echa ésta en un paño dejándole caer encima agua fría, con lo cual el almidón es arrastrado por el agua, mientras que el gluten permanece en el paño. Si se trata de yucas o de papas, se rallan sobre un tamiz o cedazo. Un chorro de agua fría que cae sobre el tamiz arrastra la fécula o almidón, quedando retenido el resto. Luego se priva del agua y se deseca en una estufa (14).

En los Estados Unidos, la mayor parte del almidón procede del maíz; para obtenerlo se remojan los granos de maíz en agua tibia con bióxido de azufre y luego se desmenuzan, para liberar el germen. Al mezclar la masa con el agua, el germen flota a causa de su alto contenido de aceite de maíz. Lo que queda del grano se muele lo más finamente posible sin romper los gránulos del almidón y la mezcla se lava en cribas para separar la mayor parte de las cáscaras. Se deja sedimentar el almidón, y se separa de la papilla acuosa por centrifugación continua (19).

#### 2.3.4 Usos y aplicaciones

Industrialmente el almidón se convierte por hidrólisis ácida en jarabe de almidón, mezcla de carbohidratos de diverso peso molecular o en glucosa cristalina, usados como alimentos. Grandes cantidades de almidón se utilizan como agentes de endurecimiento y adhesivos, a menudo después de modificarse por el calor y formar dextrinas. Los nitratos de almidón con 11 a 13% de nitrógeno (llamados nitroalmidones) se usan como explosivos de demolición en vez de TNT (19).

El almidón sirve principalmente en la industria y en la economía doméstica para la preparación de engrudos y el apresto de ropa blanca. Sirve también para preparar la dextrina y la leicoma. Reducido a polvo fino, constituye la flor de almidón, flor de arroz, flor de maíz blanco, etc., que se emplea en perfumería. Aplicado sobre la piel determina una sensación de bienestar agradable. Sirve para suavizar la piel, corregir las escoriaciones, especialmente con un poco de quinina o de polvo de corteza de enzina, y para calmar los dolores producidos por quemaduras ligeras, se emplea en el eritema, en la erisipela, etc. Sirve para preparar locos contra las diarreas inveteradas. En terapéutica se utilizan las propiedades analépticas de los distintos almidones o féculas y se prescriben con frecuencia como medios de alimentación ligera (10).

Gran cantidad de almidón utiliza la industria en el apresto del papel y de los tejidos; es la materia prima en la obtención de la glucosa y del jarabe. Como glutinante industrial y doméstico, se usan mucho los engrudos y las dextrinas, como en la fabricación del cartón, en el apresto de los tejidos y en el estampado de colores sobre algodón. Por último, una aplicación importante en el campo industrial del almidón es la obtención de alcohol, cervezas y bebidas alcohólicas (14).

Dull (9) explica que cientos de productos de consumo diario están hechos de polímeros (grandes moléculas entrelazadas unas a otras) derivados del petróleo, siendo las plantas muy eficaces productoras de polí-

meros. Se pueden modificar las cadenas de moléculas de almidón entrelazando varios polímeros sintéticos, para producir una serie de compuestos con propiedades insólitas. Un producto de esta modificación del almidón es llamado "super-absorbedor" y tiene la asombrosa capacidad de poder absorber 5.000 veces su peso en agua. Actualmente se usa extensamente en pañales de sechables, vendajes, agente de suspensión de ciertos agroquímicos y recubrimiento de semillas.

#### 2.4 Aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas de un número variable de sustancias orgánicas olorosas. Por lo general se obtienen por arrastre con vapor. Hay algunos que se extraen con grasas (enflorado) y con otros disolventes orgánicos. En un aceite esencial pueden encontrarse hidrocarburos alicíclicos y aromáticos, así como sus derivados oxigenados; por ejemplo, alcoholes, aldehidos, cetonas, ésteres, etc., sustancias azufradas y nitrogenadas (8).

Las propiedades físico-químicas de los aceites esenciales o esencias son muy diversas, puesto que el grupo engloba sustancias muy heterogéneas, de las que en la esencia de una planta, prácticamente puede encontrar se sólo una (en la bauliteria hay 98-99% de silicato de metilo y la esencia de canela contiene más de 85% de cinamaldehido) o más de 30 compuesto como en la de jazmín, o en la manzanilla (8).

Los aceites esenciales son empleados en perfumería, en la industria alimenticia, o como fuentes de materias primas; en el citral obtenido del zacate limón se ha usado para sintetizar vitamina A. Respecto a su distribución, un aceite esencial puede localizarse en un determinado órgano vegetal, flores, hojas, frutos y hasta raíces o en toda la planta. La composición puede ser igual o diferente; por ejemplo las flores del naranjo (azahar) contienen sustancias muy diferentes a las que se encuentran en la planta en forma de precursores no volátiles, frecuentemente glicósidos; la descomposición es enzimática o en ácido diluido. Esto se observa en las almen

dras amargas, pimienta negra, vainilla (8).

Según algunos autores, intervienen como hormonas en la polinización; sirven de atrayentes de insectos poleníferos; regulan la transpiración son productos de desecho metabólico. Las esencias se producen en glándulas especiales formadas por células secretoras arregladas para formar una bolsa donde se acumula el aceite esencial (8).

El rendimiento de esencia obtenido de una planta varía entre 1 - 3% del peso vegetal. La composición de una esencia puede cambiar con la época de recolección de la materia prima, el lugar geográfico o pequeños cambios genéticos. En Gimnospermas y Angiospermas es donde aparecen las principales especies que contienen aceites esenciales, distribuyéndose dentro de unas 60 familias. Son particularmente ricas en esencias las Pináceas, Lauráceas, Mirtáceas, Labiadas, Umbelíferas, Rutáceas y Compuestas (8).

El más antiguo y sencillo método para obtener aceites esenciales es la destilación por arrastre de vapor, a partir del material vegetal, lo más fresco posible. En ocasiones puede extraerse con éter de petróleo y después arrastrarse con vapor. La expresión puede solo aplicarse con éxito a materiales del tipo de la cáscara de cítricos. Por su bajo rendimiento es conveniente arrastrar con vapor 10 - 20 Kg de planta, para lo cual se utiliza un generador de vapor con un alambique con recipientes metálicos de los usados para el transporte de disolventes. También se pueden montar varias unidades de laboratorio, usando matraces de 1 - 6 litros (8).

Obteniendo un aceite esencial se seca con sulfato de sodio anhidro, se filtra, se anota su color, olor y se determina su densidad, su índice de refracción y su rotación óptica. Si se dispone del equipo adecuado, se obtienen espectros infrarrojo, ultravioleta y de resonancia magnética nuclear, así como los cromatogramas en fase de vapor, corriéndolos con varias columnas. La cromatografía en capa delgada usando 2 o 3 mezclas de disolventes, con testigos de estructura conocida y una adecuada selección de agentes cromogénicos (8).

## 2.5 Alcaloides

Los alcaloides constituyen un grupo muy heterogéneo de bases vegetales nitrogenadas, con acción fisiológica más o menos intensa sobre los animales con escasas excepciones, por ejemplo, efredina y mescalina. Hay unos cuantos alcaloides de nitrógeno amidico que son neutros, como la colchicina, ricinina, rutacarpina. Sin considerar la cafeína y la teobromina, las bases púricas y pirimidínicas están excluidas del grupo de alcaloides por carecer de acción fisiológica notable y por sus relaciones bioquímicas con los ácidos nucleicos (8).

La mayoría de los alcaloides se hallan en los vegetales como sales de ácidos orgánicos. En ciertas plantas puede haber un ácido especial asociado a los alcaloides; así, el ácido químico está unido a los alcaloides de la quina, el ácido mecónico con los del opio y el ácido aconítico con las acenitinas. Algunos alcaloides, como los del Solanum y el Veratrum se encuentran en forma de glicósidos de la Rhamnosa, galactosa y glucosa. Otros alcaloides se hallan en forma de ésteres de ácidos orgánicos de complejidad variable por ejemplo, los del grupo tropano, del senecio y de la yohimbina. Aunque con frecuencia se agrupan los alcaloides de acuerdo con su procedente botánica, por ejemplo alcaloides de las Amarilidáceas, de la ipecacuana, etc., es más racional clasificarlos de acuerdo con alguno de los 254 tipos estructurales en que hasta el momento se les ha dividido (8).

La propiedad química más característica de los alcaloides es su basicidad (exceptuando la ricinina, colchicina y otros casos muy particulares) por lo que los métodos para aislarlos, purificarlos e identificarlos por lo general aprovecha su basicidad (8).

Los alcaloides originan muy diversos espectros de adsorción; particularmente en la región ultravioleta hay grupos de alcaloides que careciendo de cromóforos, no absorben en esta región; por ejemplo, la mayoría de los alcaloides de pirrolidina, piperdina, esteroide-alcaloides y diter-

pen alcaloides. Algunos grupos, como el del tropano, absorben en el ultravioleta por tener sustituyentes que contienen cromóforos (8).

Algunos compuestos como la cafeína, son claramente alcaloides, pero son tan inocuos que frecuentemente no se consideran como tales. Por otra parte, algunos compuestos o son tan estrechamente afines por su estructura, o tienen acción fisiológica tan similar que es natural pensar en ellos como alcaloides. Así la epinefrina y la efedrina son estrechamente afines, pero solo la efedrina es un producto vegetal; el opio y la marihuana (hashish) son drogas que crean hábito y tienen acción similar, pero el principio activo de la marihuana no es básico ni contiene nitrógeno (8).

### III. MATERIALES Y METODOS

Para la realización del presente trabajo, se tomó como zona de muestreo, el Municipio de Ricaurte, en donde se llevó a cabo el trabajo de campo, consistente en observaciones previas de las plantas, recolección de las muestras del rizoma de heliotropo, fotografías y charlas con gentes de la región.

La segunda parte del experimento correspondió a la extracción, lavado, rallado, decantado y secado del almidón del heliotropo.

En el Laboratorio de Química y Suelos de la Universidad de Nariño, se realizaron los análisis cuantitativos y cualitativos, tanto al almidón como a la torta del rizoma de la planta.

