

T
615.321
5215

**NO SALE A
DOMICILIO**

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA"

FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

"SÍNTESIS PARCIAL (DERIVATIZACIÓN) DEL PIGMENTO HIDROSOLUBLE
TURMERATO DISÓDICO A PARTIR DEL ÁCIDO TURMÉRICO AISLADO DE
Cúrcuma longa L. (PALILLO O TURMÉRICO) CON BICARBONATO DE SODIO.
APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA"

PRESENTADO POR:

Bach : PEDRO STALIN SANTA MARÍA SHAPIAMA

Bach : JORGE LUIS ALAVA GRANDEZ

ASESORES:

Ing : JULIO ARCE HIDALGO

Q.F. : LUIS ALBERTO VILCHEZ ALCALÁ Mgr.



IQUITOS-PERÚ

2011

DONADO POR:
Santa Maria Shapiama Pedro Stalin
Iquitos, 18 de 05 de 2011

Síntesis Parcial (Derivatización) del pigmento hidrosoluble Turmerato Disódico a partir del ácido turmérico aislado de *Cúrcuma Longa L.* (Palillo o Turmérico) con Bicarbonato de Sodio. Aplicación en la Industria Farmacéutica.

Pedro Stalin Santa María Shapiama y Jorge Luis Alava Grandez

RESUMEN

El ácido turmérico es un pigmento de gran estabilidad de color naranja amarillo con un valor de $\lambda_{\text{máx}}$ en ETOH de 430 nm medido en el espectro UV-Visible JENWAY modelo 6505. Tiene el gran inconveniente de ser insoluble en agua que da lugar a que su uso sea restringido a solventes menos polares (alcohol, éter di etílico, ácido acético). Mediante este estudio se trata de demostrar que es posible derivatizarlo con bicarbonato de sodio en medio alcohólico - acuoso (90:10) v/v para obtener turmerato disódico un producto hidrosoluble que le permitirá una ampliación de su uso a nivel alimenticio y en el campo farmacológico. Cuando se forma el turmerato disódico aparecen unos cristales de color rojo intenso, de forma romboédrico, de punto de fusión 162 °C que medido en el espectrofotómetro UV- Visible JENWAY modelo 6505 da un valor de $\lambda_{\text{máx}}$ en agua de 486 nm que significa propiamente un desplazamiento batocrómico de 56 nm en relación al ácido turmérico como si se tratara del efecto producido por un reactivo de desplazamiento.

El turmerato disódico se produce en una reacción simultánea; que se da en 2 pasos, primero hay formación de puentes de hidrógeno y solvatación de los dos grupos OH del ácido turmérico con los electrones libres de los oxígenos de las moléculas tanto del agua como del alcohol etílico para formarse los iones hidroxonio y hetoxonio (H_3O^+ , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_2^+$) respectivamente dando lugar a una reacción nucleofílica ($\text{S}_{\text{N}}1$), entonces el ácido turmérico forma un anión doble listo para reaccionar con dos cationes Na^+ aportados por el bicarbonato ionizado dando lugar a una reacción electrofílica de sustitución ($\text{S}_{\text{E}}1$) en la que dos iones sodio (Na^+) atacan a los aniones oxígeno produciendo el turmerato disódico.

Palabras claves

Cúrcuma Longa L. ácido turmérico, bicarbonato de sodio, turmerato disódico.

Partial síntesis (Derivatization) of the hidrosoluble pigment disodic turmerate by means turmeric acidic of the *Cúrcuma Longa L.* (Palillo o Turmérico) isolated with sodium bicarbonate. Application in the pharmaceutical industry.

Pedro Stalin Santa María Shapiama y Jorge Luis Alava Grandez

ABSTRACT

The turmeric acidic is a pigment very stable of colour orange- yellow with a value of λ_{\max} in ethyl alcohol of 430 nm was measurement in a spectrophotometer JENWAY model 6505 it has a big inconvenient that is insoluble in water, what make restrictive his use in solvent less polars (alcohol, diethylic ether. acetic acidic).

The purpose of this study was demonstrate that is possible his Derivatization with sodium bicarbonate by means reaction in solution alcohol - aqueous (90:10) v/v with titration of turmeric acidic used with titulant sodium bicarbonate until to produce a colour red intensive, crystals romboedric forms melting point 162 °C measurement in spectrophotometer UV- Visible JENWAY model 6505 give a band of λ_{\max} in ethyl alcohol of 486 nm, this represent a batochromic shift of fifty six nanometers in relation at the turmeric acidic. resembling at the produced effect for a reagent of shift.

The turmerate disodic is produced in simullaneous reaction. first there is formation of hydrogen's bridges and solvation of two OH groups of the turmeric acidic with the free electrons of the oxygen's of the molecules both water and alcohol is formed the lionius hidroxonio and hetoxonio (H_3O^+ , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_2^+$) respectively. giving place at the nucleophylic reaction (SN_1) on the polar solvents. On that occasion the turmeric acidic will form free anion binary remain by to produce a reaction with cations two Na^+ of the sodium bicarbonate ionized in medium aqueous. the ions Na^+ attack even two centers of the oxygen's anions, because need free electrons for stabilizer usof this way is produce disodium turmerate.

Key Words.

Cúrcuma longa . turmeric acidic, sodium bicarbonate. Disodium turmerate.



UNAP

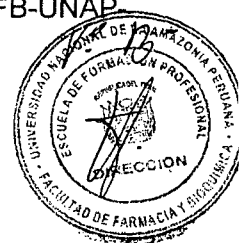
**Facultad de
Farmacia y Bioquímica**

"Año del Centenario de Machu Picchu para el Mundo"

ACTA DE SUSTENTACION

En el caserío de Nina Rumi, Distrito de San Juan Bautista, Departamento de Loreto, a los04..... días del mes de FEBRERO.....del dos mil once, siendo las 10:00 horas, los Miembros del Jurado Calificador de Tesis designado según Resolución de Coordinación N°012-FFB-UNAP 2011, integrados por los señores docentes que a continuación se detalla:

- Ing. Gladys Cárdenas De Reátegui Presidente
- Ing. Alenguer Alva Arévalo Dr. Miembro
- Q.F. Carlos E. Calloapaza Valladares Mgr. Miembro



Se constituyeron en las instalaciones de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, para proceder a dar inicio al Acto Académico de Sustentación Pública de la Tesis Titulada "SÍNTESIS PARCIAL (DERIVATIZACIÓN) DEL PIGMENTO HIDROSOLUBLE TURMERATO DISÓDICO A PARTIR DEL ÁCIDO TURMÉRICO AISLADO DE *Cúrcuma longa* L. (PALILLO O TURMÉRICO) CON BICARBONATO DE SODIO. APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA", presentado por los Bachilleres PEDRO STALIN SANTA MARÍA SHAPIAMA Y JORGE LUIS ALAVA GRANDEZ, para optar el TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO FARMACÉUTICO, que otorga la UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA, de acuerdo a la Ley Universitaria N° 23733 y el Estatuto General de la UNAP vigente.

Luego de haber escuchado con atención la exposición de los sustentantes, y habiéndose formulado las preguntas respectivas, las cuales fueron respondidas:

SATISFACTORIAMENTE

Los miembros del Jurado Calificador llegaron a las siguientes conclusiones:

- 1.- La Tesis ha sido..... APROBADA POR UNANIMIDAD
- 2.- Observaciones.....

Siendo las 11:00 horas se dio por concluido el Acto Académico de Sustentación Pública de la Tesis, felicitándoles a los sustentantes por su ACEPTABLE EXPOSICION.....

Ing. Gladys Cárdenas De Reátegui
Presidente

Ing. Alenguer Alva Arévalo Dr.
Miembro

Q.F. Carlos E. Calloapaza Valladares Mgr.
Miembro

DEDICATORIA

Con amor y agradecimiento a mis queridos padres: Weigmer Ángel Santa María Guzmán y Zoila Shapiama Valera.

A mis hermanos: Lenin, Trosqui, Ayde. Lili, Pilar, Fidel, y a mi adorable sobrinita Jimena.

Pedro Stalin Santa María Shapiama

DEDICATORIA

En el nombre de Dios, el compasivo, el misericordioso (Allah, Alá), por darme fuerzas en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis padres: Olga Marina Grandez Pérez y Elger Alava Nuñez.

Jorge Luis Alava Grandez

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y a la Facultad de Farmacia Bioquímica por brindarnos los conocimientos científicos, tecnológicos y humanísticos en la formación de nuestra carrera profesional.

Al Ingeniero Julio Arce Hidalgo por su constante colaboración en el asesoramiento teórico y experimental de la presente tesis y por su invaluable amistad.

Al Laboratorio de Productos Naturales y de Análisis por Instrumentación de la Facultad de Ingeniería Química de la UNAP, por facilitarnos sus instalaciones, equipos y materiales necesarios para la desarrollar la parte experimental.

Al Químico Farmacéutico Luis Albero Vílchez Alcalá por su constante colaboración en la elaboración de la presente tesis.

A los miembros de nuestro jurado calificador; a la Ing. Gladys Cárdenas, al Q.F Carlos Calloapaza y muy en especial al Dr. Allenger Alva Arévalo por la rigurosa exigencia en la corrección de la tesis.

A nuestra bella y hermosa tierra que nos vio nacer.

A mi Musa Inspiradora Deisy Tenazoa Wong.

A mis amigos: Antonio Ayachi, Erick Sajamí, Querubín Fachin. Samuel Taminche, Fredy Flores.

A mis hermanas Jenny, Viviana y a mi hermano Elger Alava y a mis sobrinos Adriano, Paolo y Vivian.

LISTA DE ABREVIATURA

CO ₂	= Anhídrido Carbónico
F.D.A.	= Administración de Drogas y Alimentos
ETOH	= Alcohol Etilico
H ₂ SO ₄	= Ácido Sulfúrico
Na ⁺	= Cation Sodio
CoA	= Acetil Coenzima A.
pH	= Potencial de Hidrogeno
T.L.C.	= Cromatografía de Capa Fina
g	= Gramo
g/mol	= Gramo Mol
Na OH	= Hidróxido de Sodio (Soda Caustica)
H ₃ O ⁺	= Lion Hidroxonio
C ₂ H ₅ OH ₂ +	= Lion Hetoxinio
λ _{máx}	= Longitud de onda máxima
mg	= Miligramo
ml	= Mililitro
nm	= Nanometro
π	= Pi
KMnO ₄	= Permanganato de potasio
P.F.	= Punto de Fusión
Q.P.	= Químicamente Puro
SE ₁	= Sustitución Electrofilica
SN ₁	= Sustitución Electrofilica

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN

PAGINA DE APROBACION

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

PÁG

CAPITULO I

1.1	INTRODUCCION	2
1.2	PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3	OBJETIVOS	8
1.3.1	OBJETIVO GENERAL	8
1.3.2	OBJETIVO ESPECIFICO	8

CAPITULO II

2.1	MARCO TEORICO	10
2.1.1	MATERIAL VEGETAL DEL QUE SE OBTIENE EL COLORANTE	10
2.1.2	CLASIFICACION TAXONOMICA	11
2.1.3	DESCRIPCION BOTANICA	11
2.1.4	DISTRIBUCION GEOGRAFICA	11
2.1.5	INFORMACIÓN ETNOBOTANICA	12
2.1.6	CONSTITUYENTES QUIMICOS Y ACTIVIDAD BIOLOGICA	13
2.1.7	ACIDO TURMERICICO	13
2.1.8	SOLUBILIDAD	14
2.1.9	BIOGENESIS	14
2.1.10	AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO	17
2.1.11	MODERNOS MÉTODOS DE AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DE ÁCIDO TURMÉRICO DE <i>Cúrcuma longa L.</i> (PALILLO O TURMÉRICO)	18
2.1.12	SÍNTESIS DEL ÁCIDO TURMÉRICO	18
2.1.13	TEORIA SOBRE EL COLOR	19
2.1.14	CINÉTICA DE LA REACCIÓN DEL TURMERATO DISODICO	20
2.1.14.1	ATAQUE NUCLEOFÍLICO	20
2.1.14.2	ATAQUE ELECTROFÍLICO	22

2.2	DEFINICIONES OPERACIONALES	24
2.2.1	VARIABLES	24
2.2.1.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	24
2.2.1.2	VARIABLE DEPENDIENTE	24
2.2.1.3	VARIABLE INTERVINIENTE	24
2.2.1.4	INDICADORES	24
2.2.1.4.1	VARIABLE INDEPENDIENTE	24
2.2.1.4.2	VARIABLE DEPENDIENTE	24
2.2.1.4.3	VARIABLE INTERVINIENTE	24
2.2.2	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	25

2.3	HIPÓTESIS	28
-----	-----------	----

CAPITULO III

3.1	METODOLOGIA	30
3.1.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
3.1.2	UNIDAD EXPERIMENTAL	30
3.1.3	PROCESO TECNOLÓGICO SEGUIDO EN EL AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO PARA UTILIZAR EN EL PROCESO DE DERIVATIZACIÓN A TURMERATO DISÓDICO	30
3.1.4	PRUEBAS PARA DETERMINAR SU PUREZA	33
3.1.5	PRUEBAS PARA DETERMINAR EL PUNTO DE FUSIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO	33
3.1.6	PROCEDIMIENTO PARA LA DERIVATIZACIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO A TURMERATO DISÓDICO	34
3.1.7	MATERIALES Y REACTIVOS QUE SE UTILIZAN EN LA DERIVATIZACION DE TURMERATO DISODICO	36
3.1.7.1	ACIDO TURMERICICO	36
3.1.7.2	PUREZA DEL MATERIAL BICARBONATO DE SODIO	36
3.1.7.3	PUREZA DEL ALCOHOL ETÍLICO	37
3.1.7.4	PUREZA DEL AGUA	37
3.1.8	DERIVATIZACION DEL TURMERATO DISODICO A PARTIR DE ACIDO TURMERICICO Y BICARBONATO DE SODIO	37
3.1.8.1	PASOS SEGUIDOS EN LA OBTENCIÓN DEL TURMERATO DISÓDICO	38
3.1.7.6	PRUEBAS DE TINCIÓN DEL TURMERATO DISÓDICO	39
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1	POBLACIÓN VEGETAL	40
3.2.2	MUESTRA	40
3.2.3	CRITERIOS DE INCLUSIÓN DE LA MUESTRA	40

3.2.4	CRITERIOS DE EXCLUSION DE LA MUESTRA	40
3.3	INSTRUMENTOS, MATERIALES Y REACTIVOS	41
3.3.1	APARATOS Y EQUIPOS	41
3.3.2	MATERIALES	41
3.3.2.1	MATERIALES DE VIDRIO Y OTROS	41
3.3.2.2	MATERIALES DE METAL	41
3.3.2.3	REACTIVOS	42
3.3.2.4	MATERIALES DE SEGURIDAD	42

CAPITULO IV

4.1	RESULTADOS	44
4.1.1	RESULTADOS DEL ACIDO TURMERICO	44
4.1.1.1	REACCIÓN SIMPLIFICADA DEL ÁCIDO TURMÉRICO CON BICARBONATO DE SODIO	44
4.1.1.2	COLOR Y FORMA DE LOS CRISTALES	44
4.1.1.3	ESPECTRO UV-VISIBLE DEL ACIDO TURMERICO	45
4.1.2	RESULTADOS DEL TURMERATO DISODICO	46
4.1.2.1	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL TURMERATO DISÓDICO	47
4.1.2.2	RENDIMIENTO	47
4.1.2.3	PRUEBAS FISICOQUIMICAS DEL TURMERATO DISODICO OBTENIDO	48
4.1.2.3.1	DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FUSIÓN	48
4.1.2.3.2	COLOR Y FORMA DEL CRISTAL	48
4.1.2.3.3	SOLUBILIDAD	48
4.1.2.3.4	ESTABILIDAD DEL COLOR	48
4.1.2.3.5	PUREZA DE LOS CRISTALES	48
4.1.2.3.6	REACCION DE IDENTIFICACION CUANTITATIVA DEL TURMERATO DISODICO CON REACTIVOS CROMOFORICOS	49
4.1.2.4	IDENTIFICACIÓN DEL TURMERATO DISÓDICO POR ESPECTROMETRÍA ULTRAVIOLETA-VISIBLE	50
4.1.2.5	MECANISMO DE LA REACCION	52
4.2	DISCUSIÓN	55
4.3	CONCLUSIÓN	59
4.4	RECOMENDACIONES	60
4.5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Páginas