#### 3.1 Trabajo de campo

Se tomó como centro de operaciones la ciudad de Ricaurte, localizada a 142 Km de la carretera que conduce de Pasto a Tumaco. Con una altitud de 1.213 metros sobre el nivel del mar; latitud Norte de  $1^{\circ} 12'$  y longitud Greenwich de  $77^{\circ} 39'$  (5).

El Municipio de Ricaurte tiene pisos térmicos a saber : a). Piso térmico cálido con menos de 1.000 metros de altura sobre el nivel del mar y temperatura superior a  $24^{\circ}\text{C}$ ; b). Piso térmico medio, entre 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar y temperatura no inferior a  $18^{\circ}\text{C}$ ; c). Piso térmico frío, localizado entre 2.000 y 2.500 metros de altura sobre el nivel del mar y temperatura no inferior a  $12^{\circ}\text{C}$  (5).

La zona donde se encuentra en abundancia la planta de heliotropo corresponde al piso térmico medio.

### 3.1.1 Observaciones previas

Una vez ubicados en la zona correspondiente, se dio paso a la plena identificación de la planta de heliotropo, haciendo las respectivas anotaciones de su ubicación, características botánicas, plantas que la rodean, sanidad de la planta, tipos de suelos y charlas con gentes de la región, en busca de los posibles usos y aplicaciones.

### 3.1.2 Recolección de rizomas

Debido a la dificultad de establecer un cultivo de invierno para hacer una mejor observación y con el objeto de evaluar, tamaño, color, dureza y cantidad de almidón del rizoma en estudio, se tomaron plantas de heliotropo en estado de floración, como término de comparación y punto de partida para los otros dos estados de crecimiento de la planta: prefloración y posfloración, dando lugar a división de los lotes de plantas en sus distintos estados de desarrollo.

Por último se efectuó la cosecha de los rizomas, utilizando como material de transporte empaques de fique.

## 3.2 Extracción del almidón

### 3.2.1 Descortezado

Se procedió a retirar la corteza de los rizomas. Este descortezado tuvo como fin evitar el deterioro del almidón, ya que la corteza contiene una resina amarillenta y material celulósico.

### 3.2.2 Pesaje inicial y rallado

Los rizomas se pesaron en forma individual; simultáneamente al pesaje se tomó el largo y el diámetro promedio de cada rizoma.

Se tomaron muestras de 1 Kg de peso, las cuales se sometieron a rallado utilizando un rallo de latón con perforaciones de 5 mm de diámetro, lo cual permitió obtener un material bastante fino, facilitando el desprendimiento de los gránulos de almidón. El rallo es de igual construcción al utilizado en el rallado para la obtención de almidón de yuca (Manihot utilissima Pohl.).

### 3.2.3 Lavado y filtrado

El lavado se hizo utilizando agua corriente y teniendo en cuenta que la temperatura sea bastante baja.

El filtrado se realizó con talegos de lienzo, el que permitía desalojar del rallado todos los elementos ajenos al almidón. Las operaciones de lavado y filtrado se llevaron a cabo tantas veces como fue indispensable, para la obtención de un almidón lo más limpio posible.

### 3.2.4 Decantado

En palanganas de plásticos se recibió el filtrado, el cual llevaba abundante agua. Aplicando el principio de mayor densidad o peso se obtuvo la separación entre el almidón y el agua.

Para vaciar el agua de las palanganas se aprovechó el principio del sifón.

### 3.2.5 Secado

El secado del almidón y de la torta (residuo que queda en el lienzo del filtrado) se llevó a cabo bajo condiciones naturales, utilizando la energía solar.

El tiempo necesario para el secado total era dependiente de las condiciones ambientales reinantes, aproximadamente unos 10 días.

### 3.2.6 Pesaje final

Una vez secos, se pesaron con el fin de obtener los porcentajes de almidón, fibra y agua.

### 3.3 Análisis bromatológico

Para el análisis bromatológico se utilizó el método Weende, el cual permite conocer : ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, extractos libres de N, proteína bruta y minerales (2).

para efectos de comparación se tomaron 2 replicaciones por cada estado de desarrollo de la planta, tanto para el almidón como también para la torta, lo que quiere decir que se hacían 6 muestras por cada tipo de prueba : 2 replicaciones para el estado de prefloración, 2 para floración y 2 para el estado de posfloración.

### 3.4 Aplicaciones

#### 3.4.1 Prueba de pegantes

Aprovechando una propiedad física del almidón, se lo sometió a una temperatura de 60°C, convirtiéndolo en engrudo; se realizaron los ensayos en madera, metal, papel y vidrio.

Los resultados se registran como resistencia de pegado : nula, deficiente, moderada y buena.

### 3.4.2 Prueba de panificación

Siguiendo la misma técnica empleada en la fabricación del pan se procedió a realizar la prueba de panificación, ya sea utilizando el almidón de heliotropo solo, o mezclado con otros, como el almidón de yuca, achira o de harina de trigo. Estas mezclas se hicieron en proporciones del 10, 20 y 50% de almidón de heliotropo.

Una vez elaborado el pan, se anotaron las características organolépticas importantes como olor, sabor, color y estructura.

### 3.5 Extracción de aceite esencial

Para el aislamiento de aceites esenciales, se utilizó el método de destilación por arrastre con vapor, a partir del material de rizomas de la planta de heliotropo lo más fresco posible (8).

El aparato utilizado en la extracción estaba conformado por una olla a presión que generaba el vapor, un condensador de serpentín para condensar los aceites, un embudo de separación y un vaso florentino.

#### 3.5.1 Funcionamiento

Cargada la olla a presión con el material fresco de la planta, el vapor de agua se encarga de sacar los aceites livianos; son arrastrados a través del serpentín los que allí se condensan cayendo al embudo de separación en forma de gotas; en el embudo ocurre la separación quedando en la parte superior el aceite y en la inferior el agua; el vaso florentino tiene la propiedad de operar como sifón, cuando hay agua en exceso, lo que permite lograr una separación perfecta. Con este procedimiento se obtuvo la cantidad de 1 ml, suficiente para hacer los análisis correspondientes (8).

### 3.5.1.1 Análisis cualitativo

Con un picnómetro de 1 ml de capacidad y previamente conocido su peso, se hizo la determinación de su densidad.

El índice de refracción se tomó de acuerdo a las especificaciones del refractómetro, para el caso utilizado.

También fueron consignados su olor, color, así como también, el porcentaje de aceites obtenidos en base al peso en bruto de los rizomas sometidos a la prueba.

## 3.6 Prueba de carbohidratos

Se llevó a cabo con el único fin de identificar y diferenciar al almidón con otros elementos de fácil confusión como es el caso de la inulina que también es un polisacárido y que se encuentra presente en los tubérculos de las dalias, achiras y las alcachofas (14).

### 3.6.1 Pruebas de reconocimiento

#### 3.6.1.1 Reacción con yodo

El almidón se reconoció por medio del agua de yodo, por la formación de la coloración azul, que desaparece con el calor y reaparece con el frío (14).

#### 3.6.1.2 Observación al microscopio

Se montaron una serie de placas para la identificación en el microscopio de los gránulos de almidón.

### 3.6.1.3 Otras pruebas

Se realizaron otras pruebas generales para carbohidratos como : ensayo con el reactivo de Fehling, ensayo de Tollens y ensayo de Selimanof (14).

## 3.7 Pruebas de colorimetría

Se utilizó el método rápido de Webb, específico de alcaloides empleando los reactivos de Mayer y Wagner. Los análisis fueron realizados a la torta y al almidón. Se emplearon porcelanas de color blanco, para una mejor distinción de las reacciones.

### 3.7.1 Ensayos cualitativos

Haciendo uso del espectrofotómetro "Specord" ultravioleta visible, se trazó la curva al aceite esencial, y se determinaron los picos indicadores de los elementos presentes en la solución.

## 3.8 Prueba de toxicidad

Se llevó a efecto para buscar la asimilación, o los efectos nocivos que podían existir en los elementos que componían la torta de heliotropo. Para la realización de dicha prueba, se utilizaron como medios indicadores pollitas de un día de la raza Sex Link.

### 3.8.1 Raciones

Teniendo como base los resultados del análisis bromatológico, se prepararon cuatro raciones alimenticias para pollos.

Dentro de todo el conjunto de elementos que forman un concentrado balanceado, se procedió a sustituir, en forma parcial, la parte

correspondiente a las calorías que en un alimento corriente lo constituye el maíz y la melaza principalmente. En el caso presente, la sustitución tuvo valores de 2,5; 5 y 7,5% de la sustitución de la cantidad de maíz.

La razón para tener solamente en cuenta los carbohidratos en sustitución, fue simplemente porque en estos valores, el análisis bromatológico dió realmente resultados representativos.

### 3.8.2 Composición de las raciones

En la Tabla II están consignados los elementos constitutivos de las cuatro raciones preparadas para el fin propuesto.

### 3.8.3 Construcción de corrales

Se construyeron cuatro corrales con unas dimensiones de 1 m por cada lado y una altura de 0,80 m. Los corrales contaban con su correspondiente bebedero, comedero e instalaciones de una bombilla de 100 watts.

Los materiales empleados en su elaboración fueron: madera y plástico para formar la estructura y recubrimiento de paredes de los corrales, respectivamente; en el piso se hizo una cama de papel, con el fin de aislar el frío del piso y hacer el cambio periódico, para evitar las enfermedades de los animales.

### 3.8.4 Diseño experimental

Se trabajó con un diseño irrestrictamente al azar. Se utilizaron cuatro tratamientos: el No. 1 de 2,5% de sustitución de la cantidad de maíz en la ración con torta de heliotropo; el No. 2 del 5% y el No. 3 de 7,5%, así como también, un Testigo sin torta de heliotropo, con un 60,6% de maíz en la ración. Cada tratamiento contaba con 5 replicaciones,

TABLE II

COMPOSICION DE LAS RACIONES ALIMENTICIAS, UTILIZADAS EN LA PRUEBA DE TOXICIDAD DEL HELIOTROPO  
EN POLLITAS SEX LINK

Composición	Testigo		Tratamiento 1		Tratamiento 2		Tratamiento 3	
	%	Kg	5,5%	5%	5%	7,5%		
Maiz	60,60	14,60	14,305	13,870	13,505			
Torta de heliotropo	0,0	0,00	0,365	0,730	1,095			
Torta de soya	24,80	6,00	6,000	6,000	6,000			
Harina de pescado	5,00	1,20	1,200	1,200	1,200			
Salvado de trigo	5,00	3,80	1,200	1,200	1,200			
Fosfato bicálcico (18%P)	2,70	0,65	0,650	0,650	0,650			
Carbonato de Ca (36% Ca)	0,41	0,10	0,100	0,100	0,100			
Sal	0,40	0,096	0,096	0,096	0,096			
Premezcla (*)	1,10	0,264	0,264	0,264	0,264			
	100%							

(\*) La premezcla está compuesta por vitaminas, minerales, antibiótico y coccidiostático.

Las raciones contienen: proteína 23%; EMB 3.100 kcal/kg de alimento; lisina 1,25% metionina 0,46%; calcio 1,0%; fósforo aprovechable 0,7% y fibra 3,5%.

lo que dio un total de 20 animales de la raza Sex Link.

### 3.8.5 Realización

Se recibieron unos 20 animales, con una edad de 1 día, los que se repartieron en grupos de 5 por cada corral, habiéndose pesado individualmente, así como también se les colocaron señales distintivas utilizando pintura de color blanco. La ubicación de las señales fue la siguiente: cabeza, rabo, pata, ala y natural (sin señalar).

#### 3.8.5.1 Controles

Se hizo toma de peso individual cada 8 días, hasta completar las cuatro semanas de edad.

Se llevó control de consumo de alimento, en el período de cada semana.

El suministro de calor fue dado durante todo el período del experimento.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Este capítulo permite conocer el resultado de todos y cada uno de los análisis realizados en el campo y laboratorio, haciendo énfasis en las características más notables del rizoma del heliotropo.

##### 4.1 Generalidades

A continuación se incluyen todos los datos pertenecientes a las observaciones realizadas en forma directa, en cuanto se refiere a la planta.

##### 4.1.1 Ubicación

La planta se encuentra diseminada desde el pueblo de Ricaurte hasta el puerto de Tumaco generalmente bordeando la carretera.

Prefiere la planta suelos inundados, en donde se aprecia su mejor desarrollo. Como maleza representativa de la zona en mención, siempre acompaña a los cultivos de la región, especialmente junto al cultivo de la caña de azúcar, el más importante de la zona.

La muestra más representativa del presente trabajo, está localizada en el pueblo de Ricaurte, situado a unos 142 Km de la carretera que conduce de Pasto al puerto de Tumaco. Se puede observar en la Figura 1, una vista general y en las Figuras 2 y 3, se observa en más detalle la planta y la flor, respectivamente.

##### 4.1.2 Especies importantes de la zona

La Tabla I del Apéndice resume las especies importantes de la zona que rodean directamente a la planta en estudio. En esta Tabla se incluyen los cultivos comerciales de la región (4, 21, 23, 25, 29).



Figura 1. Aspecto general de la zona característica de helio  
tropo (Heliotropium coronarium K.)

Foto : A. Obando.

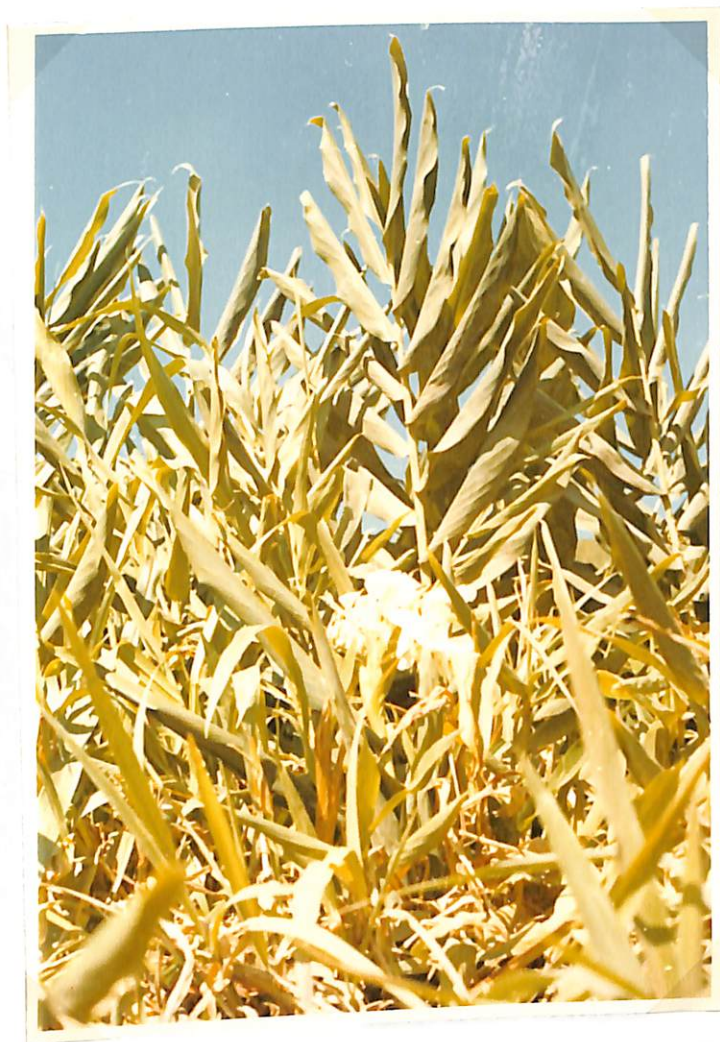


Figura 2. Detalle de una planta de helio -  
tropo (Helichium coronarium K.)

Foto : A. Obando.



Figura 3. Flor de heliotropo (Medichium coronarium K.), de ca  
racterísticas ornamentales y aroma agradable.

Foto : A. Obando.

#### 4.1.3 Encuestas en la región

El sistema de encuestas dió como resultado unánime, la no utilización del rizoma, en la alimentación humana, como tampoco animal. Las gentes de la región se extrañaron ante la posibilidad de extraer almidón de este rizoma, confirmando de esta manera lo anteriormente dicho.

Las gentes también fueron unánimes en el sentido de rechazo contra esta planta, a la que consideran como una maleza de difícil erradicación. En la región se utiliza el machete como medio para combatirla, no logrando su exterminio, puesto que solo cortan la parte aérea, quedando en el suelo el rizoma que es el medio de reproducción más rápido de dicha planta.

La única utilidad que dan a la planta de heliotropo es por la belleza de sus flores y su exquisita fragancia, que los nativos utilizan en arreglos florales.

Para las gentes de la región, la presencia de plantas de heliotropo en cualquier lugar, es signo de gran fertilidad, afirmando que en estos lugares las plantas de cultivo, ya sea caña o plátano se dan con mayor vigor y por consiguiente la producción es mayor.

El agricultor de la región suele utilizar las raíces y tallos de heliotropo como abono, obteniéndose con su aplicación mayores rendimientos en los cultivos.

#### 4.1.4 Otras observaciones

Se presume que la planta de heliotropo contiene sustancias repelentes, sensibles a los animales, puesto que en lugares donde existe esta planta y pastorean animales, estos no hacen uso de su follaje, ni de sus tallos que son muy jugosos.

En esta planta tampoco se observa ataques de insectos, como enfermedades de tipo fungoso o bacterial.

Se encuentran plantas de heliotropo muy esporádicas, que presentan amarillamientos y pudriciones radiculares, pero que en análisis posteriores se llegó a la conclusión que su procedencia se debía a excesos de agua, en sitios encharcados y carentes de drenajes.

#### 4.1.5 Recolección de rizomas

En las Tablas III, IV y V se consignan los datos sobre longitud, diámetro y peso individual de los rizomas, para los tres estados del ciclo vegetativo de la planta : prefloración, floración y posfloración.

Estos parámetros del rizoma dan una visión clara de sus características fácilmente medibles y permiten conocer el estado vegetativo de la planta. Claramente se puede observar la diferencia que existe entre los diferentes estados.

El color del rizoma es determinante en la edad de la planta; así tenemos que cuando el rizoma tiene una coloración café claro, con manchas de color rojo y rosado, éste corresponde al estado de prefloración; rizoma de color café oscuro, carente de manchas rojas, corteza del rizoma blanda, corresponde al estado de floración; rizoma de color café oscuro y corteza dura corresponde al estado de posfloración, como se observa en las Figuras 4, 5 y 6.

#### 4.2 Extracción del almidón

##### 4.2.1 Rallado

En general, la labor de rallado del rizoma de heliotropo es difícil si se compara con el realizado en la obtención de almidón de yu

TABLA III

DIMENSIONES DEL RIZOMA EN ESTADO DE PREFLORACION

No. de rizoma	Longitud cm	Diámetro cm	Peso g
1	25,4	5,2	95,4
2	20,1	4,1	68,5
3	18,2	4,5	83,3
4	14,9	3,4	32,3
5	12,8	4,4	81,2
6	14,4	3,7	32,8
7	15,3	3,9	36,2
8	22,2	5,2	91,7
9	11,5	3,5	34,7
10	14,1	5,4	92,8
11	16,4	5,3	91,4
12	16,2	5,5	93,7
13	14,2	4,8	83,0
14	14,0	3,8	35,2
15	21,1	7,0	118,2
16	26,0	4,4	70,7
17	18,0	4,1	68,3
18	17,0	5,6	98,7
19	17,3	5,5	98,0
20	20,0	6,7	102,3
21	11,7	5,5	94,0
22	12,2	3,4	49,0
23	16,4	6,3	109,3
24	11,5	7,7	115,0
25	12,5	6,8	104,7
26	20,0	3,9	52,0
27	15,3	6,0	110,0
28	19,0	4,8	85,3
29	11,0	4,8	83,0
30	14,3	4,5	79,0
		4,3	
	$\bar{x} = 16,43$	$\bar{x} = 4,97$	$\bar{x} = 79,68$
	$Sx = 3,89$	$Sx = 1,12$	$Sx = 25,77$