ANEXO I

- ❖ LISTA DE COLORANTES SINTÉTICOS
DE USO ALIMENTICIO APROBADOS POR LA F.D.A. 63

ANEXO II

- ❖ ESPECIES VEGETALES QUE POSEEN
COLORANTES NATURALES. 64

ANEXO III

- ❖ FICHA DE IDENTIFICACION DE LA
ESPECIE VEGETAL 65

INDICE DE CUADROS

	PÁGINAS
❖ OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	25
❖ BALANCE DE MATERIA DE REACTANTES PARA OBTENER EL PRODUCTO O PRODUCTOS	46
❖ CONSTANTES FÍSICAS DEL TURMERATO DISÓDICO Y CAPACIDAD DE TINCIÓN	47

INDICE DE FIGURAS

❖ Fig. N° 1 RUTA METABÓLICA DEL ÁCIDO SHIKIMICO SEGUIDA POR LOS PRECURSORES EN LA FORMACIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO.	16
❖ Fig. N° 2 REACCIÓN DE PRIMER ORDEN SN_1	21
❖ Fig. N° 3 REACCIÓN DE PRIMER ORDEN SE_1	23
❖ Fig. N° 4 FLUJOGRAMA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	32
❖ Fig. N° 5 FLUJOGRAMA DEL PROCESO SEGUIDO EN LA DERIVATIZACIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO A TURMERATO DISÓDICO.	35
❖ Fig. N° 6 DIAGRAMA DE BLOQUE DE LA OBTENCIÓN DE TURMERATO DISÓDICO.	38
❖ Fig. N° 7 REACCIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO CON BICARBONATO DE SODIO SIMPLIFICADA.	44
❖ Fig. N° 8 ESPECTRO UV-VISIBLE DEL ÁCIDO TURMÉRICO OBTENIDO EN EL JENWAY MODELO 6505 DE LA F.I.Q. DISUELTO EN ALCOHOL ETÍLICO	45
❖ Fig. N° 9 REACCIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO CON CON REACTIVOS CROMOFOROS	49
❖ Fig. N° 10. ESPECTRO UV – VISIBLE DEL TURMERATO DISÓDICO	51
❖ Fig. N° 11 FORMACIÓN DE PUENTES DE HIDRÓGENOS DEL SOLVENTE AGUA CON EL ÁCIDO TURMÉRICO Y RUPTURA DEL ENLACE (OH) DEL ÁCIDO TURMÉRICO PARA FORMAR LIONIOS HIDROXONIOS	52
❖ Fig. N° 12 FORMACIÓN DE PUENTES DE HIDRÓGENO DE SOLVENTE ETANOL CON ÁCIDO TURMÉRICO FORMANDO UN DOBLE ANIÓN TURMERATO Y EL CORRESPONDIENTE LIONIO $C_2H_5OH_2^+$ (HETOXONIO)	53
❖ Fig. N° 13 FORMACIÓN DEL TURMERATO DISÓDICO MEDIANTE UNA REACCIÓN NUCLEOFÍLICA	54
❖ Fig. N° 14 MOLÉCULA DE ÁCIDO TURMÉRICO, GRUPO OH MOSTRANDO CARGAS PARCIALMENTE DIFERENTES.	56
❖ Fig. N° 15. DOBLE ANIÓN TURMERATO	57

INDICE DE FOTOS

Foto 1.- <i>Cúrcuma Longa L.</i> (Palillo o Turmérico)	66
Foto 2.- Recolección de la Planta Entera <i>Cúrcuma Longa L.</i> (Palillo o Turmérico).	66
Foto 3.- Preparación para su Identificación en el Herbarium Amazonense de la UNAP.	67
Foto 4.- Rizomas Lavados de <i>Cúrcuma Longa L.</i> (Palillo o Turmérico).	67
Foto 5.- Proceso de Picado de <i>Cúrcuma Longa L.</i> (Palillo o Turmérico).	68
Foto 6.- Proceso de Semi Secado <i>Cúrcuma Longa L.</i> (Palillo o Turmérico)	68
Foto 7.- Secado del Polvo de Palillo o Turmérico en estufa.	69
Foto 8.- Polvo de Palillo o Turmérico Molido en mortero.	69
Foto 9.- Solución de n-hexano en reposo con Palillo o Turmérico.	70
Foto 10.- Agitación de Solución de n-hexano de Palillo o Turmérico.	70
Foto 11.- Proceso de Filtrado del Extracto n-hexánico.	71
Foto 12.- Concentración en Rotavapor de la Solución de n-hexano del Palillo o Turmérico.	71
Foto 13.- Desengrase del Palillo o Turmérico en polvo en el aparato de soxhlet.	72
Foto 14.- Observación del Proceso de Cristalización del Ácido Turmérico.	72
Foto 15.- Evaporación del Solvente en la Cristalización del Ácido Turmérico.	73
Foto 16. Purificación del Ácido Turmérico por TLC.	73
Foto 17.- Ácido Turmérico (curcumina) químicamente puro.	74
Foto 18.- Bicarbonato de Sodio químicamente puro.	74
Foto 19.- Formación del Turmerato Disódico en solución alcohólico acuoso (90:10) v/v.	75
Foto 20.- Formación de Cristales de Ácido Turmérico.	75
Foto 21.- Balanza Analítica.	76
Foto 22.- Espectrofotómetro UV-Visible JENWAY Modelo 6505.	76
Foto 23.- Observación del Turmerato Disódico.	77
Foto 24.- Turmerato Disódico químicamente puro.	77

CAPITULO I

1.1. INTRODUCCION

La F.D.A (Food and Drugs Administration) ha reconocido que los colorantes artificiales, por lo general son tóxicos y se debe restringir su uso en la alimentación humana y animal. El propósito principal innovativo y necesario es sustituirlo con colorantes naturales aislados de plantas fundamentalmente bioflavonoides tales como: antocianidinas, betalainas, flavonas, etc. y antraquinonas como: ácido carmínico, seudopurpurina, naftoquinonas como alcanina, alcanán; carotenoides como: bixina, luteína, etc. ^(3 y 4)

Estos pigmentos naturales pueden obtenerse de hojas, flores, frutos, semillas, raíces, rizomas de las plantas, etc. la dificultad radica en que gran parte de estos colores vivos sobre todo en antocianidinas, betalainas son lábiles y reaccionan fácilmente con la luz solar produciendo reacciones fotoquímicas que generan otros productos de oxidación desmejorándose y perdiendo su tonalidad. Si se quiere conservarlos es necesario estabilizarlos haciéndolos reaccionar con metales monovalentes, divalentes en medio ácido (ácido clorhídrico principalmente) para formar complejos o quelatos de apreciable coloración. ⁽³⁾

Pero colorantes de naturaleza diferuloilmetano como el ácido turmérico aislado de la *Cúrcuma longa* L. (Palillo o Turmérico) son muy estables frente la luz solar, incluso la humedad, su color queda estable, sus propiedades fisicoquímicas a pesar del tiempo se conservan intactas; el inconveniente radica en que el colorante no es soluble en agua y la mayor cantidad de preparados galénicos bebibles y productos alimenticios resultan económicos y fáciles de administrarse cuando son solubles en agua.

Para lograr su solubilidad precisa derivatizarlo es decir lograr una síntesis parcial haciéndole reaccionar con sales alcalinas débiles de bicarbonato de sodio, potasio, magnesio, zinc en etanol acuoso (90:10) v/v a temperatura moderada (45°C), para no romper el grupo metileno centro quiral de la molécula o ruptura de los dobles enlaces C-C de los grupos carbonilos de la molécula de diferuloilmetano que de hacerlo formaría hidruros y ácido ferúlico, u otros derivados fenólicos.

Valiéndonos de su facilidad por reaccionar en medio básico nos hemos planteado un método factible de lograr su derivatización apoyándonos en la posibilidad de bajar la solubilidad de los reactivos, por ejemplo el agua tiene una constante dieléctrica de 80.37 que se puede rebajar mezclándolo con alcohol que tiene una polaridad de 24.30, esto permitirá que el agua pueda participar junto con el alcohol en reacciones que demandan de solventes de menor polaridad como es el caso de la sustancia que se quiere modificar, ácido turmérico en turmerato disódico.

El método que desarrollaremos, permitirá contar con un producto hidrosoluble que amplíe su uso y capacidad de asimilación por el organismo pero también para ser usado en el tratamiento de enfermedades graves tales como: cáncer de piel, artritis reumatoidal, hepatitis, ictericia⁽⁵⁾. Con esta nueva e innovativa de propuesta tecnológica se podría abrir paso a una línea atingente con el desarrollo de la industria farmacéutica nacional.

Debemos señalar que investigaciones recientes relacionadas con los colorantes de esta planta permitirá ampliar la cobertura de uso y abrir nuevas perspectivas en el campo medicinal preventivo por haberse descubierto nuevas propiedades como antioxidante, en el tratamiento de enfermedades inflamatorias del tracto digestivo, en la reducción del colesterol LDL e inclusive como antibiótico.⁽¹⁴⁾

La *Cúrcuma longa* L. (Palillo o Turmérico) como materia prima y el ácido turmérico como su colorante principal volverán a cobrar expectativa universal quizá no como colorante para uso textil, como era su antiguo propósito, pero si en la alimentación y como preventivo de una serie de enfermedades que constituyen el flagelo del siglo⁽⁵⁾. La producción de palillo en forma intensiva dada su demanda permitirá aperturar una nueva línea de producción agrícola de plantas medicinales inexistentes en la Amazonía Peruana.

Desafortunadamente no se dispone de estadísticas de este cultivo a pesar de tener un uso permanente en la culinaria amazónica para el aderezo de los alimentos, pero el Ministerio de Agricultura al parecer no lo considera de importancia.

Informaciones preliminares aunque muy conservadores en base a un consumo per-cápita de 250 mg/día del rizoma molido sobre una población de 500,000 consumidores, precisó una producción aproximada de 44 ton/año. Equivalente a cosechas de rizomas frescos de 250 ton/año, esta producción se vería incrementada, con la apertura de sus nuevos usos y mayores demandas, ventajas comparativas que ponen en relieve la importancia de realizar este trabajo de investigación para brindar una alternativa terapéutica e industrial y en el campo farmacéutico iniciar la movilización, transformación de este recurso que en la actualidad su uso sólo se limita al campo de la culinaria doméstica.⁽⁴⁾

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la década del 80 del siglo pasado empieza un despertar mundial en base a la necesidad de sustituir los colorantes artificiales usados en la alimentación humana por colorantes naturales aislados de diferentes órganos de las especies vegetales: frutas, flores, hojas, rizomas, etc.

Este movimiento es propiciado en parte por la F.D.A y otras instituciones europeas reguladoras de productos alimenticios pero mayoritariamente como una exigencia de consumidor mundial al constatar el grado de toxicidad de los colorantes artificiales utilizados en la tinción de alimentos; amaranto, rodamina, eosina y tartrazina de estructuras azo o trifenil metano que producen efectos secundarios; mutagénicos, teratogénicos y también de los que se sospecha pueden inducir cáncer.⁽¹⁾

Es difícil contar con la información detallada de estos colorantes que se consumen en el país, el Perú como importador, solo se limita a conocer las listas de oferta con el nombre oficial, el nombre común, más no la estructura química del colorante, en la actualidad muchos de estos colorantes legalmente permitidos han sido retirados considerando su nivel de toxicidad y mutagenicidad, la información sobre estos productos se reducen a una lista muy corta que para ilustración incluimos en el (Anexo 1).⁽²⁾

Además de estos colorantes sintéticos la FDA permite el uso de colorantes naturales: harina de algas, alkanet, jugo de remolacha, bixina, norbixina, ácido carmínico, carotenos, xantofilas y β -apo-8-carotenol. Bajo las consideraciones señaladas es importante apuntar hacia el uso de los colorantes naturales para sustituir enteramente a los artificiales, si es que se dispondría de materia prima suficiente para su elaboración o si las políticas nacionales sobre salud estarían interesadas en eliminar el consumo e importación de productos artificiales inadecuados o contraindicados.

En los bosques de la Amazonía peruana existen especies vegetales silvestres cuyos órganos: frutos, flores, hojas, semillas, raíces, rizomas, etc. son fuente

valiosa de colorantes, la desventaja radica en que la mayoría de ellas fructifican en forma estacional.

Lo deseable fuera contar con mayor número de plantas de fructificación permanente para disponer de ellas todo el año constituyéndose en un renglón de actividad productiva vinculado a la industria de los colorantes naturales. Un inventario somero de las especies vegetales que poseen colorantes (pigmentos) en la región Loreto nos ha permitido disponer del cuadro N° 1. (Anexo 2).

Los colorantes más estables entre todos los que conocemos en la región Loreto son: la bixina del achiote (*Bixa Orellana*) y el ácido turmérico proporcionado por los rizomas de la *Cúrcuma longa L.* (Palillo o Turmérico), cuyo método de aislamiento consiste en desengrasar los rizomas molidos, extraerlo con alcohol etílico y aplicando partición de fases quitar las sustancias liposoluble remanentes y finalmente llevarlo a procesos de cristalización en alcohol etílico.⁽⁴⁾

El Palillo o Turmérico por ser una planta de breve periodo de fructificación resulta ser la más adecuada para la obtención de colorante dada la ventaja de su alta estabilidad, no se desnaturaliza con la luz solar. Los rizomas se cosechan a los 9 meses de haber sido sembrados, y cuando están maduros llegan a contener 1.5 a 2% de materia colorante.

La desventaja del ácido turmérico frente a los pigmentos fundamentalmente antocianidínicos es que no es hidrosoluble (soluble en agua), entonces para ser presentado como colorante para la tinción de productos farmacéuticos, productos alimenticios: cárnicos, grasos, lácteos, farináceos, y bebidas gasificadas, etc, es menester derivatizarlo, propósito que se consigue mediante el tratamiento con bases débiles como bisulfito de sodio o bicarbonato de sodio, bisulfito de Zinc o de Magnesio.

Aunque se desestima la reacción con los compuestos químicos como: bisulfito de sodio, bisulfito de Zinc o bisulfito de Magnesio porque necesita de procesos químicos complementarios para la eliminación del SO₂ después de la reacción, mientras que con los compuestos bicarbonatados no precisa de esta secuencia

porque el CO₂ se elimina durante la reacción para la formación del turmerato disódico. Lo que sí es importante señalar es que con cualquiera de los reactantes citados, el mecanismo de reacción es el mismo.

En la actualidad el ácido turmérico además de su uso en culinaria tiene aplicaciones importantes en el tratamiento de enfermedades como: artritis asociado con glucosamina, según el Dr. Braly el ácido turmérico y el sulfato de glucosamina disminuyen el dolor y la inflamación cuando se utiliza en forma compuesta además se ha demostrado que son capaces de bloquear la formación de tumores. ⁽⁵⁾

Cuando empezó el desarrollo de la industria textil mundial en el siglo XVIII, el interés hacia el ácido turmérico se orientaba a obtener un producto para la tinción de telares, ⁽³⁾ por esa razón quizá no era ningún impedimento trabajar con sub-acetato de plomo para lograr su purificación a pesar que ya se conocía su toxicidad, más cuando se comprobó su actividad cancerígena ⁽¹⁴⁾; este método quedó en desuso, porque resultaba inviable para la industria alimentaria, cosmetológica y farmacológica. ⁽¹⁾

Finalmente señalamos que:

¿Es posible desarrollar un método de derivatización o síntesis parcial adecuada para la obtención de un colorante hidrosoluble, a partir del ácido turmérico aislado de *Cúrcuma longa L.* (Palillo o Turmérico) con bicarbonato de sodio, para sustituir los pigmentos artificiales?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Obtener turmerato disódico a través de una derivatización o síntesis parcial del ácido turmérico con bicarbonato de sodio para su aplicación en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmetológica

1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Aislamiento y purificación del ácido turmérico a partir de los rizomas de *Cúrcuma loma L.* (Palillo o Turmérico).
- Desarrollar el proceso de síntesis parcial (derivatización) mediante la reacción del ácido turmérico con bicarbonato de sodio.
- Obtener los parámetros adecuados de obtención del producto final (Turmerato Disódico).