TABLA IV

DIMENSIONES DEL RIZOMA EN ESTADO DE FLORACION

No. de rizoma	Longitud cm	Diámetro cm	Peso g
1	30,00	7,2	132,0
2	24,00	6,15	164,0
3	22,50	6,50	94,0
4	19,00	7,40	119,5
5	15,60	11,00	106,0
6	18,00	8,00	117,0
7	20,80	6,10	110,4
8	27,50	6,60	123,8
9	16,20	7,15	83,0
10	19,30	6,50	115,0
11	21,20	6,60	120,0
12	21,00	6,00	88,5
13	19,90	6,70	94,0
14	16,50	6,70	72,0
15	25,00	7,75	116,0
16	30,50	6,10	128,0
17	23,50	6,50	120,0
18	21,00	5,65	94,0
19	21,00	6,95	93,0
20	21,70	6,90	93,0
21	21,50	5,85	75,6
22	21,50	9,45	300,0
23	25,60	9,45	125,8
24	16,40	8,45	84,0
25	20,60	7,80	84,0
26	16,70	5,40	94,7
27	15,20	6,50	66,0
28	20,40	8,16	240,0
29	15,50	7,50	76,0
30	17,50	6,25	70,3
	25,00	7,45	148,0
	24,00	9,00	159,0
	$\bar{x} = 21,05$	$\bar{x} = 7,19$	$\bar{x} = 117,65$
	$Sx = 4,15$	$Sx = 1,290$	$Sx = 49,170$

TABLA V

DIMENSIONES DEL RIZOMA EN ESTADO DE POSFLORACION

No. de rizoma	Longitud cm	Diámetro cm	Peso g
1	35,00	10,00	400
2	24,50	12,50	600
3	24,50	10,00	250
4	28,50	9,00	262
5	22,50	10,00	260
6	29,40	11,30	455
7	22,60	8,30	240
8	25,00	7,70	259
9	32,00	8,90	320
10	13,30	7,90	114
11	40,00	11,70	595
12	41,00	7,00	300
13	31,00	10,00	310
14	26,00	7,25	155
15	26,00	8,45	240
16	30,00	8,40	255
17	27,00	11,50	420
18	27,60	8,50	240
19	29,10	7,50	235
20	22,90	10,00	240
21	24,50	9,06	260
22	30,00	10,90	380
23	39,40	8,05	385
24	25,00	9,90	495
25	22,80	11,10	250
26	25,20	10,00	240
27	25,10	7,10	163
28	31,00	8,00	255
29	34,50	7,80	210
30	23,60	9,60	230
	$\bar{x} = 28,3$	$\bar{x} = 9,25$	$\bar{x} = 300,26$
	$Sx = 6,0$	$Sx = 1,49$	$Sx = 117,38$



Figura 4. Rizomas de heliotropo (Heliotropium coronarium K.). Izquierda : estado de posfloración; derecha : estado de prefloración.

Foto : A. Obando.



Figura 5. Rizoma de heliotropo (Heliotropium coronarium K.), re  
presentativo del estado de floración.

Foto : A. Obando.



Figura 6. Rizomas adultos (posfloración), recientemente cosechados.

Foto : A. Obando.

ca. Lo difícil de esta operación se intensifica a medida que aumenta la edad de la planta.

Uno de los elementos limitantes en el rendimiento del rallado es la resina presente en el rizoma; esto hace que se forme una masa pegajosa que entorpece dicha operación.

Otro de los factores que dificulta la labor de rallado, es la presencia de fibra, la cual es bastante abundante y conforma una estructura muy dura.

El rallado más rápido y de mejor rendimiento, se logra mediante la utilización de cuchillas plano-circulares impulsadas por fuerza motriz.

#### 4.2.2 Lavado y filtrado

El mejor mecanismo de lavado correspondió a la utilización de agua corriente bien fría, suministrada a cierta presión para lograr el mayor desprendimiento de gránulos de almidón y su dispersión en el agua, lo cual permite el paso con facilidad a través de los filtros.

Con el único fin de evitar la obtención de almidón sucio, se hicieron comparaciones de filtrado con materiales como franela, cedazos, lienzos, lienzos-cedazos. El mejor resultado se obtuvo con el método de lienzos-cedazos.

#### 4.2.3 Decantado

El proceso físico de decantado ha sido un método muy eficaz en la obtención de almidón de yuca. Para el caso presente, el decantado no presentó ningún problema y resultó ser adecuado.

#### 4.2.4 Secado

El sistema de secado haciendo uso de la energía solar, es muy económico pero presenta la gran dificultad que hay que someterse a las condiciones ambientales reinantes, lo cual alarga demasiado el período de secamiento.

#### 4.2.5 Discusión

La Tabla III del Apéndice resume los resultados del proceso de la extracción del almidón de heliotropo.

Si se toman los resultados en forma global, se puede concluir que el porcentaje de almidón para los tres estados : prefloración, 2,78; floración, 3,73 y posfloración 4,49, es muy bajo para tener una proyección en la industria.

No hay diferencia significativa en cuanto al rendimiento del almidón, en los tres estados vegetativos de la planta.

La yuca (Manihot utilissima Pohl.) tiene un porcentaje de almidón de 20 a 30%, lo que permite ser industrialmente rentable, no así tratándose de la planta de heliotropo, cuyo rendimiento de almidón fue muy bajo.

Las características cualitativas del almidón de heliotropo no son las mejores, ya que despide un olor muy característico aromado, que no es muy agradable; además el almidón arrastra una sustancia que lo ennegrece y parece ser alguna resina.

El proceso de extracción presentó algunas dificultades, en cuanto al filtrado se refiere, debido a que junto al almidón obtenido arrastra una sustancia resinosa que daña totalmente, no solo la presentación

misma del almidón y altera su olor. En el proceso de extracción no pudo ser eliminada la sustancia antes mencionada, entorpeciendo así la labor de panificación.

#### 4.3 Análisis bromatológico

En la Tabla VI se presentan los resultados del análisis bromatológico realizado tanto en la torta como en el almidón.

##### 4.3.1 Discusión

Los resultados bromatológicos indican que los carbohidratos son los constitutivos que aparecen en mayor cantidad, los cuales aumentan con la edad de las plantas.

##### 4.3.1.1 Almidón

Haciendo una mejora en el proceso de extracción del almidón, se puede lograr un mínimo de porcentaje de fibra, que implicaría una mayor calidad del mismo.

El porcentaje de extracto etéreo es muy bajo, y hace pensar que en este contenido se encuentra mezclada con alguna resina, que le da al almidón cierto olor característico de difícil desprendimiento. La resina en mención tiene una coloración vino tinto y una consistencia pegajosa. Según se pudo constatar, esta resina es la responsable del ennegrecimiento del pan elaborado con almidón de heliotropo y le da un olor característico no muy agradable.

Con excepción de los carbohidratos, se puede afirmar que el resto de elementos analizados, son de porcentajes bajos para una proyección de orden industrial.

TABLA VI

ANÁLISIS BRONATOLÓGICO DEL ALMIDÓN Y TORTA DE HELIOTROPO, EN 3 ESTADOS DE CRECIMIENTO (\*)

Prueba	Prefloración		Floración		Posfloración	
	Almidón	Torta	Almidón	Torta	Almidón	Torta
Extracto etéreo, %	0,886	4,83	1,846	6,43	1,462	7,09
Ceniza, %	2,430	2,48	3,565	2,58	3,6425	2,70
Fibra, %	0,700	16,92	2,430	17,91	0,860	18,75
Carbohidratos, %	88,679	67,59	88,898	71,05	91,0415	71,820
Proteína bruta, %	1,312	2,88	1,750	2,93	1,7675	4,110
Proteína verdadera, %	0,6125	1,26	1,530	1,41	1,3500	1,770

(\*) Análisis bromatológico en base a materia seca, realizado en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño

#### 4.3.1.2 Torta

El alto contenido de carbohidratos en la torta ha ce pensar en la búsqueda de un procedimiento más efectivo para lograr un ma yor desprendimiento de gránulos de almidón que se encuentran adheridos a la torta.

La prueba de fibra dió porcentajes bastante altos, lo cual dificulta el rallado de los rizomas.

Los valores de proteína bruta y ceniza son muy ba jos. En esta forma no se puede proyectar en la utilización de esta torta como alimento animal complementario.

Las características de la torta son : coloración amarillenta en los tres estados, olor y sabor característico y alta cantidad de fibra (Figura 7).

#### 4.4 Prueba de carbohidratos

En la Tabla VII se resumen los resultados de la prueba de identificación de carbohidratos.

##### 4.4.1 Discusión

La reacción de los almidones frente al agua de yodo es una prueba de reconocimiento, específica para almidones. La respuesta muy posi tiva, confirma la presente de este carbohidrato.

El ensayo de Selimanof fue preciso realizarlo, por la posi bilidad de encontrar mezclado al almidón con otros elementos también polisa cáridos como la inulina y de igual fórmula condensada. Siendo negativa su respuesta, confirma la presencia exclusiva de almidones.

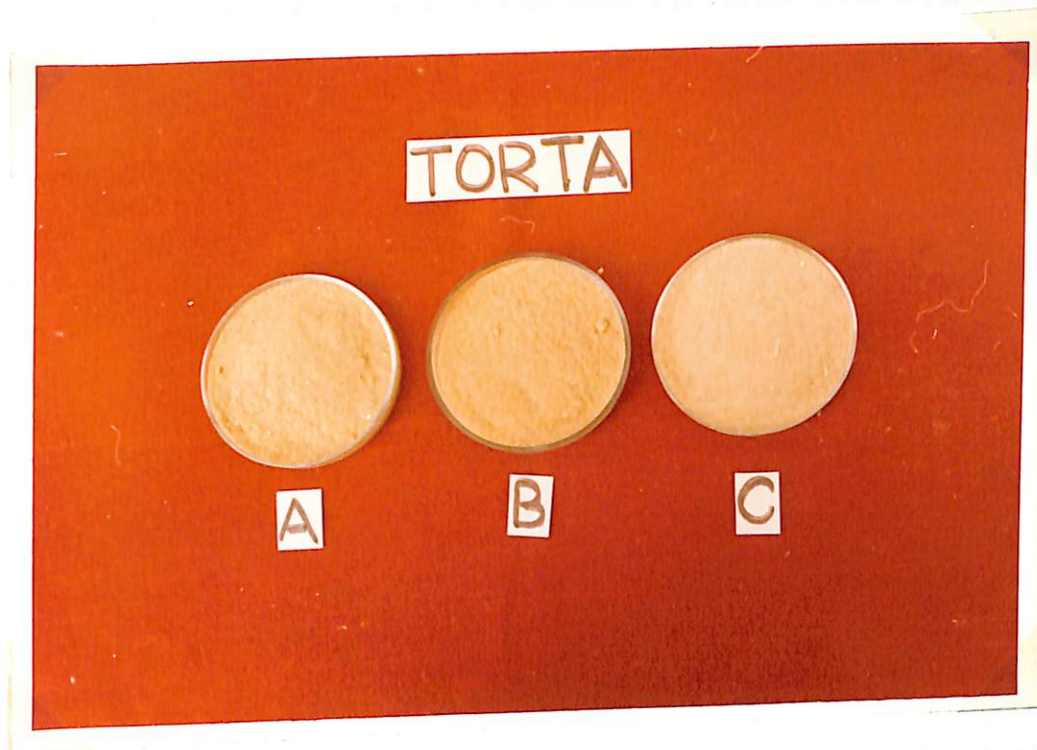


Figura 7. Torta obtenida de rizomas de heliotro (Medichium coronarium K.) en sus tres estados.