CAPITULO II

2.1. MARCO TEÓRICO.

2.1.1. MATERIAL VEGETAL DEL QUE SE OBTIENE EL COLORANTE *Cúrcuma longa L.* (Palillo o Turmérico).

La *Cúrcuma longa L.* vulgarmente conocido como palillo, turmérico, guisador, saffron, terramerita, souchet, posee en los rizomas un colorante naranja amarillo conocido como ácido turmérico ó 1,7-bis-(4-hidroxi-3-metoxi-fenil)-1,6 heptadieno-3,5-diona, que se usa en la tinción de los alimentos: cárnicos, grasas, farináceos, pero también en el campo medicinal para tratar una serie de enfermedades: trastornos hepáticos, afecciones gastrointestinales, dismenorrea, diabetes, etc.

Es una planta que crece silvestre en la parte tropical del Asia y se cultiva en China e India países donde suscita un interés preponderante como planta medicinal y en el arte culinario.⁽⁶⁾ India es el país que ha aportado el nombre de Curry a la culinaria mundial, con un producto sazonador obtenido de especies de cúrcuma.

El ácido turmérico también se halla en especies diferentes de cúrcuma: *Cúrcuma tinctoria*, *Cúrcuma rotunda*, *Cúrcuma viridiflora*. Pertenece a la familia Zingiberaceae en base a criterios filogenéticos que son los que priman en la clasificación actual.

2.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsidae
Subclase	:	Zingiberidae
Orden	:	Zingiberales
Familia	:	Zingiberaceae
Género	:	Cúrcuma
Especie	:	Cúrcuma longa L
Origen	:	Asia tropical.
Nombre vulgar	:	Guisador, palillo, azafrán, camotillo, terramerita y turmérico.

2.1.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Es una hierba incluida dentro de las denominadas especies aromáticas por contener aceites volátiles en las hojas y rizomas, posee hojas alternas oblongas o elípticas de 30-50 cm de largo, venación pinnada, brácteas ovoides verde pálidos, espigas cilíndricas, flores amarillas pálidas, cáliz tubular corola 2-3 veces mayor, ovario viloso. Tallo subterráneo formado por dos tipos de rizomas, el central conocido como bulbo y los brotes de color naranja amarillento, coloración dada por el ácido turmérico. Flores bisexuales con 3 sépalos, 3 pétalos imbricados, un estambre con granos de polen monosulcados, ovario ínfero con placentación axilar. El fruto es una cápsula con semillas ariladas donde se halla presente endosperma y perisperma; se reproduce a través de los rizomas. El rizoma es cilíndrico su diámetro oscila entre 1.5 – 2.5 cm.⁽⁹⁾

2.1.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Proviene del Asia pero se ha expandido a Latinoamérica donde es apreciado por su uso en el arte culinario y medicinal. Se ha naturalizado en la Amazonía creciendo semi-silvestre en selva alta y baja respectivamente.

En selva alta crece con mayor profusión debido a la fertilidad del suelo, los rizomas son más grandes y poseen mayor contenido de ácido turmérico.

En la selva baja crece en terrenos arcillo-limosos (playas) que fueron abonadas durante la etapa de creciente del río, dejando habilitado el terreno durante la vaciante.

Nueve meses después de su siembra, debe cosecharse, un indicador de que se halla listo para la cosecha es la marchitez y cambio de color de las hojas que se vuelven amarillentas y arrugadas.⁽⁹⁾

No es un cultivo sujeto a las estaciones (estacional), sino a la regularidad con que se siembra de suerte que puede fructificar en cualquier temporada, esa es su ventaja frente a otras plantas estacionales. Cada planta en suelo abonado produce entre 1-1.5 kg. de rizomas frescos que se venden como producto fresco o molido.

2.1.5. INFORMACIÓN ETNOBOTÁNICA.

En la Amazonía peruana además de su uso como condimento el extracto de los rizomas se usa en el tratamiento de la hepatitis, cólicos, dolor de muela, analgésico y antiguamente en el tratamiento del Pián (cuchiye o frambesia) proveniente del África occidental y que se difundió en la Amazonía, una enfermedad infecciosa, contagiosa y crónica (no venérea) que forma en la piel una pápula o una ulceración rosada, seguida de una erupción papulomatosa, seguida de adenopatías, dolor de cabeza y extremidades, fiebre moderada, causado por el *Treponema pertenue*.

En el estadio terciario se presentan modificaciones destructivas en la piel y en el sistema esquelético con una evolución parecida a la sífilis, antiguamente se trataba médicamente con salvarsán, un fármaco con efectos secundarios nocivos. En la actualidad solo se observa raramente esta enfermedad en aves de corral.⁽²¹⁾

2.1.6. CONSTITUYENTES QUÍMICOS Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA.

Cúrcuma longa L. contiene aceites esenciales en forma de:

- a) Monoterpenos tales como: 1.8- Cineol, a dosis de 87n1/ml es acaricida, es anestésico, antihelmíntico, anticatarral, antireumático, antiséptico, candidicida, colerético, miorelajante, tricomonocida.
- b) α -pineno: tiene propiedades anti-acné, antibacterial, antiestafilococico, como preventivo de cáncer.
- c) α -terpineol: anti-acné, anti cancerígeno, bactericida y cicatrizante.
- d) β -pineno: antiinflamatorio, antiséptico, antiespasmódico, candidicida.
- e) Borneol: monoterpeno bicíclico, antibacterial, antibronquítico, hepatoprotector.
- f) Cariofileno: analgésico, anti-acné, anticancerígeno, anti-leishmaniasico, antiespasmódico.
- g) Curcumerol: anti-tumoral, anti-cáncer.
- h) Sustancias fenólicas: Ácido cinámico. Se halla en el rizoma, es antibacterial, antiinflamatorio, preventivo de cáncer. ⁽¹⁰⁾

Además de los ya citados según Evans-Trease, se puede hallar los curcuminoídes dicafeilmetano y cafeilferuloilmetano y aceites esenciales sesquiterpenos tales como: zingibereno. ⁽¹¹⁾

2.1.7. ÁCIDO TURMÉRICO

El ácido turmérico o curcumina es el pigmento aislado de muchas especies de cúrcuma: *Cúrcuma doméstica*, *Cúrcuma tinctoria*, *Cúrcuma viridiflora*, *Cúrcuma aromática*, y *Cúrcuma longa* este último naturalizada en la Amazonía Peruana y usada como condimento infaltable en la culinaria doméstica, los residuos separados durante la cristalización del ácido turmérico se usan en la industria de los chocolates por su buen olor y porque realza el sabor debido al ácido cinámico.

2.1.8. SOLUBILIDAD

Los cristales de ácido turmérico son solubles en etanol, ácido acético pero completamente insolubles en agua, si bien es cierto que se trata de una sustancia polar pero no llega a ser compatible con la polaridad del agua por eso tiene un uso limitado como colorante para tinciones en medio acuoso, motivo por el cual se hace imperiosa la necesidad de derivatizarlo con una sal débil para lograr su solubilidad en el agua.

2.1.9. BIOGÉNESIS

Según Bu'Lock, las plantas superiores contienen un número y variedad muy grande de compuestos que están biosintéticamente relacionados con los aminoácidos aromáticos que derivan de la vía del ácido shikimico.

La vía del ácido shikimico utiliza el fosfoenolpiruvato y eritrosa 4-fosfato, de esta forma está estrechamente correlacionada con el metabolismo de los azúcares, que forman parte importante de los procesos fotosintéticos y este puede explicar la especial prominencia de los productos metabólicos derivados del ácido shikimico en las plantas superiores.

La biosíntesis del ácido turmérico vía ácido shikimico fue completada por Davis y sus colaboradores 1954 – 1960 con el uso de organismos mutantes.⁽¹²⁾

El hecho de que los productos de esta vía, sean también precursores originales de una gran cantidad de metabolitos secundarios suscita en los estudiosos intereses adicionales.

Cuando los mutantes se originan espontáneamente o cuando son obtenidos artificialmente por irradiación o tratamiento con mutágenos químicos la gran mayoría difieren de la estirpe originaria solamente en un solo gen. El efecto usual trae consigo la síntesis debilitada de una sola enzima. Si el daño ha causado grandes alteraciones los mutantes o bien no sobreviven o no pueden

multiplicarse, pero en muchos casos el defecto genético puede mejorar los factores externos.

Una observación clave para postular la vía del ácido shikimico como precursor de derivados fenólicos dentro de los que se halla el ácido turmérico fue que varios mutantes de *Escherichia coli* mostraron requerimientos simultáneos para un grupo de aminoácidos aromáticos, pero todos estos podían ser alternativamente satisfechos por una sola sustancia. Específicamente algunos mutantes que requieren de 5 aminoácidos (fenilalanina, tirosina, p-aminobenzoato, p-hidroxibenzoato y triptófano) crecían igualmente bien si solamente se les suministraba el ácido shikimico. Otros compuestos solo podían reemplazar alguno de los aminoácidos requeridos por tales mutantes por ejemplo, ácido antranílico en lugar de triptófano, de esto se dedujo claramente que los aminoácidos aromáticos son formados por lo menos en parte por una vía común en que el ácido shikimico o algún derivado próximo es un producto intermedio requerido por el mutante durante el proceso biosintético.

En la biosíntesis del ácido turmérico se parte de la reacción del fosfoenolpiruvato con la eritrosa 4-fosfato y una secuencia de intermediarios que llegan a formar ácido shikimico, de aquí al ácido carismico luego al prefénico de ésta a una molécula con un grupo fenólico, el ácido feniláctico que se transforma en fenilpiruvato el cual se transforma en fenilalanina (aminoácido aromático) que por sustracción del grupo amino llega a ácido cinámico que por oxidación pasa a ácido p-coumárico, y otra nueva oxidación da lugar al ácido caféico, que se metoxila y pasa a ácido ferúlico que por acción de la malonilCoA se transforma en ácido turmérico.

Dos ácidos ferúlicos con la malonilCoA que aporta un grupo metilo que se transforma en metileno como singlete, permite formar la molécula de ácido turmérico, que tiene como centro quiral al grupo metileno.

A continuación señalamos el recorrido biosintético de formación del Ácido Turmérico.

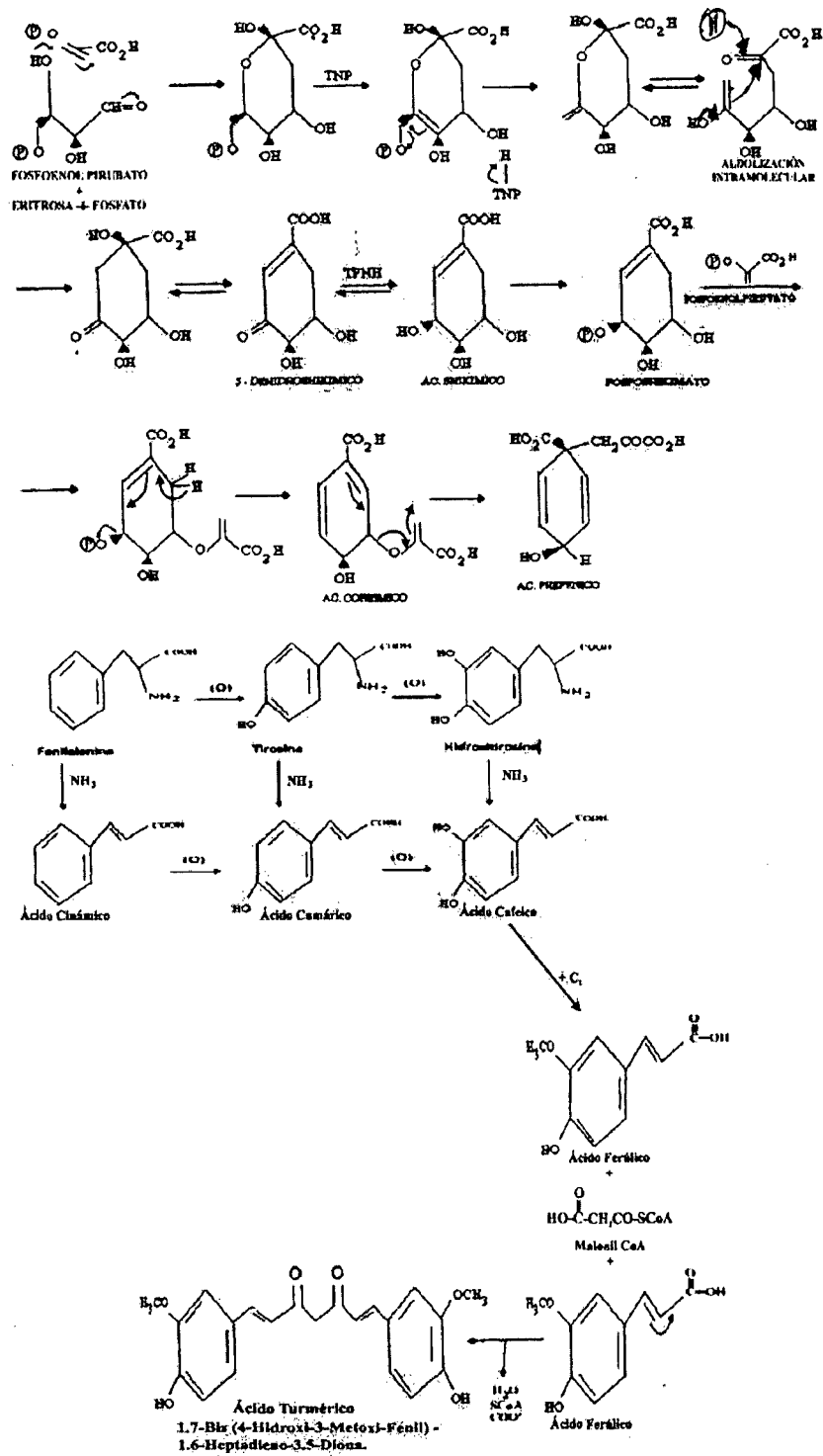


Fig. 1 Ruta metabólica del ácido shikimico seguida por los precursores en la formación del ácido turmérico.

2.1.10. AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO

Mayer Fritz (1950) describe el método de obtención de ácido turmérico de la *Cúrcuma longa L.* diseñado por Jackson, Perkin y Phipps precipitando el colorante de un extracto alcohólico como sal de plomo que luego es purificado, no señala método alguno de purificación pero obtuvieron un 0.65% de rendimiento.⁽⁶⁾

Mayer (1950). no describe el método completo pero tenemos entendido que en aquellos tiempos era frecuente utilizar subacetato de plomo en la purificación sin tener en cuenta las fuertes repercusiones que podría tener para la salud por ser un agente sospechoso de producir cáncer como lo señala el catalogo Aldrich⁽¹⁾.

Este método acogido como el mejor de su tiempo no tiene valor en la actualidad, más aun tratándose de obtener productos para la alimentación humana.

En el siglo XIX y a principios del XX el mayor propósito en el estudio de colorantes tenía por finalidad lograr su aplicación en la industria textil, al lograr Perkin más adelante la síntesis de pigmentos para uso textil a base de Alquitrán, nadie se interesó por el ácido turmérico. Después de casi un siglo de haber pretendido usar ácido turmérico por la industria textil en la década del 80 del siglo XX se inicia la búsqueda de colorantes naturales esta vez para la tinción de alimentos en remplazo de los artificiales suscitando importancia mundial, hoy se busca afanosamente aislarlos, purificarlos, estabilizarlos o derivatizarlo usando sustancias inocuas o de baja toxicidad para su aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica; esa es la razón de este estudio.

2.1.11. MODERNOS MÉTODOS DE AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DE ÁCIDO TURMÉRICO DE *Cúrcuma longa* L (PALILLO O TURMÉRICO)

Según Arce J, et al, (1992), el método más simplificado para aislar ácido turmérico consiste en desengrasar los rizomas secos y pulverizados usando n-hexano, obtenido el marco se aísla el colorante con etanol y se concentra en rotavapor, el extracto alcohólico seco se purifica por partición de fases usando alcohol-agua (90:10) v/v para separar las sustancias grasas en la fracción n-hexano.