Foto : A. Obando.

TABLA VII

PRUEBAS REALIZADAS AL ALMIDON DE HELIOTROFO (\*)

Tipo de prueba	Resultados
Agua de yodo	Coloración azul que reaparece en temperatura fría y desaparece en calor
Ensayo de Fehling	Presente coloración roja
Ensayo de Tollens	Formación de un espejo de plata
Ensayo de Selimanof	Negativo

(\*) Es preciso advertir que los ensayos de Fehling, Tollens y Selimanof se realizaron previamente desdoblado el almidón, utilizando ácido clorhídrico al 1%

Los ensayos de Tollens y Fehling, sirvieron para el reconocimiento de monosacáridos que pueden ser obtenidos desdoblando un almidón cualquiera. La respuesta positiva del desdoblamiento del almidón frente a estos ensayos confirma su presencia.

#### 4.4.2 Observación al microscopio

El almidón se pudo reconocer por su aspecto exterior, de gránulos pequeños, suave al tacto y con olor característico (Figura 8); por examen al microscopio se advierte que el almidón consta de gránulos incoloros, alargados, formados por capas concéntricas alrededor de un núcleo, como se puede observar en la Figura 9. El almidón tiene una forma más alargada si se compara con otro tipo de almidones.

Hay una cierta semejanza entre el almidón de heliotropo y el almidón de achira (Canna edulis K.). El primero es más alargado y el segundo tiene una forma más globosa; así se puede observar al comparar las Figuras 9 y 10.

Observando las Figuras 11, 12, y 13, se puede apreciar las diferentes formas que presentan los cristales de almidón de frijol, yuca y de trigo, en comparación con los cristales de heliotropo en la Figura 9.

#### 4.5 Prueba de panificación

Es preciso anotar que esta prueba no se puede cuantificar, dadas las características de la misma, pero se asignan valores organolépticos propios de la culinaria.

Los resultados de la prueba de panificación se pueden observar en la Tabla VIII.



Figura 8. Almidón de rizomas de heliotropo (Heliotropium coronarium K.); A. Prefloración; B. Floración; C. Posfloración

Foto : A. Obando



Figura 9. Cristales de almidón de heliotropo (Heliotropium coronarium K.) vistos al microscopio. Aumento : 25 x 16.

Foto : B. Sañudo.

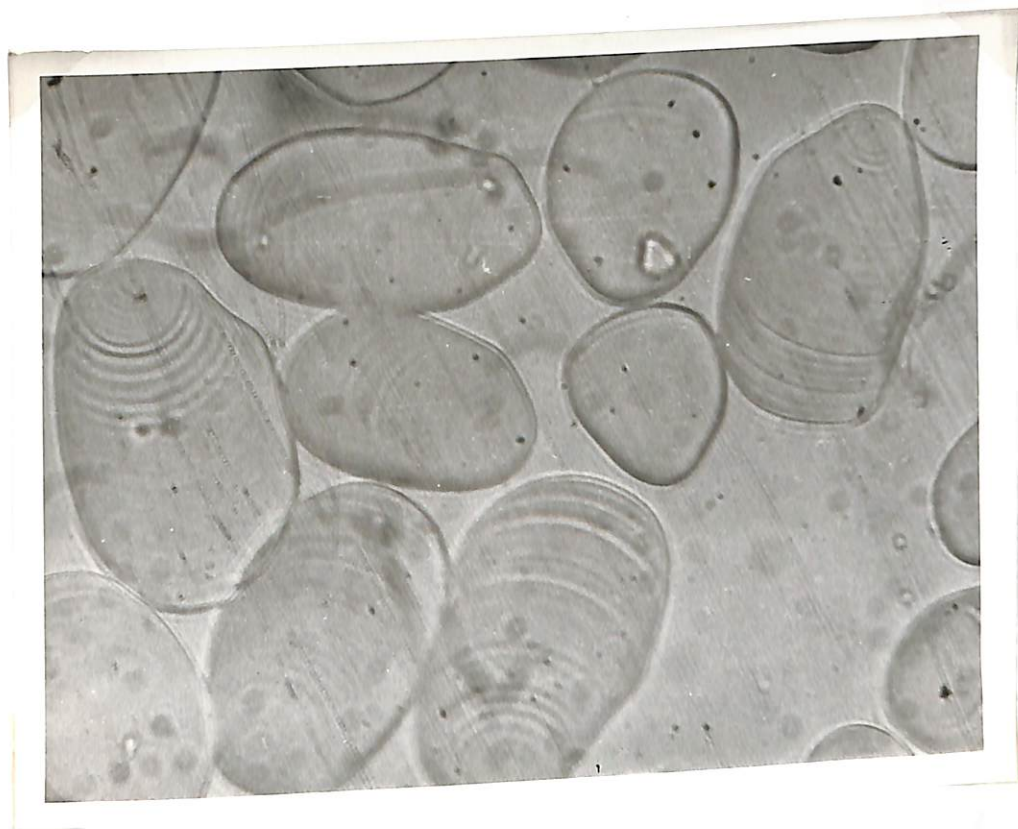


Figura 10. Cristales de almidón de achira (Canna edulis K.)  
vistos al microscopio. Aumento : 25 x 16

Foto : B. Sañudo.



Figura 11. Cristales de almidón de frijol (Phaseolus vulgaris L.) vistos al microscopio. Aumento : 25 x 16

Foto : B. Sañudo.

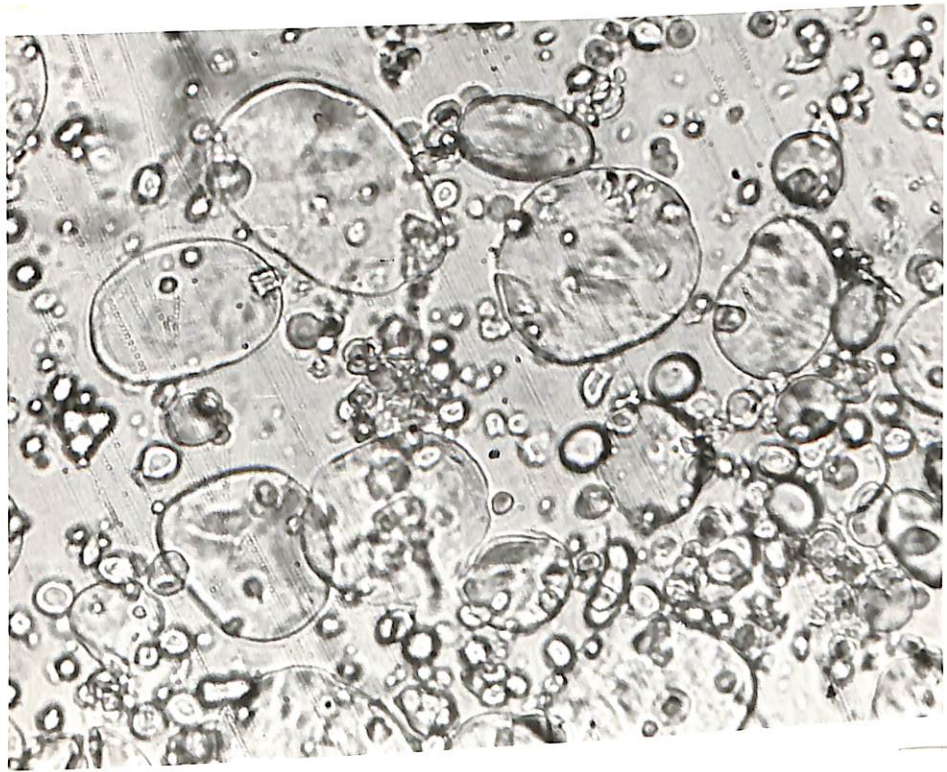


Figura 13. Cristales de almidón de trigo (Triticum vulgare L.) vistos al microscopio. Aumento 25 x 16

Foto : E. Sañudo.

El pan elaborado con almidón de heliotropo tiene un olor característico que se puede denominar aromado, y que al someterlo a la acción del agua se vuelve con mayor fuerza. Este olor sigue persistente en el pan a pesar de que este tipo de pan no absorbe totalmente su valor.

En algunos casos, el color cambia a grisáceo, debido a que el almidón se ha oxidado al estar en contacto con el aire. Cuando el almidón es de color blanco, el pan elaborado tiene un color corriente, similar al de la papa.

TABLA VIII

Características del pan de heliotropo  
**CARACTERÍSTICAS DEL PAN DE HELIOTROPO**

---

Olor	:	Aromado
Color	:	Corriente
Sabor	:	Característico de heliotropo
Estructura	:	Gomosa - compacta

---

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION  
PROCESOS TECNICOS

El pan elaborado con almidón de heliotropo tiene un olor característico que se puede denominar aromado, y que al someterlo a la acción del asado lo despidió con mayor fuerza. Este olor sigue persistente en el pan a la temperatura corriente pero no demerita totalmente su valor.

En algunos casos, el color cambia a grisáceo, debido a que el almidón no ha tenido un proceso de extracción perfecto. Cuando el almidón tiene un color blanco, el pan elaborado tiene un color corriente, similar al pan de yuca.

El pan de heliotropo tiene un sabor muy característico que no es desagradable, siendo degustado por la gente sin ningún rechazo; sin embargo es algo amargo debido a la presencia de la sustancia resinosa.