Cuando las sustancias grasas se han eliminado totalmente, el ácido turmérico se cristaliza en alcohol (etanol), obteniéndose cristales anaranjado-amarillo. ⁽⁴⁾

Nuestro trabajo utilizará este método para el aislamiento y purificación del ácido turmérico por considerarlo simple y porque no quedan compuestos tóxicos o deletéreos en el producto final.

2.1.12. SÍNTESIS DEL ÁCIDO TURMÉRICO

Este aspecto sólo tiene carácter referencial para señalar lo difícil que resulta la síntesis artificial del ácido turmérico, cuando se puede aislarlo del medio natural de los rizomas de *Cúrcuma longa* L.

La síntesis del ácido turmérico fue realizada por Lampe⁽⁶⁾ para compararlo con el ácido turmérico obtenido del medio natural en afán verificar la estructura química correcta. Lampe partió del cloro carboximetoxiferuroilo con etilcarboxipropanona el compuesto formado fue el carboximetoxiferuroilo carboxipropanona que al hidrolizarse pierde un grupo carboxilo. El carboximetoxi-acetoacetyl-feruroilo más el clorocarboximetoxiferuroilo da el bis-(carboximetoxiferuroilo) acetoacetyl, que por hidrólisis pierde los grupos acetilos y carboximetoxilos para dar ácido turmérico idéntico al aislado a partir de especies de cúrcuma.

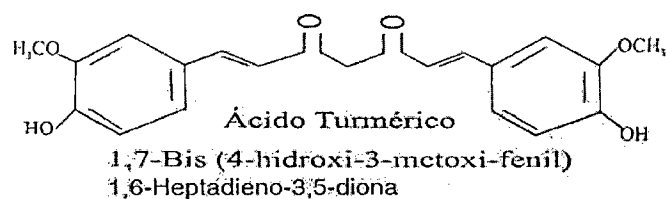
Después de compararlos mediante pruebas físicas y estereoquímicas este método constituye un buen aporte para los procesos de síntesis y para la elucidación estructural, pero como método de síntesis del ácido turmérico, resulta complicado siendo más fácil obtenerlo de fuentes naturales siguiendo un menor número de pasos y empleando pocos reactivos.

2.1.13 TEORIA SOBRE EL COLOR

Según Rao (1970), a partir del estudio de los colorantes han aparecido varias teorías sobre el color, el color se refiere a la percepción humana de los materiales coloreados (rojo, verde, azul, etc.)._los pigmentos son sustancias naturales de las células y tejidos vegetales y animales que confieren color.⁽²²⁾

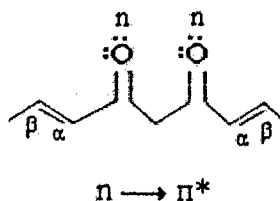
Las sustancias o los objetos ofrecen color por que absorben parte de la luz incidente que se refleja o pasa a través de los mismos⁽²³⁾

El ácido turmérico como molécula colorida (anaranjado-amarillo) tiene conjugación de sus dobles enlaces a lo largo de toda la molécula, Witt en 1976 propuso que los grupos cromóforos estaban constituidos por enlaces no saturados, si nosotros observamos la molécula del ácido turmérico, toda la estructura molecular es formada por dienos conjugados (dobles enlaces conjugados) tanto endocíclicos como exocíclicos.



Armstrong, en 1888, citado por Rao (1970) C.N. sugirió que las estructuras quinónicas debían ser coloreadas, lo hizo basándose en la observación de la para-benzoquinona, hoy en día nadie discute que son las transiciones $n \rightarrow \pi^*$ del grupo carbonílico conjugado las causantes del color de la benzoquinona, pero en la molécula de ácido turmérico los dos grupos carbonilos además están flanqueados por 2 grupos etilénicos formando enlaces carbonilos α y β

conjugados. Sobre los oxígenos de los grupos carbonílicos hay electrones no enlazantes (π) de los oxígenos de los dos grupos carbonílicos. ⁽¹⁸⁾



Enlaces dicarbonílicos conjugados con enlaces etilénicos, parte de la molécula del ácido turmérico no saturado que sufre desplazamiento batocrómico.

Los compuestos dicarbonílicos presentan bandas $n \rightarrow n^*$ alrededor de 450 nm, pero existe la tendencia de que estas bandas muestren longitudes de onda, inferiores por que han sido disueltas en un solvente polar como el alcohol mostrando un leve desplazamiento hipsocrómico.

Si observamos el color anaranjado amarillo de la muestra de ácido turmérico, esta sustancia debe absorber la luz en el tono complementario azul-verdoso que se halla entre 425-475 nm.

2.1.14. CINÉTICA DE LA REACCIÓN DEL TURMERATO DISODICO

2.1.14.1. ATAQUE NUCLEOFÍLICO

En el mecanismo de reacción para la formación del turmerato disódico el primer paso es la ruptura de los protones (H^+) de los dos grupos OH del ácido turmérico por formación de puentes hidrógeno que dan lugar a iones hidroxonio y hetoxonio respectivamente conocidos como lionios, según Laidler (1972), una reacción de primer orden la velocidad de reacción se expresa del modo siguiente:

$$\frac{d(\text{lionios})}{dt} = k(\text{lionios})$$

Donde (lionios) = concentración de lionios

$d(\text{lionios})$ = derivada de la concentración de lionios

(L) = concentración de lionios

dt = derivada del tiempo

haciendo (lionios) = L tenemos que ordenando la ecuación.

$$\frac{d(L)}{dt} = k(L)$$

integrando

$$\int_1^2 \frac{d(L)}{(L)} = k \int dt$$

$$\frac{\ln(L)_2}{\ln(L)_1} = kt$$

$$\ln(L)_2 - \ln(L)_1 = kt$$

$$\ln(L)_2 = kt + \ln(L)_1$$

Esta expresión es idéntica a la ecuación de una recta $Y = \ln x + b$

Donde:

Y = eje de las ordenadas

b = intercepto

x = eje de las abscisas

m = pendiente



La gráfica se puede representar así:

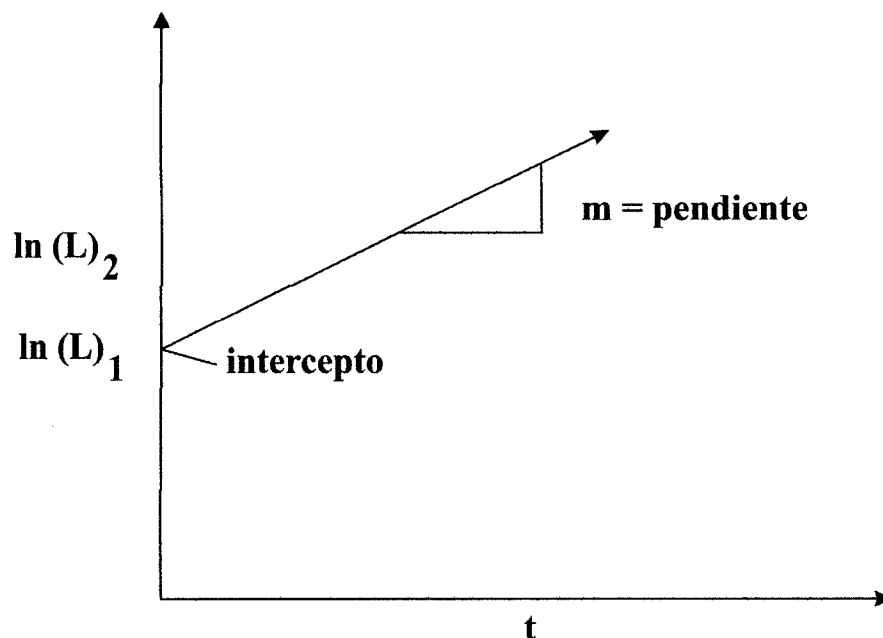


Fig. N° 2 Reacción de primer orden. SN₁

Para que se cumpla la cinética de primer orden todos los puntos de la reacción de concentración versus tiempo deben estar alineados para dar una recta. Donde $\ln(L)_2$ = logaritmo natural de la concentración mayor de iones antes de que se inicie la reacción.

$\ln(L)_1$ es el logaritmo natural de la concentración de iones cuando se inicia la reacción a un $t = 0$

No es posible realizar cálculos numéricos de esta expresión porque no contamos con el equipo adecuado.

2.1.14.2. ATAQUE ELECTROFÍLICO.

2 Cationes sodios (Na^+) reaccionan con el doble anión turmerato para formar la sal turmerato disódico mediante la reacción siguiente:

Si representamos catión sodio como Na^+ se postula el orden de reacción siguiente:

$$\frac{d(\text{Na}^+)}{dt} = k(\text{Na}^+)$$

$$\frac{d(\text{Na}^+)}{(\text{Na}^+)} = k dt$$

integrando

$$\int_1^2 \frac{d(\text{Na}^+)}{dt} = k \int dt$$

$$\ln(\text{Na}^+)_2 = \ln(\text{Na}^+)_1 = kt$$

$$\ln(\text{Na}^+)_2 = kt + \ln(\text{Na}^+)_1$$

Esta expresión es idéntica a la de una recta $Y = mx + b$ la gráfica se puede representar así:

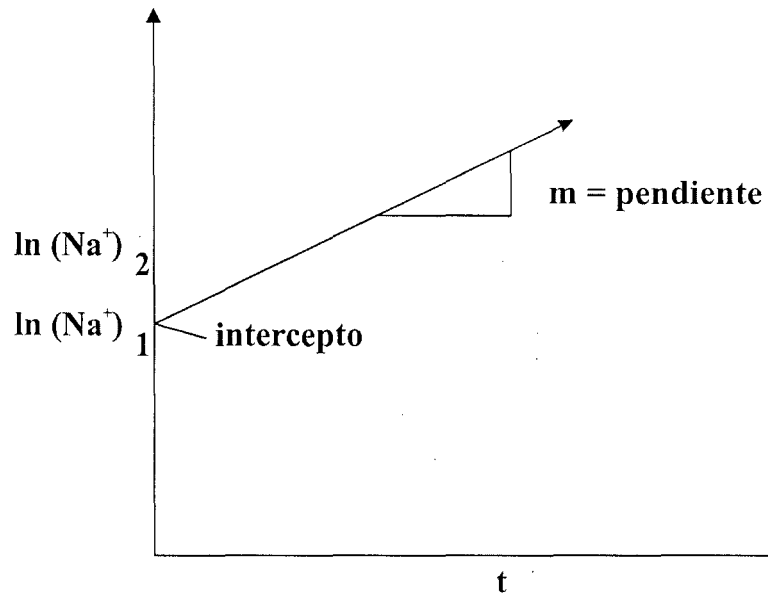


Fig. N° 3 Reacción de primer orden. SE_1

Para que se cumpla la cinética de primer orden todos los puntos de la reacción de concentración versus tiempo deben estar alineados para dar una recta.

Donde $\ln(\text{Na}^+)_2$ = logaritmo natural de la concentración mayor de iones sodio antes que se inicie la reacción.

$\ln(\text{Na}^+)_1$ = es el logaritmo natural de la concentración de iones sodio cuando se inicia a reacción a un $t = 0$

2.2. DEFINICIONES OPERACIONALES

2.2.1. VARIABLES

2.2.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Ácido turmérico (colorante insoluble en agua) y bicarbonato de sodio reactivo limitante.

2.2.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Turmerato disódico colorante soluble en agua.

2.2.1.3. VARIABLE INTERVINIENTE

Agua destilada y alcohol etílico Q.P.

2.2.1.4. INDICADORES

2.2.1.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Grado de pureza de los reactantes ácido turmérico y bicarbonato de sodio.

2.2.1.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Solubilidad en agua del turmerato disódico obtenido.
- Estabilidad del color.
- Pureza de los cristales de turmerato disódico.
- Forma y color de los cristales.
- Identificación espectrofotométrica del producto por análisis comparativo.

2.2.1.4.3. VARIABLE INTERVINIENTE

- Pureza del agua.
- pH
- Pureza del alcohol etílico
- Temperatura adecuada.

2.2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente	Definición conceptual	Indicador	Definición operacional	Escala y tipo de variable	Índice
Reacción del colorante ácido turmérico aislado de <i>Cúrcuma longa L.</i> (Palillo o guisador) insoluble en agua con bicarbonato de sodio.	Ácido turmérico es un colorante anaranjado-amarillo que se presenta en forma de cristales prismáticos que no se disuelven en agua, y que se halla en los rizomas de <i>Cúrcuma longa L.</i> (Palillo oguisador). Se solubiliza en medio alcohólico acuoso en reacción con el bicarbonato de sodio, siguiendo una secuencia que va de una sustitución nucleofílica seguido de un ataque electrofílico.	Alto grado de pureza, cristal anaranjado amarillo, prismáticos del ácido turmérico. Pf. 182-183 Alta pureza del bicarbonato de sodio reactivo limitante.	Disolución del colorante insoluble, en medio alcohólico acuoso (90:10) para lograr la solvatación del ácido turmérico. Reacciones de ataque nucleofílico y sustitución electrofílica para obtener turmerato disódico.	100% de pureza del ácido turmérico reactante principal de la síntesis y 100% de pureza del bicarbonato de sodio.	Hábito de los cristales de ácido turmérico soluble en alcohol y cristaliza en alcohol como cristales prismáticos de color anaranjado-amarillo.

Variable dependiente	Definición conceptual	Indicador	Definición operacional	Escala y tipo de variable	Índice
Síntesis parcial (derivatización) del turmerato disódico colorante hidrosoluble para su aplicación en la industria farmacéutica.	El turmerato disódico es un colorante hidrosoluble que se obtiene por reacción del ácido turmérico con bicarbonato de sodio en medio alcohólico-acuoso.	Pureza del turmerato disódico derivatizado.	La reacción entre el ácido turmérico y el bicarbonato de sodio es un proceso en el que se observa primero un ataque nucleofílico del agua y el alcohol, sobre el grupo OH del ácido turmérico por acción de la electronegatividad el OH se carga parcialmente - O - H ⁺ Formando un dipolo, los protones se asocian al agua y al alcohol formando iones hidroxonio y hetoxonio, que facilita que los cationes sodio del bicarbonato ataquen electrofilicamente al doble anión turmerato que culmina con la adición de 2 iones sodio a los aniones oxígeno del ácido turmérico.	100% de pureza del producto formado: turmerato disódico. Rendimiento.	Índice o habito de los cristales del turmerato disódico, cristaliza en una mezcla de alcohol agua (50:50) V-V dando cristales rojo intenso de forma romboédrica.

Variable interviniente	Definición conceptual	Definición operacional	Escala y tipo de variable	Índice
<p>Alcohol etílico Q.P. y aguapura pH = 7 intervienen solvatando el ácido turmérico ionizando al bicarbonato para hacer posible la reacción del ácido turmérico con el bicarbonato de sodio disueltos en medio alcohólico-acuoso (90:10) V/V, el proceso se desarrolla a temperatura ambiente.</p>	<p>El alcohol etílico y el agua intervienen en el proceso rápido de obtención del turmerato disódico al actuar sobre la molécula de ácido turmérico, formando primero puentes de hidrógeno con los grupos OH que permiten la protonización y ruptura del enlace OH (SN₁), que abren camino a la reacción del anión doble turmerato con el catión sodio para producir el turmerato disódico mediante un ataque electrofílico (SE₁).</p>	<p>La mezcla alcohólica-acuosa contribuye a la disolución del ácido turmérico y a la fácil reacción del anión doble turmerato con cationes sodio que facilitan la Síntesis de turmerato disódico en alto grado de pureza.</p>	<p>Reactivos al 100%puros. Reactivos solvatados</p>	<p>Grado de solvatación. Formación de iones (hidroxonio y hexoxonio H₂O⁺₃ y C₂H₅OH⁺₂ respectivamente).</p>

2.3. HIPÓTESIS

Como producto de la reacción del ácido turmérico aislado de *Cúrcuma longa L.* (Palillo o Turmérico) con bicarbonato de sodio en medio alcohólico-acuoso se obtiene turmerato disódico un colorante hidrosoluble.

CAPITULO III

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es experimental aplicada (tecnológica sustantiva) porque se trata de transformar sustancias conocidas (reactantes) en un producto de propiedades diferentes a sus precursores para ser usado ampliamente en la Industria farmacéutica y en otras.