Las personas que se sometieron a la prueba de degustación no sufrieron trastornos visibles de intoxicación; en el caso de que el consumo sea más frecuente, posiblemente se podría encontrar el efecto de una toxicidad.

#### 4.6 Prueba de pegantes

La Tabla IX resume los resultados del engrudo de almidón utilizado como pegante.

El engrudo de almidón de heliotropo, ensayado como pegante en metales (barras delgadas de acero) no dió ningún resultado; simplemente entre láminas se formó una película esmaltada, carente de toda adherencia.

El engrudo de heliotropo como pegante en papel sí logró una gran adherencia, semejante a la que se obtiene con el engrudo elaborado con harina de trigo.

El pegado de vidrio en vidrio con vidrio en condiciones naturales, se hizo con líneas positivas, pero si se aplica calor de llama a los lados se logra una adherencia de pegado leve.

TABLA IX

ENGRUDO DE ALMIDON DE HELIOTROPO COMO PEGANTE

Material a pegar	Pegante utilizado	Resistencia de pega (*)
Metal con metal	Engrudo de heliotropo	(0)
Madera con madera	Engrudo de heliotropo	(+ +)
Papel con papel	Engrudo de heliotropo	(+++)
Vidrio con vidrio	Engrudo de heliotropo	(+)

(\*) :

- (0) : Resistencia de pegado nula
- (+) : Resistencia de pegado deficiente
- (+ +) : Resistencia de pegado moderada
- (+++): Resistencia de pegado buena

El ensayo de pegante en vidrio con vidrio en condiciones naturales no da un resultado positivo, pero si se aplica calor de llama a las láminas se logra una adherencia de pegado leve.

#### 4.7 Extracción de aceite esencial

En la Tabla X se presentan los resultados de dicha extracción.

##### 4.7.1 Densidad e índice de refracción

Con la densidad e índice de refracción se pueden hacer deducciones sobre sus componentes. Los hidrocarburos aromáticos tienen densidades menores de 0,9, con índices de refracción mayores de 1,47 (8), datos estos que se ajustan al aceite en cuestión, lo cual confirma la presencia de dichos elementos.

##### 4.7.2 Olor

El olor muy característico de heliotropo es fijo, hecho éste que hace pensar se trate de un aceite esencial de características estables. Su olor es muy penetrante, que molesta los ojos y nariz aspirando en forma continuada y la persona sufre de dolor de cabeza y ardor a los ojos.

##### 4.7.3 Rendimiento

Los resultados obtenidos sobre rendimiento se encuentran consignados en la Tabla X.

Se puede considerar que el rango de variación va de unas cuantas milésimas por ciento hasta un 3%. Esto concluye que el aceite esencial extraído de los rizomas tiene un rendimiento normal.

TABLA X

9.2.1.1 Torta  
CARACTERISTICAS DEL ACEITE ESENCIAL DEL RIZOMA DE HELIOTROPO

Carácter	Resultado
Olor	Penetrante
Color	Amarillo claro
Densidad	0,817 g/cc
Indice de refracción	1,4745
Rendimiento	0,01071% en peso bruto de rizoma

#### 4.8 Prueba de alcaloides

##### 4.8.1 Colorimetría

La Tabla XI resumen las respuestas colorimétricas realizadas a la torta y al almidón de heliotropo.

##### 4.8.1.1 Torta

Siendo las pruebas de Wagner y de Mayer, genéricas para alcaloides, y habiéndose encontrado una respuesta positiva para los estados de prefloración y posfloración, confirma la presencia de alcaloides sin especificar de cuáles se tratan.

##### 4.8.1.2 Almidón

El estado de floración (B), dió respuesta positiva tanto a la prueba de Mayer como la de Wagner, no así para los estados de prefloración (A) y posfloración (C). El almidón, al contrario de la torta, dió respuestas invertidas, tal como se puede apreciar en la Tabla XI, lo que hace pensar en la presencia de diferentes alcaloides. Comparativamente, la torta da señales más claras que el almidón de la presencia de alcaloides.

Los reactivos de Mayer y Wagner, no son específicos de ningún alcaloide, por lo tanto se recomienda para estudios posteriores, realizar una marcha analítica, con el propósito de identificar los alcaloides presentes, tanto en la torta como en el almidón.

##### 4.8.2 Análisis espectrofotométrico

Se practicó una espectroscopía ultravioleta al aceite esencial de heliotropo, haciendo uso del espectrofotómetro "Specord" ultravioleta

TABLA XI

RESPUESTA COLORIMETRICA A LA PRESENCIA DE ALCALOIDES

Tipo de prueba	Almidón de heliotropo			Torta de heliotropo		
	A	B	C	A	B	C
Mayer	Marrón claro (+)	Marrón (++)	Marrón claro (+)	Marrón (+++)	Mostaza (++)	Marrón (+++)
Wagner	No reacción (-)	Marrón (+++)	No reacción (-)	Marrón (+++)	No reac. (-)	Marrón (+++)

(+++): Reacción fuerte

(++): Reacción moderada

(+): Reacción escasa o dudosa

(-): Reacción negativa

Las letras A, B, C significan los estados de prefloración, floración y posfloración, respectivamente.

ta-visible. La Figura 14 muestra los resultados correspondientes, los cuales se encuentran resumidos en la Tabla XII.

#### 4.8.2.1 Discusión

El espectro de este aceite esencial indica la presencia de grupos cromóforos como el nitrógeno, el cual en la estructura del alcaloide posee un par de electrones no compartidos, que a su vez son los responsables de la absorción de luz y por tanto, de que en la región ultravioleta del espectro electromagnético, el aceite esencial muestra su espectro característico. Otra implicación del espectro es la presencia de enlaces múltiples conjugados.

Los alcaloides originan muy diversos espectros de absorción, particularmente en la región ultravioleta. Las tetrahidroprotoberberinas absorben aproximadamente a 206, 228 (inflexión) y 286 nm que se ajustan muy próximas a los picos que tiene el aceite esencial.

Los ensayos de Mayer, Wagner y el resultado de espectroscopía ultravioleta, confirman la existencia de alcaloides, que hacen necesarios estudios posteriores para su pleno aislamiento y purificación.

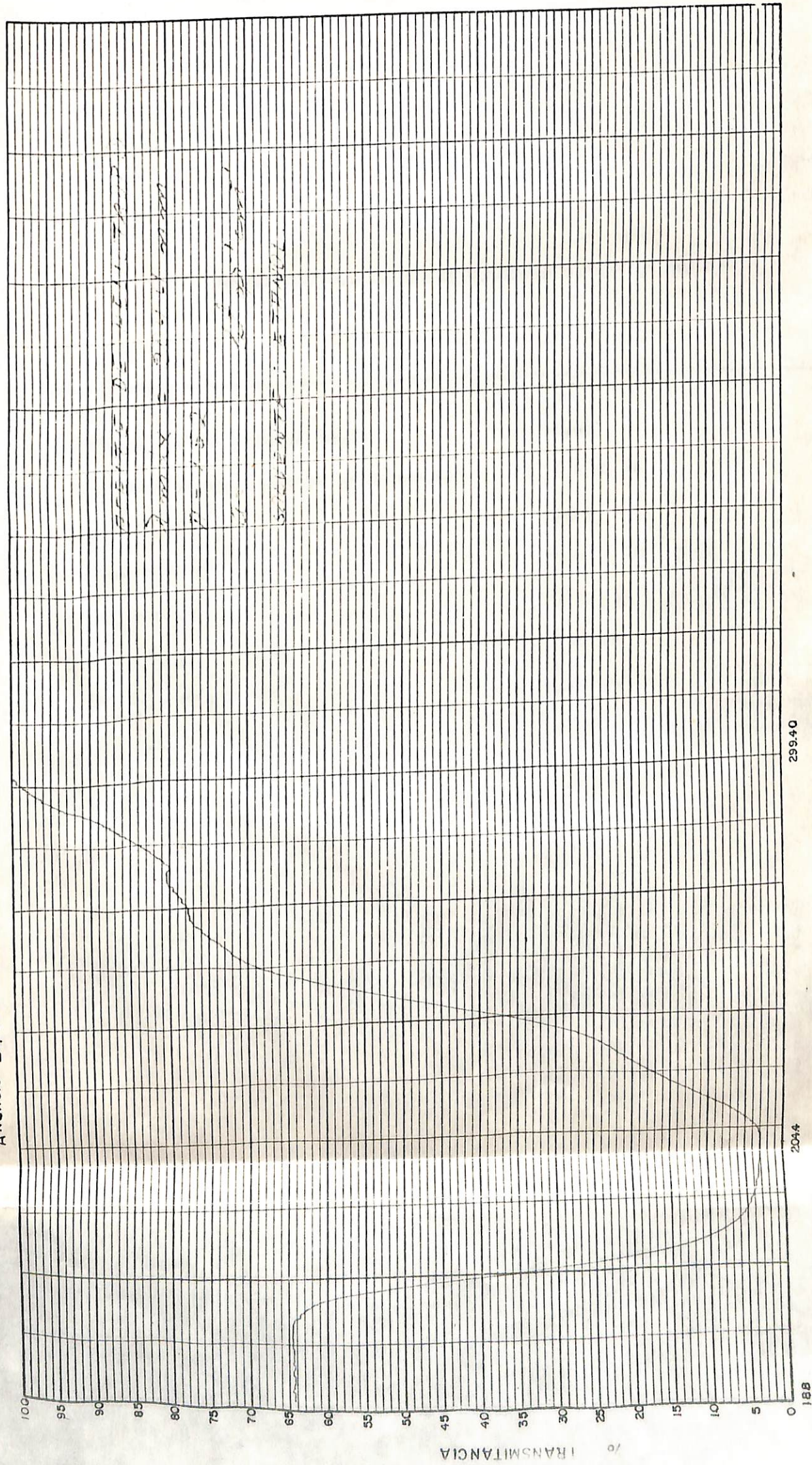
#### 4.9 Prueba de toxicidad

Para la evaluación de la toxicidad se tomaron los siguientes parámetros: incremento de peso y conversión correspondiente a cada tratamiento en base a los cuales se realizó la prueba de Tukey.

Las Tablas IV, V, VI, VII, VIII y IX del Apéndice, resumen los resultados obtenidos para dichas pruebas.

FIGURA 14

Analisis Espectrofotométrico Del Aceite Esencial De Heliotropo



Probe : ACEITE DE HELIOTROPO

Nr. : 01

Datum,Name : HERNAN ORTIZ  
LUIS ALEJTO OBANDO

Konzentration :  $8.17 \times 10^{-2}$  grms. x lit.<sup>-1</sup>

Schichtdicke : 1 cms.

Vergleichsprobe

Meßbereich : 0 - 100 %

Maßstab : CONJ.

Registrierzeit : 2.2 min.

#### 4.9.1 Incremento de peso

Según la Tabla VI del Apéndice, la ración Testigo mostró una diferencia altamente significativa con respecto a las raciones del 5% (T2) y 7,5% (T3) y significativa con respecto a la ración de 2,5% (T1). Con estos resultados se puede pensar que la torta sí tiene alguna sustancia inhibidora de los alimentos en el metabolismo animal, aunque no en grado que produzca mortalidad.

Los tratamientos en los cuales se incluyó el heliotropo en diferentes porcentajes muestran significancia en el incremento de peso, lo que permite confirmar, que por más pequeño que sea el porcentaje de la torta de heliotropo presente en una ración alimenticia, hay trastornos en la asimilación de los alimentos.

#### 4.9.2 Eficiencia alimenticia

Es un parámetro fundamental para buscar el número de kilogramos que un animal debe consumir para convertirlo en un kilogramo de peso vivo.

La ración Testigo muestra una diferencia altamente significativa con respecto a la ración con 5% (T2) y significativa con la ración del 7,5% (T3), lo que quiere decir que las raciones que llevan mayor cantidad de torta de heliotropo, indican con mayor claridad el efecto inhibidor de los alcaloides en cuanto a conversión se refiere.

Las raciones del 2,5% (T1), 5% (T2) y 7,5% (T3), no muestran diferencias significativas en la eficiencia alimenticia, afirmando la teoría que una mínima porción de torta de heliotropo entorpece la conversión alimenticia, factor económico fundamental en la fabricación de raciones.

#### 4.9.3 Sintomatología externa

Durante el desarrollo de la prueba no se observaron síntomas visibles de intoxicación o enfermedad alguna. Los animales dentro de los diferentes tratamientos mostraron un comportamiento y consumo de alimento normal.

La no existencia de muertes en los tratamientos que presentaron baja conversión, permite concluir que la torta de heliotropo no es tóxica en forma mortal, aunque sí contiene elementos alcaloides que inhiben el metabolismo normal de los animales.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La planta de heliotropo posee cualidades de resistencia a plagas, y enfermedades en alto grado; además por su impalatabilidad no es consumido por los animales

2. Se comprobó plenamente la existencia de almidón en el rizoma de heliotropo. El mayor porcentaje de almidón obtenido fue de 4,49% en el estado de posfloración

3. El comportamiento del almidón de heliotropo en cuanto a panificación se considera normal, excepto en lo referente al análisis organoléptico, ya que en ciertas ocasiones el sabor del pan presenta un cierto sabor amargo, que se considera como un error de procedimiento en la filtración

4. El sistema empleado en el presente trabajo para la obtención del almidón no es el mejor, ya que el producto obtenido no presenta regularidad en el color, y más que todo el sabor, que es fundamental en la industria del pan

5. El pan con almidón de heliotropo tiene un olor característico aromado, que no lo hace desagradable. El resultado más sobresaliente de todo el proceso de panificación se refiere a que las personas que consumieron dicho pan, no presentaron síntomas anormales

6. El engrudo de almidón de heliotropo tuvo igual comportamiento que el fabricado con harina de trigo, dando buena adherencia en madera y papel

7. Se comprobó la presencia de sustancias alcaloides no identificadas, tanto en la torta como en el almidón. Se cree que los alcaloides presentes en la torta son diferentes a los contenidos en el almidón

8. Se encontró aceite esencial en el rizoma de heliotropo, el cual posee alcaloides, que según resultado por espectrofotometría ultravioleta presenta un máximo muy cercano a las tetrahydroberberinas

9. El aceite esencial de la planta de heliotropo presenta un olor penetrante y estable que provoca reacción a órganos sensibles como ojos y nariz

10. Las pruebas de toxicidad realizadas a base de mezclas que incluyen torta de heliotropo, tomando como base pollitas ponedoras, indican que la torta de heliotropo contiene alguna o varias sustancias alcaloides que inhiben la asimilación de los alimentos.

En base al estudio realizado, y de acuerdo a las conclusiones, se presentan las siguientes recomendaciones :

1. El porcentaje de carbohidratos presentes en la torta, en su máximo valor, fue del 71,82%; esto hace pensar en la gran cantidad de almidón que queda adherida a la torta y por consiguiente, se hace necesario realizar un estudio a fondo sobre distintos mecanismos de extracción, para lograr elevar el bajo porcentaje de almidón

2. Se abriga la esperanza de que la planta de heliotropo contenga sustancias repelentes a insectos, por lo que su estudio en este campo contribuiría a enriquecer esta gran necesidad

3. El aceite esencial obtenido de los rizomas de la planta de heliotropo, por tener un olor muy estable sugiere realizar ensayos en la industria de la perfumería para fijación de aromas

4. Se hace necesaria la plena identificación de los alcaloides presentes en los rizomas de heliotropo; qué papel desempeñarían las sustancias

que inhiben el metabolismo animal y orientarán en mejor forma las aplicaciones industriales que pueda tener esta planta.

Se cultiva en el municipio de Nicuesa, Departamento de  
Cordillera de Talamanca (*Medicago voluvarium* K.), donde  
se produce en forma silvestre de forma tropical clima notable  
de esta especie y obtener beneficios industriales  
de sus hojas, raíces y la semilla.

Se cultiva en forma silvestre en la zona de Nicuesa y también  
en forma silvestre, obteniendo el mejor estado de madurez.  
Se cultiva en los tres estados de su período vegetativo  
y se obtienen las siguientes cifras: 2,72  
de peso seco por hectárea cosechada, respectivamente.  
Se cultiva en forma silvestre y la producción  
de la planta en su estado desde 15 a 60 cm, con un  
peso seco de la planta.

Se cultiva en forma silvestre en las zonas de  
Cordillera de Talamanca, también se produce en la planta  
de hojas y raíces para el cultivo, los productos  
de la planta en forma silvestre y que tiene gran  
valor medicinal. Se cultiva en forma silvestre  
de la planta en su estado desde 15 a 60 cm, con un  
peso seco de la planta.

## SUMMARY

This study was carried out in Ricaurte Country, Department of Nariño, Colombia. "Heliotropo" plant (Medichium coronarium K.) of Zingiberaceae family, considered as a tropical weed difficult to control, it has particular characteristics to be studied for its industrial, medicinal and food use.

The main effort was dedicated to extraction of starch from its rhizomes at the best established stage of harvesting. Starch contents for pre-flowering, flowering and postflowering stages were 2,78, 3,72 and 4,49 percent as harvested, respectively, which are considered to be low, and a rhizome weight ranging from 60 to 600 g, and a length of 15 to 40 cm, depending on stage of plant.

Several alkaloids were found from analysis of starch, meal and oil also present in plants of Medichium coronarium K. Mayer and Wagner tests made on starch and meal for alkaloids showed positive results but contrary which makes to think of the presence of different types of alkaloids. Ultraviolet spectroscopy was practiced to essential oil showing a maximum of 204 nm, very close to tetrahydroprotoberberinae, which absorbs approximately 206 nm.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. BARGALLO, M. Curso de química descriptiva inorgánica y orgánica. México, Marín, 1968. 644 p.
2. BATEMAN, V. Nutrición animal; manual de métodos analíticos. México, Herreros, 1970. 476 p.
3. BRUYLANTS, A., Et al. Química orgánica III. Trad. del francés por Jorge Bozalo. Barcelona, Teide, 1965. 800 p.
4. CARDENAS, J., REYES, E.C. y DOLL, D.J. Malezas tropicales. Bogotá, Italgraf, 1972. V. I. 338 p.
5. COLOMBIA. GOBERNACION DE NARIÑO. Anuario estadístico 1976. Pasto, Departamento Técnico de Planeación, 1977. 263 p. (Mimeografiado).
6. CORTES DE LA E., F. y VIVEROS Z., M. Análisis bromatológico. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Serie Didáctica No. 4. 1975. 25 p. (Mimeografiado).
7. CRONQUIST, A. Introducción a la Botánica. México, Continental, 1969. 79 p.
8. DOMINGUEZ, X. A. Métodos de investigación fitoquímica. México, Limusa, 1973. 281 p.
9. DULL, S. Nuevos usos para ciertos cultivos. El Surco (5): 2-8. 1977.
10. ENCICLOPEDIA DE QUÍMICA INDUSTRIAL. Editada por Fritz Ullman. Trad. del alemán por José Estalella. 2a. ed. Barcelona, Gustavo Gili, 1952. V. 4. pp. 522-549.

11. GROGCINS, P. Procesos industriales de síntesis orgánica. Trad. del inglés por Angel Vian. 4a ed. Barcelona, Gustavo Gili, 1953. 1041 p.
12. GUERRERO, R. Apuntes del curso de Estadística. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Serie Didáctica No. 2. 1973. 67p. (Mimeografiado)
13. GUTIERREZ, G. Botánica Taxonómica. México, UTEHA, 1955. 582 p.
14. HENAO, J. Química orgánica. Medellín, Ed. Medellín, 1963. V. 1. 767 p.
15. HUTCHINSON, J. The families of flowering plants; Monocotyledons. Oxford, Clarendon Press, 1950. V. 2. 765 p.
16. KELLEY, L. Organic chemistry. 2nd ed. New York, McGraw-Hill, 1957. 750 p.
17. LOMA, J. DE LA. Experimentación agrícola. México, UTEHA, 1955. 427p.
18. LUNA, T., E. Economía agrícola. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1976. 114 p. (Mimeografiado).
19. MOLLER, C. R. Química orgánica. Trad. del inglés por María Teresa Torral. 3a ed. México, Interamericana, 1966. 613 p.
20. ODUM, E., et al. Ecología. Trad. del alemán por Carlos Gerhard Ottenweder. 2a ed. México, Interamericana, 1969. 412 p.
21. PEREZ A., E. Plantas útiles de Colombia. Madrid, Rivadeneyra, 1956. 831 p.
22. SANCHEZ, P. A. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. North Carolina Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin No. 219. 1973. 215 p.