3.1.2. UNIDAD EXPERIMENTAL

Como no es posible disponer de patrones o muestras auténticas de ácido turmérico se procedió a su aislamiento y purificación a partir del material vegetal, rizomas de *Cúrcuma longa L.* (Palillo o Turmérico)

3.1.3 PROCESO TECNOLÓGICO SEGUIDO EN EL AISLAMIENTO Y PURIFICACIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO PARA UTILIZAR EN EL PROCESO DE DERIVATIZACIÓN A TURMERATO DISÓDICO

A los rizomas lavados se sacó la cutícula epidérmica, se picó y secó al aire libre, para completar el secado se pasó a la estufa a temperatura de 80°C por 2 días, luego se molió y pasó por malla 60 ASTM; para disponer de un polvo de granulometría fina y uniforme.

Se trabajó con 350g de polvo fino de cúrcuma siguiendo el método propuesto por Arce et al(1992)⁽⁴⁾, se repartió los 350g en 5 alícuotas de 70g c/u se puso en cartuchos de papel filtro whatmann # 3 y se introdujo en el compartimiento de muestra del aparato de soxhlet de 500 ml de capacidad.

Se acopló el refrigerante de reflujo por la parte superior del compartimiento de muestra y por la parte inferior se acopló un bajón de 500 ml, finalmente se llenó con 300 ml de n-hexano; luego se abrió la llave de agua para que funcione adecuadamente el sistema de reflujo y se evite fugas de solvente. El uso de n-hexano es para desengrasar la muestra en polvo y separar las

sustancias liposolubles este paso dura 72 horas luego del cual se separó el extracto liposoluble se concentró para recuperar el n-hexano se obtuvo un líquido amarillo fluorescente donde se hallan sustancias terpénicas que no constituyen el objetivo de este estudio.

El marco se quitó de los cartuchos y se extrajo con alcohol etílico de 96 °C en caliente usando un matraz de kitasato, un embudo buchner y una bomba de succión lavando el marco con alcohol caliente para extraer el colorante hasta su agotamiento, luego se desacopla el aparato y el filtrado se evapora casi hasta sequedad en el rotavapor.

Se trasladó el extracto alcohólico a un matraz y se dejó evaporar el exceso de alcohol. Luego el extracto libre de alcohol se pasó a la estufa a 80 °C obteniéndose un polvo anaranjado (6 g).

Este polvo se disolvió en 100 ml de alcohol y se pasó a una pera de decantación, se agregó 30 ml de n-hexano y se agitó vigorosamente, se repitió tres veces esta operación con la finalidad de separar el remanente de sustancias liposolubles.

El alcohol libre de n-hexano por calentamiento en hot plate a 60 °C se filtró y se concentró en rotavapor a 1/5 de su volumen, se dejó en reposo y se precipitó una sustancia anaranjada, se volvió a disolver en 100 ml de alcohol; se concentró a 1/5 de su volumen y se repitió por 5 veces consecutivas, a la quinta vez precipitaron unos cristales anaranjado amarillo que se separan del líquido madre; después se cristalizó y se obtuvo 5.8 g de producto cristalino.

En la Fig N° 5 se muestra esquemáticamente los procesos seguidos tanto para la obtención de ácido turmérico como para la derivatización a turmerato disódico. En él se observa los pasos de las operaciones y procesos fundamentales para obtención de un producto de calidad, acorde con las exigencias sanitarias, éticas y de seguridad con la finalidad de que su extrapolación a nivel industrial no demande inversiones innecesarias.

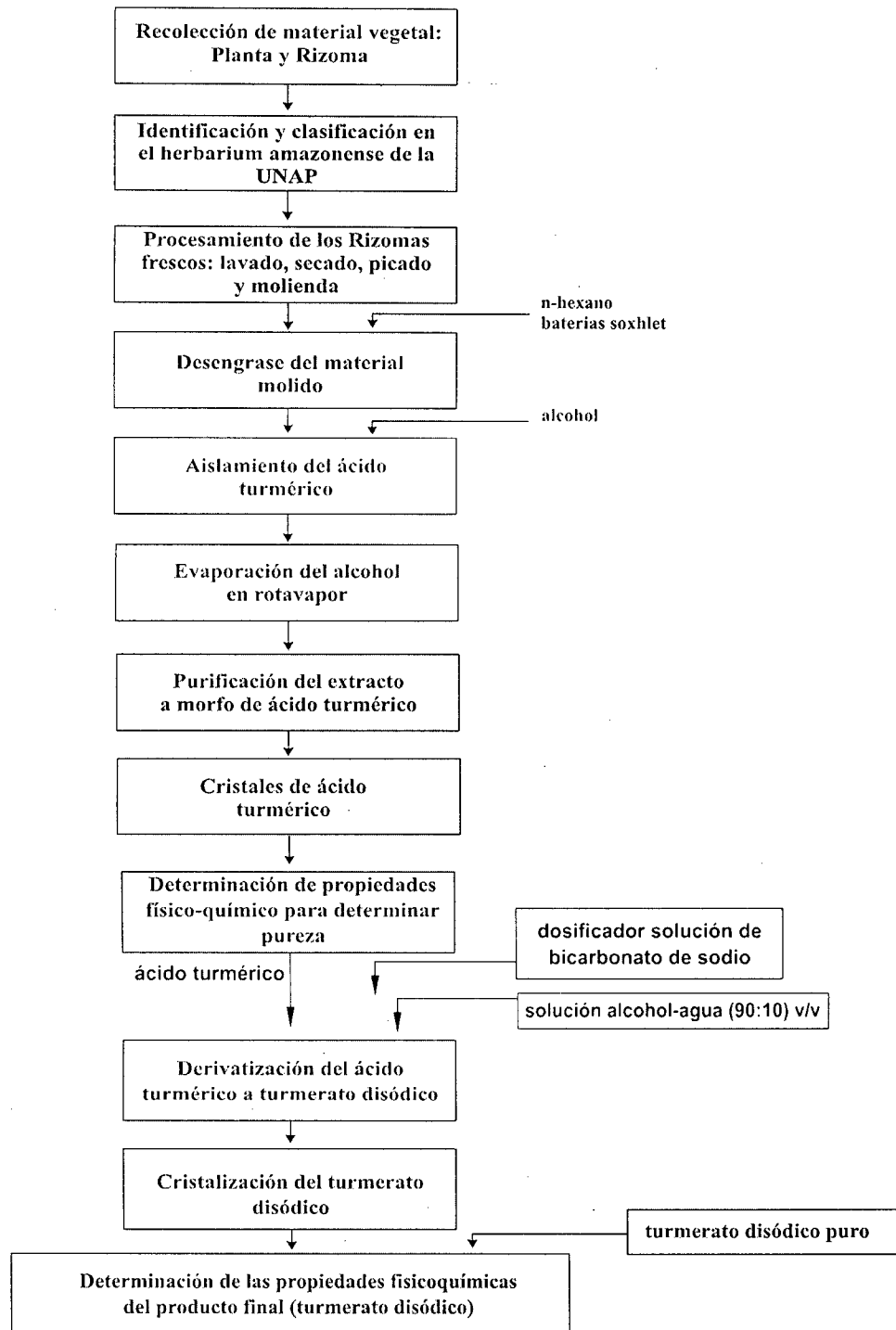


FIG. N° 5 FLUJOGRAMA DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1.4 PRUEBAS PARA DETERMINAR SU PUREZA

Se tomó unos cristalitas y se disolvió en alcohol etílico se colocó sobre una lámina 2 x 12 cm de sílica gel F 254 a un cm del cromatofolio, se corrió en una mezcla de alcohol etílico absoluto – cloroformo (99:1) obteniéndose un solo spot después de la corrida.

El valor de $R_f \times 100$ se calculó de la siguiente manera:

$$R_f = \frac{\text{Distancia corrida por el spot desde el punto de inicio}}{\text{Distancia del frente del solvente desde el punto de inicio}} \times 100$$

$$R_f = \frac{8.2}{9} = 0.911$$

$$R_f \times 100 = 91.1$$

No se observó mancha adicional en el aparato UV-254 de revelación. Lo que significa que el producto es altamente puro.

3.1.5 PRUEBAS PARA DETERMINAR EL PUNTO DE FUSIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO

Se realizó en el aparato Nalge– Axelred que consiste en un microscopio de 25 de aumento que tiene un filtro polaroide, una fuente de iluminación, una platina de aluminio para calentamiento eléctrico con transformador de reóstato y un termómetro que registra temperaturas hasta 400°C.

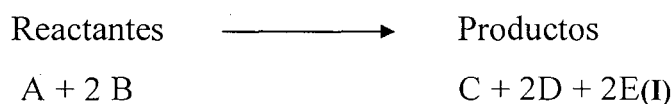
Los cristales pulverizados se colocaron entre dos cubetas de aluminio, en la cubierta que tiene un orificio pequeño se colocó en su lugar, se encendió la luz y se enfocó el microscopio, el tubo se giró hasta que casi se crucen los filtros polarizados y se observó el comportamiento de los cristales, a medida que se elevó la temperatura se observó las transiciones seguidas por el cristal hasta su fusión.

El momento en que se fundió el cristal se tomó la temperatura y esa es la que le corresponde al punto de fusión.

No se observó descomposición de la muestra como sucede con otros cristales.
(17)

3.1.6 PROCEDIMIENTO PARA LA DERIVATIZACIÓN DEL ÁCIDO TURMÉRICO A TURMERATO DISÓDICO

Para la síntesis se partió de las consideraciones estequiométricas de la reacción entre los reactantes: ácido turmérico y bicarbonato de sodio para obtener como producto turmerato disódico.



A = 1 molécula de ácido turmérico

B = 2 moléculas de bicarbonato de sodio

C = 1 molécula de turmerato disódico

D = 2 moléculas de agua

E = 2 moléculas de CO₂

La ecuación que prima es la siguiente:

$$\Sigma \text{ peso de reactantes} = \Sigma \text{ peso de productos} \quad (\text{II})$$

$$\Sigma (\text{ácido turmérico} + \text{bicarbonato de sodio}) = \Sigma (\text{turmerato disódico} + 2\text{agua} + 2 \text{CO}_2) \quad (\text{III})$$

Sabiendo los pesos moleculares de cada una de estas sustancias es fácil lograr el cálculo estequiométrico.

Peso molecular del ácido turmérico	: 368.39 g/ml
Peso molecular de bicarbonato de sodio	: 84.01 g/ml
Peso molecular de turmerato disódico	: 412.39 g/ml
Peso molecular de agua	: 18 g/ml
Peso molecular de CO ₂	: 44 g/ml

Aplicando la ecuación II procedimos a realizar el cálculo estequiométrico que nos permitió saber con exactitud que cantidad de reactante se debe preparar para obtener el producto deseado, sobre esta base es posible tomar pequeñas cantidades de alícuotas sobre todo cuando no se dispone de grandes cantidades de reactantes.

El cálculo estequiométrico es el siguiente:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Masa del reactante} & = & \text{Masa del producto} \\
 \\
 368.39 \text{ g/mol} + 2 (84.01) \text{ g/mol} & = & 412.39 \text{ g/mol de turmerato disódico} \\
 \text{A} & & \text{B} \quad \quad \quad \text{C} \\
 368.39 \text{ g/mol} + 168.02 \text{ g/mol} & & + 36/\text{mol de agua} + 88 \text{ CO}_2 \\
 \underbrace{\hspace{10em}} & & \text{D} \quad \quad + \quad \text{E} \\
 \text{Masa total de reactantes} = 536.39 & & \text{Masa total de producto} = 536.39
 \end{array}$$

En consecuencia cantidad o masa que entra en la reacción es igual a la cantidad de producto o productos formados.

El proceso seguido se esquematiza en un flujograma donde se señala los pasos seguidos por los reactantes hasta llegar al producto final.

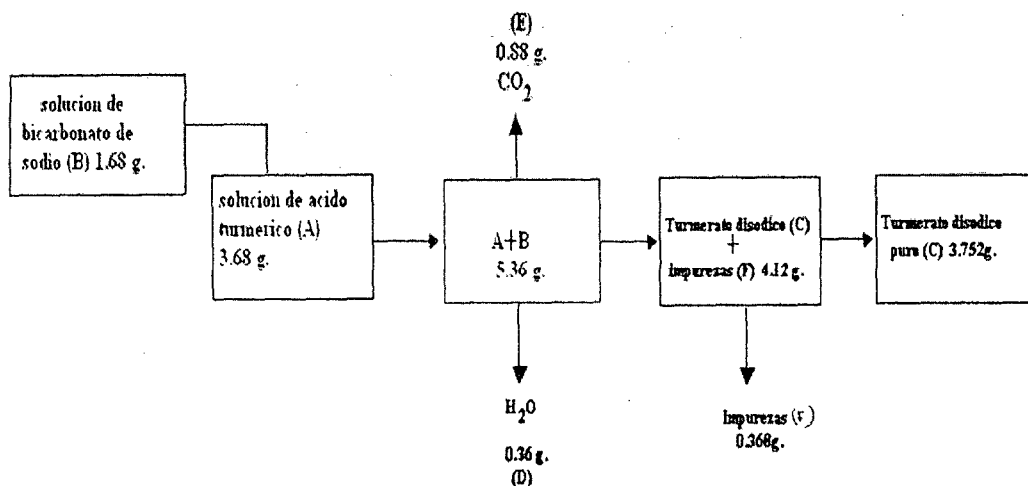


Fig. N° 5 Flujograma del proceso seguido en la derivatización del ácido turmérico a turmerato disódico.

3.1.7 MATERIALES Y REACTIVOS QUE SE UTILIZAN EN LA DERIVATIZACION DE TURMERATO DISODICO

Ácido turmérico puro, bicarbonato de sodio Merck Q.P., alcohol puro y agua pura.

3.1.7.1. ACIDO TURMERICICO.

Se trabajó con ácido turmerico químicamente puro aislado a partir de *Cúrcuma longa L.*, cuyo rendimiento fue de 1.66%

3.1.7.2. PUREZA DEL MATERIAL BICARBONATO DE SODIO.

Se trabajó con bicarbonato de sodio Merck Darmstedt Germany (Alemania) producto que según indicación de etiqueta muestra impurezas que se hallan en el orden de 0.005-0.0005% por eso se recomienda usar para análisis, sin embargo se procedió a diluir 10 gramos de muestra a analizar y pasar por celite para retener las mínimas impurezas.

3.1.7.3. PUREZA DEL ALCOHOL ETÍLICO

Se trabajó con alcohol etílico Q.P. es probable que no al 100% de alcohol por la tendencia que tiene el alcohol de absorber humedad del medio, pero en un rango mínimo.

3.1.7.4. PUREZA DEL AGUA

Se dispuso del agua tratada previamente con KMnO_4 destilada, luego vuelta a destilar hasta lograr un líquido con pH neutro (7).

3.1.8 DERIVATIZACIÓN DEL TUMERATO DISODICO A PARTIR DEL ÁCIDO TURMERICICO Y BICARBONATO DE SODIO

El ácido turmerico (3.68g) se diluyó en 40ml de alcohol absoluto, el bicarbonato de sodio se diluyó en 15ml de agua relación (1:9 p/v) después de colocar la solución de bicarbonato de sodio en una bureta se va haciendo caer gota a gota sobre la solución de ácido turmérico en medio alcohólico-acuoso al

que se va agitando continuamente. Se observó un viraje del anaranjado amarillo a rojo que se va intensificando al final del proceso.

La solución se concentró en rota vapor a presión reducida a una tercera parte de su volumen (18cm³ de solución), se llevó a una pera de decantación y se desengrasó varias veces la solución de turmerato disódico con éter de petróleo la fase alcohólica-acuosa se deja en reposo para que se elimine el remanente de éter de petróleo a temperatura ambiente luego se filtra y se deja en reposo, hasta que precipite el turmerato disódico como cristales rojo intenso que se separa del agua madre y se recrystalizó en solución alcohol-agua (50:50) v/v a temperatura ambiente.

Cuando precipitaron los cristales en el agua madre se filtró y se dejó que el agua madre vuelva a precipitar, se filtró y recogió los cristales que volvieron a precipitar, finalmente se juntó las cosechas de los cristales.