23. STRARBURGER, E., et al. Botánica. Trad. del alemán por Oriol de Bolás. 5a ed. México, Marín, 1960. 649 p.
24. SINNOTT, W. y WILSON, K. Botánica. Trad. del inglés por Oscar Brauer México, Continental, 1965. 584 p.
25. URIBE, L. Botánica. 8a ed. Bogotá, Voluntad, 1964. 313 p.
26. WILSON, L. y LOOMIS, W. Botánica. Trad. del inglés por Irina L. de Coll. México, UTEHA, 1969. 527 p.
27. WINNACKER, K. y WINGAERTNER, E. Tecnología química. Trad. del alemán por Antonio Sauroñá. Barcelona, Gustavo Gili, 1961. V. 5. 614 p.
28. YOUNKEN, W. Pharmaceutical botany. Philadelphia, Blakiston, 1951. 585 p.
29. ZAMBRANO, D., ERASO, E. y NICHOLLS, W. Atlas agrológico del Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. 1969. 256 p. (Mecanografiado).



TABLA I

ESPECIES IMPORTANTES EN LA ZONA DE RICAURTE

Familia	Nombre científico	Nombre común
Acantáceas	<u>Ruellia lorentziana</u> G.	Violetilla
Aráceas	<u>Anturium andreaeanum</u> L.	Anturio
Aráceas	<u>Xanthosoma mafafa</u> S.	Mafafa común
Bixáceas	<u>Bixa orellana</u> L.	Achiote
Ciperáceas	<u>Cyperus ferox</u> L.	Chufa, Cortadera
Ciperáceas	<u>Dichromena ciliata</u> V.	Estrellita
Ciperáceas	<u>Fimbristylis annua</u> R.	Arrocillo
Commelináceas	<u>Commelina diffusa</u> B.	Hierba de pollo
Compuestas	<u>Ageratum conyzoides</u> L.	Hierba de chivo
Compuestas	<u>Tagetes patula</u> L.	Flor de muerto
Euforbiáceas	<u>Acalypha virginical</u>	Cadillo de mazorca
Euforbiáceas	<u>Manihot esculenta</u>	Yuca
Gramíneas	<u>Setaria palmifolia</u> (Koen) Strf.	Pasto de palmo
Gramíneas	<u>Axonopus scoparius</u>	Pasto imperial
Gramíneas	<u>Panicum trichoides</u> Swartz	Paja churcada
Gramíneas	<u>Panicum fasciculatum</u> Sw.	Granadilla
Gramíneas	<u>Leptochloa filiformis</u> (Lam)	Paja mona
Gramíneas	<u>Ixopherus unisetus</u> (Presl) Sch.	Pitillo
Gramíneas	<u>Gynerium sagittatum</u> (Aubl) Beau.	Caña brava
Gramíneas	<u>Axonopus micay</u> (Fluegge) Hitch	Nicay
Gramíneas	<u>Saccharum officinarum</u> L.	Caña de azúcar
Gutíferas	<u>Clusia</u> sp.	Cucharo
Meliáceas	<u>Cedrella odorata</u> L.	Cedro
Mimosáceas	<u>Calliandra</u> sp.	Carbonero

TABLA I

ESPECIES IMPORTANTES EN LA ZONA DE RICAURTE (CONTINUACION)

Familia	Nombre científico	Nombre común
Mimosáceas	<u>Inga</u> spp.	Guamos
Miricáceas	<u>Virola</u> sp.	Virola
Mirtáceas	<u>Psidium</u> <u>guajava</u>	Guayabo
Moráceas	<u>Galactodendron</u> <u>utile</u> K.	Arbol vaca
Musáceas	<u>Musa</u> <u>sapientum</u> (L.) O. Kae.	Plátano
Nictagináceas	<u>Bougainvillea</u> <u>glabra</u> Choisy	Veranera
Orquidáceas	<u>Epidendrum</u> sp.	Orquidea
Orquidáceas	<u>Elleanthus</u> <u>xanthocomus</u> R.	Orquidea
Orquidáceas	<u>Mixillaria</u> sp.	Orquidea
Orquidáceas	<u>Miltonia</u> sp.	Orquidea
Orquidáceas	<u>Odontoglossum</u> sp.	Orquidea
Orquidáceas	<u>Oncidium</u> sp.	Orquidea
Orquidáceas	<u>Pleurothallis</u> sp.	Orquidea
Orquidáceas	<u>Telipogon</u> sp.	Orquidea
Piperáceas	<u>Pothomorphe</u> <u>peltata</u> (L.)	Santamaría
Poligonáceas	<u>Triplaris</u> sp.	Vara santa
Pontederiáceas	<u>Monochoria</u> <u>vaginalis</u> (Burn)	Monocoria
Rutáceas	<u>Citrus</u> <u>aurantium</u> L.	Naranja
Rutáceas	<u>Citrus</u> <u>limon</u> Burman	Limón
Zingiberáceas	<u>Costus</u> <u>villosissimus</u> Jacqu.	Caña agria
Zingiberáceas	<u>Costus</u> <u>argentus</u> K. Schum.	Caña agria

TABLA II

ANÁLISIS DE SUELO PROVENIENTE DEL MUNICIPIO DE RICAURTE (NARIÑO) (\*)

Humedad (Pw), %	12,13
Arenas, %	50,17
Arcillas, %	12,83
Limos, %	37,00
Textura	Franco
pH colorimétrico	6,00
Nitrógeno intercambiable (N), ppm	114,46
Nitrógeno intercambiable (N), Kg/Ha	228,92
Carbono orgánico, %	4,01
Materia orgánica, %	6,91
Fósforo aprovechable, ppm	7,09
Fósforo aprovechable, Kg/Ha	14,18

(\*) Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño

TABLA III

COMPOSICION PROMEDIA DE LOS RIZOMAS DE HELIOTROPO  
EN DIFERENTES ESTADOS DE MADURACION,  
EN BASE A 1.000 g (\*)

Estado	Almidón %	Torta %	Humedad %
Prefloración	2,78 ± 0,27	8,75 ± 0,80	88,41 ± 0,95
Floración	3,72 ± 0,36	17,49 ± 0,82	78,75 ± 0,96
Posfloración	4,49 ± 0,47	18,95 ± 0,75	76,51 ± 0,83

(\*) Los cálculos están basados en 30 muestras para cada estado de maduración

TABLA IV

INCREMENTO DE PESO EN POLLITAS SEX LINK, ALIMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES DE TORTA DE HELIOTROPO (g) (\*)

Replicaciones	Testigo	Tratamiento 1 2,5%	Tratamiento 2 5%	Tratamiento 3 7,5%
1	259,17	120,7	130,70	74,29
2	165,10	174,95	109,32	143,72
3	260,04	143,50	92,51	158,40
4	161,21	124,15	143,30	101,95
5	184,13	150,05	107,11	112,25
Totales	1.029,651	713,35	582,94	590,61

(\*) Para el cálculo de incremento de peso se tomó el peso inicial de cada pollita, y el peso final a los 30 días que finalizó el experimento.

TABLA V

ANALISIS DE VARIANCA CORRESPONDIENTE AL INCREMENTO DE PESO  
EN LAS CUATRO RACIONES ALIMENTICIAS

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F Ob.	Ft. 5% 1%
Tratamiento	3	26.224,20	8.741,40	7,78**	3,24 5,29
Residuo	16	17.957,44	1.122,34		
Total	19	44.181,64			

\*\* : Altamente significativo

TABLA VI

COMPARACION DE MEDIAS DE INCREMENTO DE PESO, EN LAS CUATRO RACIONES ALIMENTICIAS. PRUEBA DE TUKEY

	(T)	(T1)	(T2)
	205,93	142,67	118,122
(5%)	89,342**	26,082 <sup>NS</sup>	1,534 <sup>NS</sup>
(7,5%)	118,122	24,548 <sup>NS</sup>	---
(2,5%)	142,67	---	---

valor de Tukey 5% = 60,678    \*\* : Altamente significativo  
 valor de Tukey 1% = 77,757    \* : Significativo  
 NS : No significativo

TABLA VII

CONVERTIBILIDAD EN FOLLIAS SEA LINK, ALIMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES DE  
TORTA DE HELIOTROPO (8) (°)

Replicaciones	Testigo	Tratamiento		
		Tratamiento 1 2,5%	Tratamiento 2 5%	Tratamiento 3 7,5%
1	1,58	4,23	3,88	7,05
2	3,11	3,07	6,88	5,05
3	2,24	4,56	8,41	3,51
4	3,22	3,92	3,76	5,07
5	2,50	4,60	5,93	5,81

(°) Para la convertibilidad se tomó el incremento de peso individual con respecto al consumo promedio de cada tratamiento, al cabo de 30 días que finalizó el experimento

TABLA VIII

ANALISIS DE VARIANZA CORRESPONDIENTE A LA CONVERTIBILIDAD  
EN LAS CUATRO RACIONES

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Ft.	
			Obs.	5%	1%	
Tratamiento	3	31,25	10,41	6,42**	3,24	5,29
Residuo	16	26,047	1,62			
Total	19	58,297				

\*\* : Altamente significativo

F<sub>0,05</sub> = 3,24 ; F<sub>0,01</sub> = 5,29

F<sub>0,05</sub> = 3,24 ; F<sub>0,01</sub> = 5,29

\*\* : No significativo

TABELA IX

COMPARACION DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS EN LA CONVERTIBILIDAD  
DE LAS CUATRO RACIONES. PRUEBA DE TUKEY

	(T)	(T2)	(T3)	(T1)
	2,53	3,242**	2,768*	1,546 <sup>NS</sup>
(2,5%)	4,076	1,696 <sup>NS</sup>	1,222 <sup>NS</sup>	---
(7,5%)	5,298	0,474 <sup>NS</sup>	---	---

Valor de Tukey 5% = 2,30      \*\* : Altamente significativo  
 Valor de Tukey 1% = 2,95      \* : Significativo  
    NS : No significativo