3.1.8.1 PASOS SEGUIDOS EN LA OBTENCIÓN DEL TURMERATO DISÓDICO

El diagrama muestra las rutas seguidas hasta la obtención del producto final.

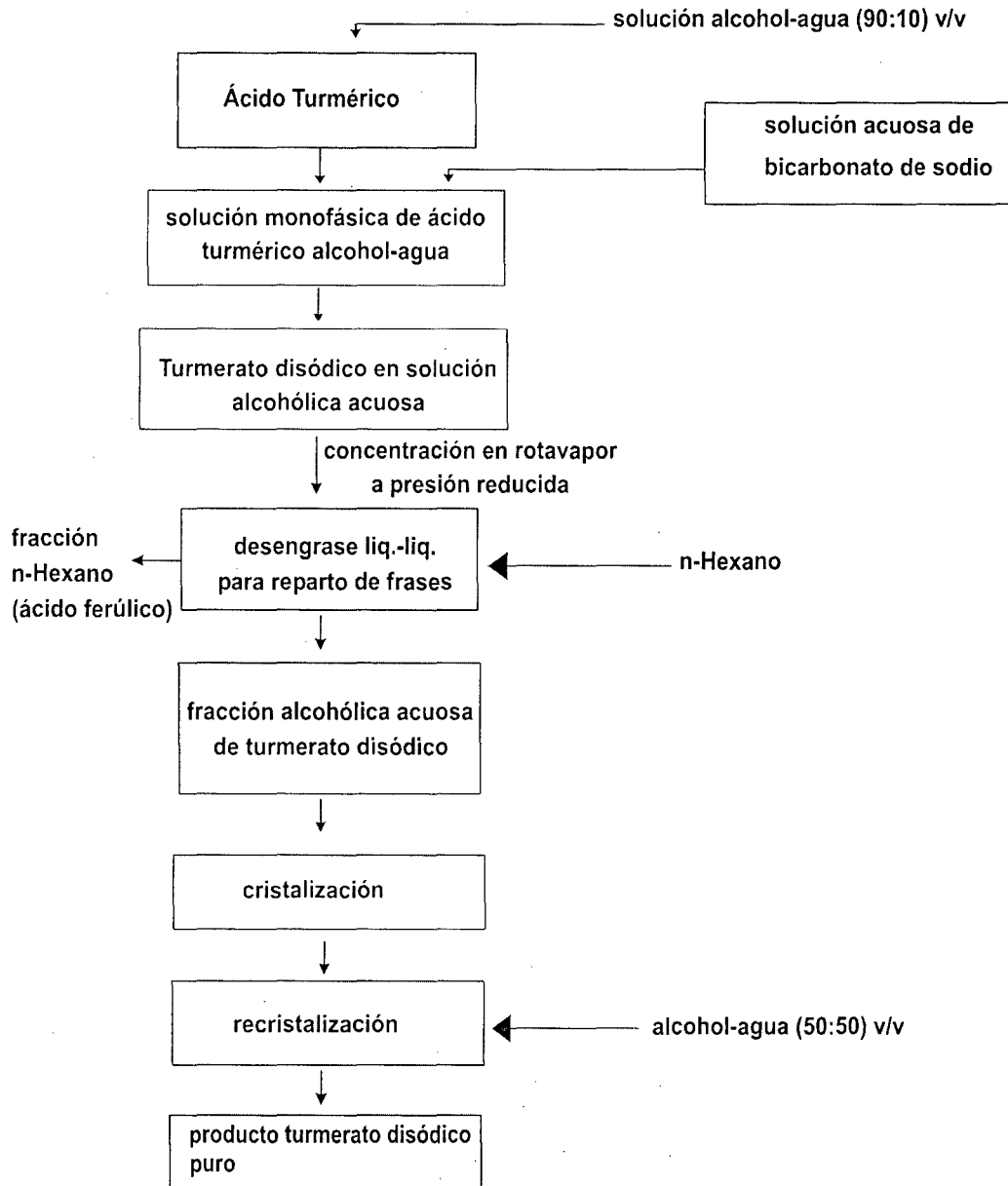


Fig. N° 6.- Diagrama de bloque de la obtención de turmerato disódico.

2.1.24.8. PRUEBAS DE TINCIÓN DEL TURMERATO DISÓDICO

Se tomó 150 mg. de turmerato disódico y se disolvió en 100 ml. de agua destilada, se preparó tiras de papeles de filtro y se colocaron gotas de la solución en los papeles, se observó una absorción perfecta del colorante dando un color rojo intenso.

Se tomó un gramo de harina de trigo y se mezcló convenientemente con 10 ml de la solución del colorante turmerato disódico, se observó que la harina se tiñó de color rojo intenso, seguido de un hinchamiento uniforme.

Se preparó un jarabe de azúcar al 20% se mezcló con 10 ml. de turmerato disódico, tiñéndose de un color rojo intenso.

Se cortó un retazo de tela blanca de tocuyo 5 x 5 cm. previamente lavado y se introdujo en 20 ml. de turmerato disódico, el colorante se fijó bien en la tela, claro está que esta prueba sólo es útil para demostrar la tinción en la fibra de algodón, pero no su fijación.

Se tomó 10 ml. de leche, se agregó 1 ml. de solución de turmerato disódico, la muestra se tiñe de un color rojo intenso. Estas pruebas sirven para demostrar la capacidad de tinción que tiene el turmerato disódico en medio hidrosoluble y sobre superficies cuyas partes de la molécula interactúan en el medio acuoso para hincharse y absorber los colorantes hidrosolubles

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN VEGETAL

La población vegetal consistió en la cosecha de 10 plantas de *Cúrcuma longa* L. (Palillo o Turmerico) que tenían rizomas maduros (ver fotografías N° 1, N°2, N°3, N°4 y N°5).

Estas muestras se obtuvieron de una plantación de la zona baja de Belén, distrito de Belén, provincia de Maynas, Departamento de Loreto a 106 msnm.

La planta recolectada fue identificada en el Herbarium Amazonense de la UNAP (Anexo 3)

3.2.2. MUESTRA

Se recogió 1.5 kg de muestra fresca (rizomas) en forma de dedos de 10 cm de longitud promedio y 2 cm de diámetro. Después de las operaciones de lavado, picado, secado y pulverizada se obtuvo 350 g. de muestra.

3.2.3 CRITERIOS DE INCLUSIÓN DE LA MUESTRA

Para el estudio se seleccionó rizomas frescos con un promedio de longitud a 10cm y un grosor a 2cm; sin presencia de manchas externas.

3.2.4 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN DE LA MUESTRA.

Se excluyó del estudio rizomas que presentaron manchas externas, rizomas secos y picados.

3.3. INSTRUMENTOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1. APARATOS Y EQUIPOS

- Espectrofotómetro UV-Visible JENWAY 6505
- Batería soxhlet
- Rotavapor
- Balanza analítica OHAUSS.
- Revelador cromatográfico
- Estufa Memmert
- Bomba de vacío
- Microscopio binocular Karl Zeiss.
- Nalge-Axelrodmellingpoint
- Potenciómetro WTW 330i

3.3.2. MATERIALES

3.3.2.1. MATERIALES DE VIDRIO Y OTROS

- Vasos de precipitado
- Cámara cromatográfica
- Cromatofolios Sigel F₂₅₄.
- Baguetas
- Algodón
- Campana desecadora
- Papel filtro
- Embudos
- Pera de decantación
- Cristalizador
- Bureta

3.3.2.2. MATERIALES DE METAL

- Tamices ASTM
- Trípodes
- Cuchillos

3.3.2.3. REACTIVOS

- Bicarbonato de sodio Q.P.
- Ácido turmérico(aislado)
- n-Hexano
- Alcohol etílico. Q.P.
- Agua pura
- Ácido sulfúrico
- Cloruro férrico
- Agua destilada
- Leche
- Azúcar

3.3.2.4. MATERIALES DE SEGURIDAD

- Mandil
- Guantes
- Mascarilla

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1.1 RESULTADOS DEL ACIDO TURMERICICO

El punto de fusión fue de 182.5 – 183°C, comparado con el punto de fusión del ácido turmérico patrón de 183°C guarda semejanza con el valor de la muestra en estudio, lo que a juzgar por la escala diferencia con el valor de la literatura se trata de un producto altamente puro. ⁽¹⁷⁾

4.1.1.1 REACCIÓN SIMPLIFICADA DEL ÁCIDO TURMÉRICO CON BICARBONATO DE SODIO

La reacción del Ácido Turmérico con Bicarbonato de Sodio es la sgte:

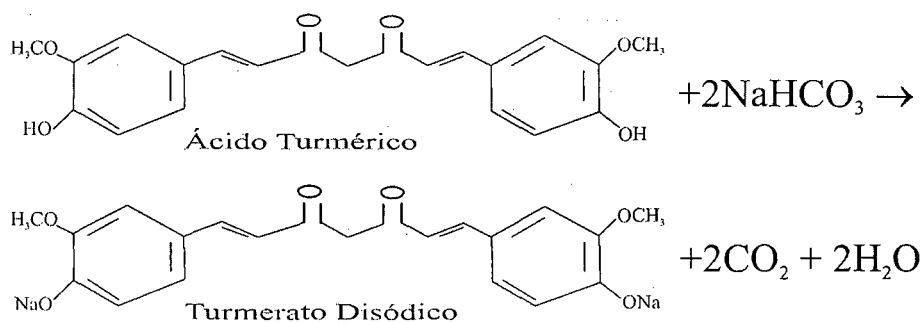


Fig. N° 7. Reacción del Ácido Turmérico con Bicarbonato de Sodio simplificada.

4.1.1.2 COLOR Y FORMA DE LOS CRISTALES

Los cristales son de color naranja - amarillento y su forma es prismática, cuando se observa al microscopio se puede ver sus aristas bien definidas.

4.1.1.3 ESPECTRO UV-VISIBLE DEL ACIDO TURMERICICO

Nuestra muestra disuelta en alcohol etílico y pasado por el espectrofotómetro da un valor de 430 nm tal como se observa en la figura N° 9.

X: patron; absc 1100.0- 190.1; pts 3034; int 0.30; ord 0.0142-1.4766; A
inf: patron de ácido turmérico

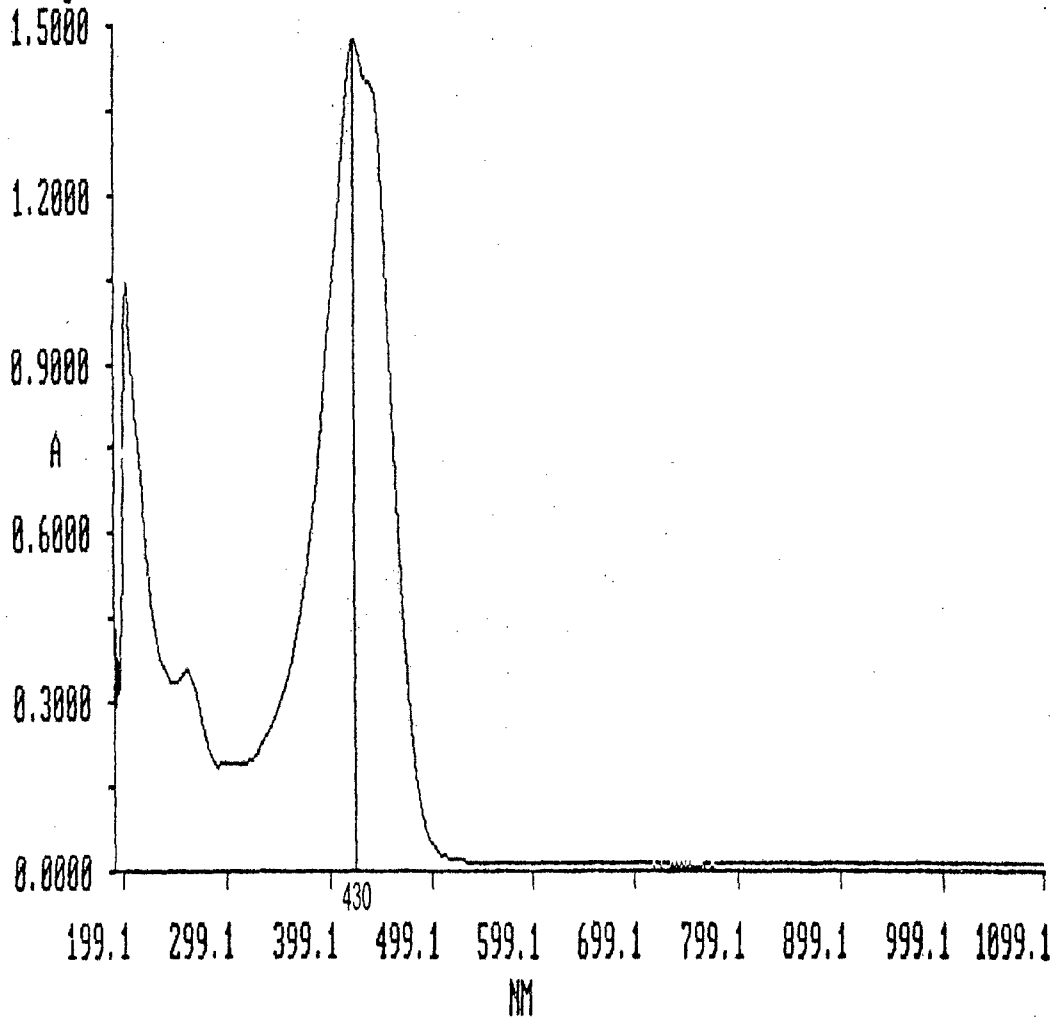


Fig. N° 8.- Espectro UV-Visible del Ácido Turmérico obtenido en el JENWAY Modelo 6505 de la F.I.Q. disuelto en alcohol etílico.

4.1.2. RESULTADOS DEL TURMERATO DISODICO

La derivatización o síntesis parcial del ácido turmérico a turmerato disódico con bicarbonato de sodio en medio alcohólico acuoso (90:10) v/v arrojó un rendimiento de 91.08% que equivale en peso a 3.752 g. de turmerato disódico en relación con el valor estequiométrico de 4.12 g. que representa teóricamente el 100% de turmerato disódico que se esperó obtener en las más óptimas condiciones.

El cuadro N° 1 es el resumen de un balance de materia de los reactantes: ácido turmérico y bicarbonato de sodio que dieron lugar a la formación del producto principal turmerato disódico y de los productos secundarios como el agua, CO₂, y productos de degradación del ácido turmérico que se forman en el curso de la reacción.

PESO DE REACTANTES (g)			PESO DE LOS PRODUCTOS (g)				
PESO TOTAL	ÁCIDO TURMÉRICO	BICARBONATO DE SODIO	PRINCIPAL TURMERATO DISÓDICO	SECUNDARIO AGUA	SECUNDARIO CO ₂	PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN IMPUREZAS	PESO TEÓRICO DEL PRODUCTO PRINCIPAL
5,36	3,68	1,68	3,752	0,36	0,88	0,368	4,12

Cuadro N° 1. Balance de materia de reactantes para obtener el producto o productos.

4.1.2.1. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICO QUÍMICAS DEL TURMERATO DISÓDICO

Los resultados de las pruebas fisicoquímicas del turmerato disódico se observa en el cuadro 2.

PUNTO DE FUSIÓN C°	FORMA Y COLOR DE LOS CRISTALES	Rf x 100 EN TLC	LONGITUD DE ONDA MÁXIMA EN ESPECTROSCOPIA UV-VISIBLE DE UNA SOLUCIÓN DE TURMERATO DISÓDICO EN AGUA	SOLUBILIDAD	CAPACIDAD DE TINCIÓN
162	ROMBOÉDRICO ROJO INTENSO	62	486	Instantáneo	<ul style="list-style-type: none"> • Muy buena en agua • Muy buena en jarabes • Muy buena en harina • Buena en productos lácteos • Muy buena en papel • Muy buena en productos cárnicos

Cuadro N° 2.- Constantes físicas del Turmerato Disódico y capacidad de tinción.

4.1.2.2 RENDIMIENTO

Teóricamente el rendimiento según la reacción estequiométrica debería ser de 4.124g (100%) pero en la práctica se obtuvo 3.752 g. de turmerato disódico que representa el 91% del rendimiento teórico, un rendimiento alto si se tiene en cuenta que los grupos carbonilos del ácido turmérico como se ha señalado son lábiles y es la parte por donde puede degradarse por influencia de los cationes sodio, pero además porque también es posible la ruptura de la molécula por el centro quiral que es el grupo metileno (carbeno). Con los hidrógenos del metileno el sodio puede formar hidruros.

4.1.2.3. PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL TURMERATO DISÓDICO OBTENIDO.

4.1.2.3.1 DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE FUSIÓN

Se aplicó el mismo método empleado para la determinación del punto de fusión del ácido turmérico en el aparato Nalge– Axelred (Pruebas de Determinación del Punto de Fusión del Ácido Turmérico), se observa un valor de punto de fusión de 162 °C.

4.1.2.3.2 COLOR Y FORMA DEL CRISTAL

Los cristales son de color rojo intenso y tienen una forma romboédrica.

4.1.2.3.3 SOLUBILIDAD

Es altamente soluble en agua en mezcla de alcohol-agua (50:50) v/v. Un gramo de turmerato disódico se disuelve completamente en 5 ml. de agua.

4.1.2.3.4 ESTABILIDAD DEL COLOR

Se preparó una solución al 10% del turmerato disódico en un vaso de precipitado, se dejó en reposo por 5 días y el color se mantuvo inalterable en comparación con las antocianinas, betalainas que desmejoran su color en un promedio de 12 horas.

4.1.2.3.5 PUREZA DE LOS CRISTALES

Son altamente puros dados su cristalinidad y haber sido llevados a recristalización para separar los productos de degradación que se formaron durante la reacción de formación del producto.

La prueba de TLC en silicagel F254 da un spot resuelto en una mezcla alcohol agua (50:50) v/v a un $RF \times 100 = 62$, observando en el microscopio los cristales, presenta sus bordes muy nítidos y una estructura romboédrica.

4.1.2.3.6 REACCIÓN DE IDENTIFICACIÓN CUANTITATIVA DEL TURMERATO DISÓDICO CON REACTIVOS CROMOFÓRICOS

La solución del turmerato disódico en ácido sulfúrico concentrado vira de un color rojo intenso a un color anaranjado, al producir la reacción siguiente:

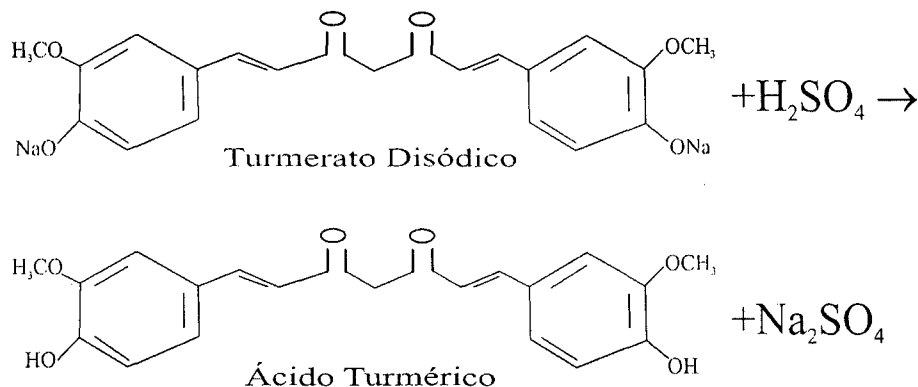


Fig. N° 9 Reacción del Ácido Turmérico con Reactivos Cromoforos

Esto quiere decir que hay una reacción de reversión del turmerato disódico a ácido turmérico.

Por no haber dispuesto para la elucidación de la estructura química del turmerato disódico más que de pruebas de espectroscopia ultravioleta visible, por no contar con IR, RMN de protones y carbono 13, y otras técnicas. Son validas algunas pruebas de identificación cualitativa que dan resultados positivos, por ejemplo: la solución de ácido turmérico da un color marrón rojizo con FeCl₃, con NaOH da un color rojo oscuro, estas pruebas corroboran que el producto derivatizado es turmerato disódico auténtico. No ha sido posible disponer de patrones auténticos de esta sustancia por ser inexistente en los laboratorios que expenden productos de química fina.

4.1.2.5 IDENTIFICACIÓN DEL TURMERATO DISÓDICO POR ESPECTROMETRÍA ULTRAVIOLETA-VISIBLE

Se disolvió el turmerato disódico en agua destilada y se pasó al equipo de espectrometría ultravioleta-visible JENWAY modelo 6505, se observó un desplazamiento de la longitud de onda máxima a 486 nm tan similar al de un efecto bactocrómico que experimentaría el ácido turmérico cuando se le aplica un reactivo de desplazamiento, por la similitud con el espectro base (ácido turmérico) es fácil inferir que se ha logrado la derivatización de esta sustancia a turmerato disódico.

El valor de 486 nm es congruente con el tono complementario del rojo intenso que es el verde azulado entre 480-490 nm compatible con las correlaciones teóricas que señala Willard H (1976)⁽²⁰⁾.

Además se observa un efecto hiperacrómico a una absorbancia de 1500 (Figura N° 10) dada por el color rojo intenso del turmerato disódico.

X: patron; absc 1100.8-190.1 pts 3034; int 0.30; ord 0.0142-1.4766; A

inf: patron de turmerato disódico

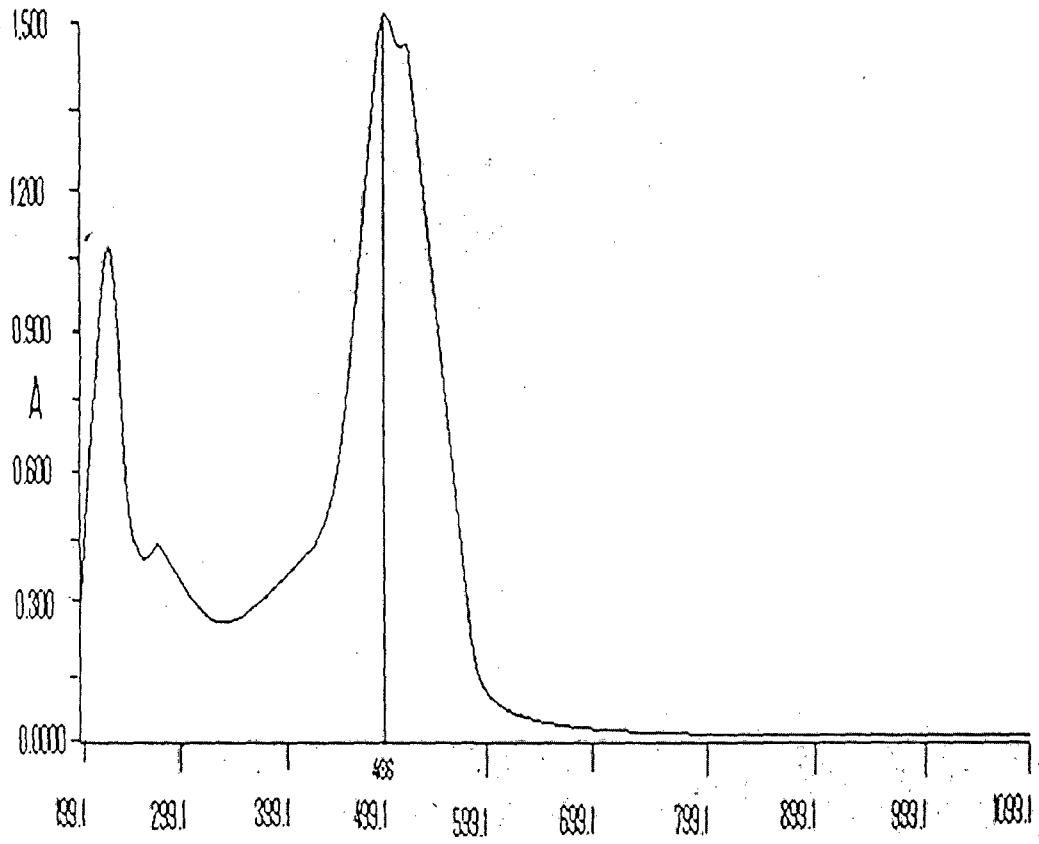
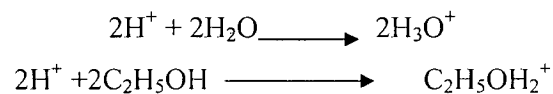


Fig. N° 10. Espectro UV - Visible del turmerato disódico.

4.1.2.5 MECANISMO DE LA REACCIÓN

Para disolver el ácido turmérico se preparó una mezcla alcohol-agua (90:10) v/v en esta proporción el ácido turmérico se diluye fácilmente. La importancia de tener una mezcla alcohol-agua formando ambos solventes una sola fase en éstos tiene la facilidad de formar puentes de hidrógeno con los grupos OH de las moléculas de ácido turmérico.

Los átomos de oxígeno del agua y del alcohol tienen una electronegatividad de 3.5 en la escala de Pauling, por esta razón el agua y el alcohol inicialmente ceden pares de electrones de estos átomos a los hidrógenos protonizados de los grupos OH del ácido turmérico luego lo atraen hacia su centro rompiendo el enlace oxígeno hidrógeno del ácido turmérico convirtiéndolo en doble anión turmerato, mientras el agua y el alcohol etílico forman iones hidroxonio y hexoxonio respectivamente.⁽¹⁹⁾



Mecanicamente el comportamiento del ácido turmérico con la mezcla alcohol-agua es la siguiente:

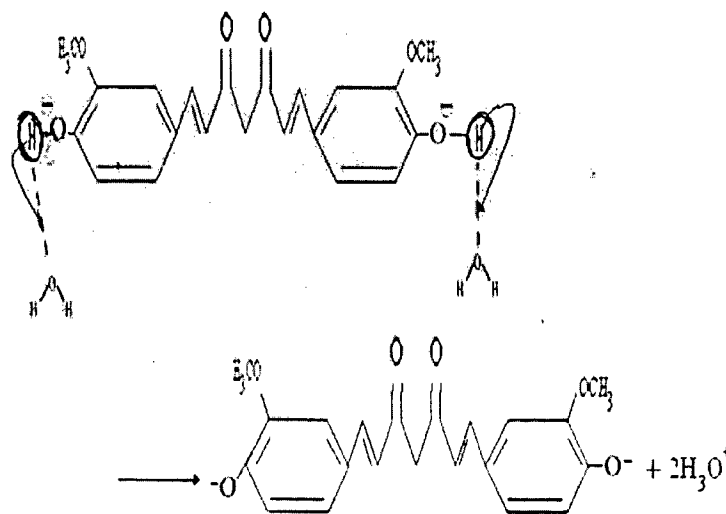


FIG. N° 11. Formación de puentes de hidrógenos del solvente agua con el ácido turmérico y ruptura del enlace OH del ácido turmérico para formar LIONIOS hidroxonio.

Este proceso se ve favorecido porque el alcohol etílico C_2H_5OH también ha formado puentes con los hidrógenos del OH del ácido turmérico dando lugar a iones hetoxonios y a la formación de un doble anión turmerato.

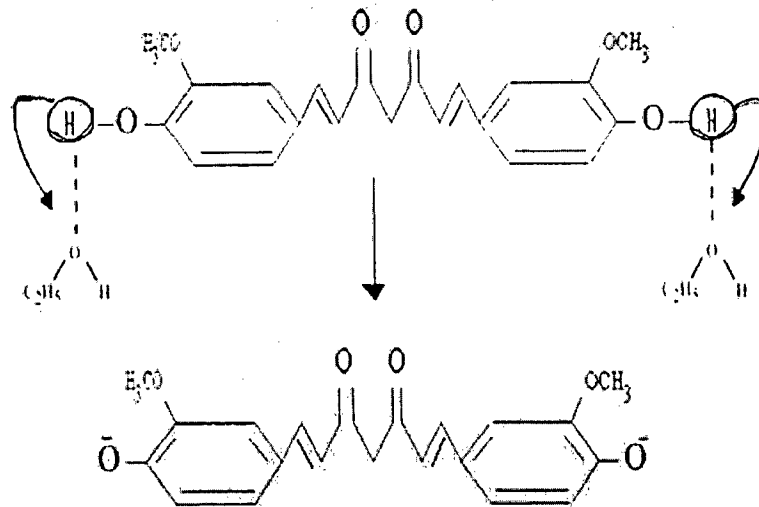
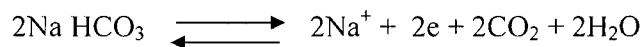


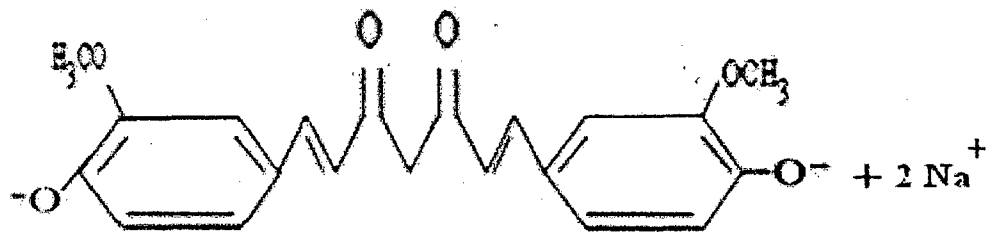
FIG. N° 12 Formación de Puentes de Hidrógeno del Solvente etanol con ácido turmérico formando un doble anión turmerato y el correspondiente ionio $C_2H_5OH_2^+$ (hetoxonio).

Estos ionios se solvatan de manera semejante con otros iones. Esta reacción es un ataque nucleofílica del agua y el etanol sobre los H^+ (protón) ya que poseer el hidrogeno su unico electron solo le queda su nucleo de los grupos OH del ácido turmérico, los átomos de oxígeno del agua y del alcohol respectivamente buscan ceder sus pares de electrones libres, entonces lo hacen sobre los hidrógenos desprotegidos de electrones (H^+) a este mecanismo se conoce como ataque nucleofílico (SN_1), que facilita el paso que a continuación debe seguir el bicarbonato sodio, ionizándose en medio alcohólico-acuoso de la siguiente manera:

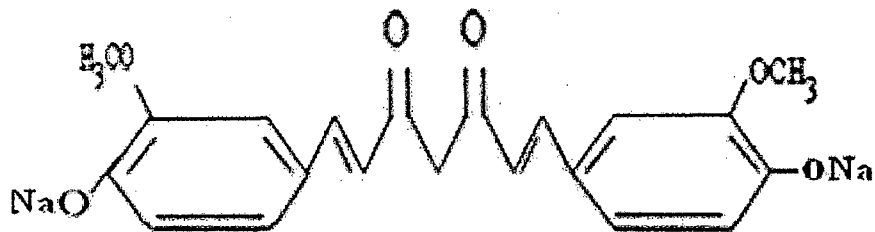


Los cationes Na^+ se acercan electrostáticamente a los aniones oxígenos del turmerato produciendo una reacción de sustitución electrofílica (SE_1) por la avidez de los cationes sodio Na^+ por ganar electrones, de esta manera se forma el turmerato disódico, una unión de tipo iónica debido a que la diferencia de electronegatividad entre el oxígeno y el sodio es mayor de 0.5. La electronegatividad del oxígeno en la escala de Pauling es de 3.5, mientras la electronegatividad mientras la

electronegatividad del sodio en la misma escala es de 0.9 formación que se manifiesta por el cambio de color de anaranjado-amarillo de la solución original (ácido turmérico) a rojo intenso (turmerato disódico).



Doble anión turmerato



Turmerato disódico rojo intenso

Fig. N°. 13 Formación del turmerato disódico mediante una reacción nucleofílica.

4.2. DISCUSIÓN

La reacción entre ácido turmérico y el bicarbonato de sodio en proporciones este - quiométricamente definidas (ley de las proporciones definidas), se vió favorecida por la mezcla de los solventes agua y alcohol.

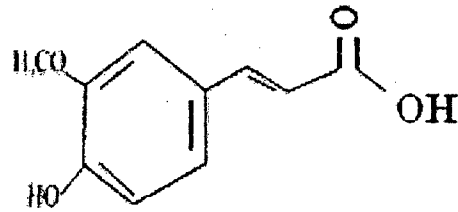
El agua realzó la polaridad del alcohol etílico y el alcohol etílico bajó la polaridad del agua lo que permitió que sustancias no muy polares como el ácido turmérico que se disuelven en alcohol etílico pero no en agua, se disuelvan en la mezcla alcohol-agua que forma una sola fase procedimiento tan usado en separaciones cromatográficas.

La polaridad del agua está dada por su constante dieléctrica ($E= 80.37$) y la polaridad del alcohol etílico tiene una constante dieléctrica ($E= 24.30$) esta mezcla permitió rebajar la constante dieléctrica a un promedio de 52.185.

El propósito de bajar la constante dieléctrica del agua al mezclar con el alcohol etílico permitió solubilizar adecuadamente al ácido turmérico con el que se logró obtener la reacción más adecuada con el bicarbonato de sodio para formar el turmerato disódico.

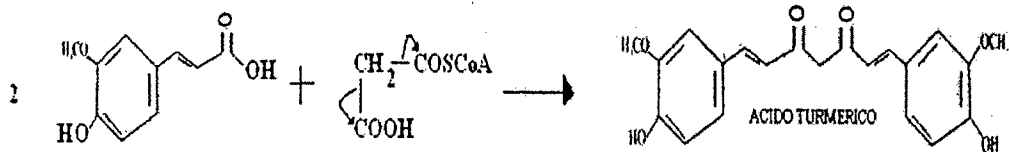
El turmerato disódico es altamente soluble en agua, elevó su constante dieléctrica al transformarse en sal cumpliéndose con la regla básica de la Química Orgánica “ iguales disuelven iguales”.

Si observamos la molécula del ácido turmérico se aprecia 2 centros de reacción dada por los grupos OH, sustituyentes de los grupos precursores que dieron origen a la molécula, nos referimos al ácido ferúlico (un derivado fenólico).



Ácido ferulico

2 moléculas de ácido ferulico + malonilCoA → ácido turmérico



Desde el punto de vista de sus enlaces los dos grupos OH del ácido turmérico se polarizan parcialmente de acuerdo a sus valores de electronegatividad; el átomo de oxígeno tiene electronegatividad de 3.5 en la escala de Pauling por eso es que atrae con más fuerza hacia su centro al electrón de hidrógeno que tiene un valor de 2.1 en la misma escala. Se observa una carga parcialmente negativa prevaecente en el oxígeno y una carga parcialmente positiva prevaecente en el hidrógeno.

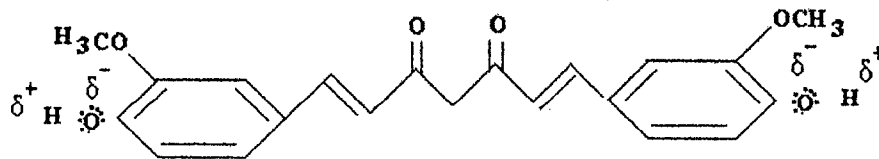
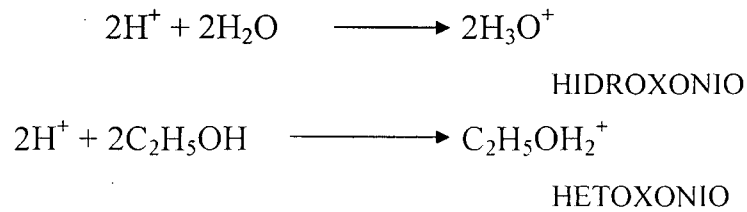


Fig. N° 14.- Molécula de ácido turmérico, grupo OH mostrando cargas parcialmente diferentes (+ y -).

Esta característica permitió que los solventes agua y etanol atraigan a los protones del grupo OH del ácido turmérico, estableciendo puentes de hidrógeno, luego estos puentes se rompen porque al final prevaece la electronegatividad del oxígeno de la

molécula del agua y del alcohol. El agua y el alcohol se solvatan con la presencia de los protones dando lugar a la formación de lionios (hidroxonios y hetoxonios).



Formación de lionios

La reacción en la que el agua y el alcohol actuaron sobre centros protónicos se llama ataque nucleofílico ($\text{S}_{\text{N}}1$). Los nucleófilos, agua y alcohol son capaces de donar un par de electrones no enlazantes para formar un enlace estable con átomos vecinos de otras moléculas.

Una vez que se rompieron los enlaces OH del ácido turmérico (ruptura heterolítica o desigual) la molécula de ácido turmérico se transformó en un doble anión turmerato.

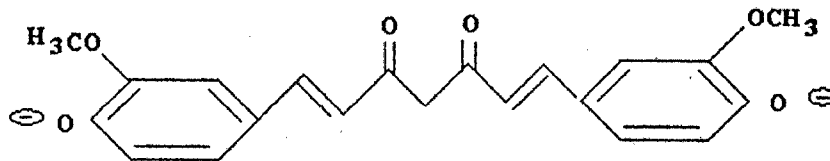


Fig. N° 15. Doble anión turmerato.

Esta situación permitió que el catión Na^+ del bicarbonato de sodio ionizado en la solución alcohólica acuosa que se ha vertido sobre la solución de ácido turmérico actuó sobre el doble anión turmerato. Produciéndose un ataque electrofílico del catión sodio sobre los dobles aniones turmerato, formando el turmerato disódico.

Es posible que el ión sodio que es muy reactivo también haya actuado en menor medida sobre el metileno singlete que constituye el centro de simetría de la molécula del ácido turmérico dando lugar a hidruros de sodio y al rompimiento de la molécula de ácido turmérico para formar moléculas de ácido ferúlico que constituyen las impurezas que se observa en el (Cuadro N° 1 Balance de materia de reactantes y

productos) que se eliminaron por recristalización del turmerato disódico formado en mayor cantidad, hecho que se logró disolviendo la muestra en una mezcla agua-alcohol (1:1) v/v.

Después de que se obtuvo la muestra cristalina se disolvió en agua destilada y se corrió en un equipo de espectrofotómetro ultra violeta visible JENWAY modelo 6505, y se obtuvo un espectro con una banda a una λ_{\max} 486 nm (ver fig. 10 Espectro UV-Visible del Turmerato Disódico).

Que comparando con el espectro UV-Visible del ácido turmérico cuyo valor λ_{\max} 430 nm. Se puede afirmar sin duda alguna que el sodio como componente del turmerato ha actuado como si se tratara de un reactivo de desplazamiento por un lado, produciendo un efecto batocrómico (desplazando la banda hacia la región rojo del espectro visible) por otro lado produciendo un efecto hipercrómico al aumentar la intensidad de la absorbancia dada por el color del turmerato disódico.

Respecto al rendimiento logrado en la síntesis del turmerato disódico podemos decir que el método aplicado resultó adecuado porque se puede obtener 3.752 g. que constituye el 91% en relación al rendimiento teórico calculado estequiométricamente, cuyo valor es 4.12 g. ya señalamos líneas arriba las razones porque se formaron los productos de degradación que en toda reacción son predecibles pero difíciles de atenuar sus efectos.

4.3. CONCLUSIONES

- El método utilizado para la derivatización del ácido turmérico en turmerato disódico en medio alcohólico acuoso (90:10) v/v usando como reactivo limitante bicarbonato de sodio es ventajoso y demuestra ser una alternativa que puede extrapolarse a nivel industrial para obtener colorantes hidrosolubles (con reactivos de bajo costo) que demanda la Industria Farmacéutica Nacional.
- El porcentaje del rendimiento en la derivatización del turmerato disódico es de 91.07%.
- La solubilidad del turmerato disódico en agua es instantánea.

4.4. RECOMENDACIONES

Desarrollar estudios farmacológicos y toxicológicos que validen su uso en base a su probada inocuidad y su importante actividad farmacológica en el tratamiento de enfermedades como: cáncer de piel, hepatitis, artritis reumatoidea y como sustituto de los colorantes artificiales en la tinción de productos farináceos, lácteos, cárnicos, bebidas gasificadas, y en coloración de formulaciones farmacéuticas.

4.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALDRICH. 1990-91. Catalog Handbook of Fine Chemical. Wisconsin USA. Pág. 356.
2. HART F. LESLIE, FISCHER HARRY JOHNSTONE. 1971. Análisis moderno de los alimentos. Ed. Acribia Zaragoza España. Pág. 532-533.
3. HARBONE JB. 1973. Phytochemical Methods. Ed. Chapman and Hall. London. Pág 52 – 55.
4. ARCE J, RUCK J, CHUNG B, BABOHOT J, RIVADENEYRA H. 1992. Isolement et purification de curcumine de *Cúrcuma longa*. Une methode de laboratoire extrapolable a niveau industrial Phytotherapie. N° 38/39 Journal de Phytomedicinaet Phytopharmaci Paris. Francia. Pág. 23 – 25.
5. BILL GOTTLIEB. 2003. Libro de Curas alternativas. Ed. Rodale INC. USA. Pág. 66
6. MAYER FRITZ 1950. La Química de las Materias Colorantes Naturales Edit. Aguilar. S.A. España. Pág. 103.
7. GIBAJA SEGUNDO. 1998. Pigmentos Naturales Quinónicos. Editorial UNMSM. Lima – Peru. Pág. 97.
8. RAO SHIUTRE. 1928. Journal of the Indian Chemical Society. India. Pág. 93-94.
9. JUDD, CAMPBELL, KELLOGG, STEVENS, DONOGHUE. Plant Systematic 2002. EDITORIAL.SINAUER. Associates Inc. USA. Pág. 292 –295.
10. DUCKE A. 2009. Phytochemical and Ethnobotanical. DATABASES. USA. Pág 1 – 19.
11. EVANS-TREASE.1991. Farmacognosia 113a edición. Ed. Interamericana Mc Graw Hill. México. Pág 504 – 505.

12. BU'LOCK JOHN D. 1969. Biosíntesis de Productos Naturales. Editorial Ediciones Urmo. Bilbao España. Pag. 103.
13. DOMÍNGUEZ X.1979. Métodos de investigación Fitoquímica. Editorial Limusa. México. Pag. 56 – 60.
14. BALCH J. BALCH PHYLLIS 1997. Recetas nutritivas que curan. 2ª edición. Editorial Avery N.Y. USA. Pág 80.
15. BARRIGA HERNÁNDEZ CARLOS 2005. Investigación Educacional A. Editorial. UNMSM. Lima-Perú. Pág. 149 – 165.
16. WALABANZO RODRÍGUEZ A.1984. Tecnología de la Investigación Experimental en Educación. Editorial INACE. Lima - Peru. Pág. 31 – 41.
17. HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS (1985) CRC – PRESS Edition 66 N.Y. USA.
18. RAO C.N. 1970. Espectroscopia Ultravioleta y Visible. Editorial Alhambra. S.A. Barcelona. España. Pág 256 – 257.
19. GUERASIMOV YA., DREVIK V., ERIOMIN E., KISILIOV A., LEVEDEV V., PANCHENKOV G., SHPIGUIN A. 1977. Química Física. Edición MIR URSS. (Rusia). Pág. 428.
20. WILLARD HOBART H., MERRITT LYNNE L., DEAN JR. JOHN A. 1976. Métodos Instrumentales de Análisis. Editorial CECSA-España. Pág. 109.
21. DICCIONARIO MÉDICO ROCHE 1993. Editorial Doyme S.A. Barcelona-España. Pág. 781.
22. OWEN R. FENMEMA. 2000 Química de los alimentos. Editorial Agribia, S.A. Zaragoza España Pag. 773 – 774.
23. COULTOTE 2007. Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos Editorial Agribia S.A. España Pag. 211.

ANEXO 1

TABLA 1.- LISTA DE DE COLORANTES SINTÉTICOS DE USO ALIMENTICIO APROBADOS POR F.D.A.

<u>NOMBRE OFICIAL</u>	<u>NOMBRE COMÚN</u>	<u>RESTRICCIÓN DE USO</u>
FD and C Blue N° 1	AZUL BRILLANTE FCF	NINGUNA
FD and C Blue N° 2	INDIGOTINA	NINGUNA
FD and C Green N° 3	VERDE REPIDO FCF	NINGUNA
FD and C Red N° 2	AMARANTO	NINGUNA
FD and C Red N° 3	ERITROSINA	NINGUNA
FD and C Red N° 4	PONCEAU SX	150 ppm. Solo para cerezas
FD and C Red N° 1	VIOLETA LANA 5 BN VIOLETA ÁCIDO 6 B	NINGUNA NINGUNA
FD and C Yellow N° 5	TARTRAZINA	NINGUNA
FD and C Yellow N° 6	AMARILLO SUNSET FCF2	NINGUNA
	ROJO CITRUS N° 2	2ppm. Solo en naranjas maduras.
	NARANJA B	150ppm. En tripas para salchichas y otros embutidos.

ANEXO 2

**CUADRO 1.- ESPECIES VEGETALES QUE POSEEN
COLORANTES NATURALES.**

N. Vulgar	N. Científico	Familia	Órgano o parte en que posee el colorante.	Tipo de colorante.
Camu-camu	<i>Myrciaria dubia</i>	Myrtaceae	Piel del fruto	Antocianinas
Vino huayo	<i>Eugenia egensis.</i>	Myrtaceae	Fruto	Antocianinas
Uvilla	<i>Pouroma cecropiafolia.</i>	Cecropiaceae	Piel del fruto	Antocianinas
Aceituna dulce	<i>Syzigium cumini</i>	Myrtaceae	Fruto	Antocianinas
Poma rosa	<i>Syzigium malacensis</i>	Myrtaceae	Frutos y flores	Antocianinas
Caballo sanango	<i>Faramea maynensis</i>	Rubiaceae	Fruto	Antocianinas
Huito	<i>Genipa americana</i>	Rubiaceae	Fruto	Flavonoides(Genipina)
Airambo	<i>Phytolacca rivinoides</i>	Phytolacaceae	Fruto	Betalainas
Ampato huasca	<i>Cissis erosa</i>	Vitaceae	Fruto	Antocianinas
Achiote	<i>Bixa orellana</i>	Bixaceae	Semilla	Carotenoides (bixina, norbixina)
Puca Panga	<i>Arrabidaea chica</i>	Bignonaceae	Hojas	Antocianinas
Cresta de Gallo	<i>Celosia argentata</i>	Amarantaceae	Flores	Betalainas
Rosa Sisa	<i>Tagetes erecta</i>	Asteraceae	Flores	Flavonoides (Quercetina)
Mishquipanga	<i>Renealmia alpinia</i>	Zingiberaceae	Fruto	Antocianinas
Guisador o Palillo	<i>Cúrcuma longa L.</i>	Zsingiberaceae	Rizomas	Difuroloil-metano o ácido Turmérico

Fuente: Cuadro levantado por el Ing. Julio Arce Hidalgo F.I.Q.

ANEXO 3

FICHA DE IDENTIFICACION DE LA ESPECIE VEGETAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

HERBARIUM AMAZONENSE (AMAZ)
 Esquina Pevas/Nanay – Telefono 23-6121- Apartado Postal 326

E-mail: herbarium_a@amaz.com.pe
 Iquitos-Perú

CERTIFICADO

YO, BLGO. CESAR AUGUSTO GRANDEZ RIOS, DIRECTOR DEL HERBARIUM AMAZONENSE PROFESOR ASOSIADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA, CON NÚMERO DE COLEGIATURA 3052, HACE CONSTAR QUE :

LA PLANTA PRESENTADA A LA VISTA POR LOS BACHS. PEDRO STALIN SANTA MARIA SHAPIAMA Y JORGE LUIS ALAVA GRANDEZ; EGRESADOS DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAMZONIA PERUANA, PERTENECE A LA SIGUIENTE ESPECIE.

ESPECIES	FAMILIA	N. VERNACULAR
- Curcuma longa L.	Zingiberaceae	"guisador"

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines convenientes

IQUITOS 06 DE MAYO DEL 2010

BLGO. CESAR A. GRANDEZ RIOS

DIRECTOR AMAZ-UNAP



FOTO N° 1.- *Cúrcuma longa* L. (Palillo o Turmérico)



FOTO N° 2.- Recolección de la planta entera *Cúrcuma longa* L.
(Palillo o Turmérico)



FOTO N°3.- Preparación para su identificación en el Herbarium Amazonense de la UNAP.



FOTO N° 4.- Rizomas lavados de *Cúrcuma longa* L. (Palillo o Turmérico)

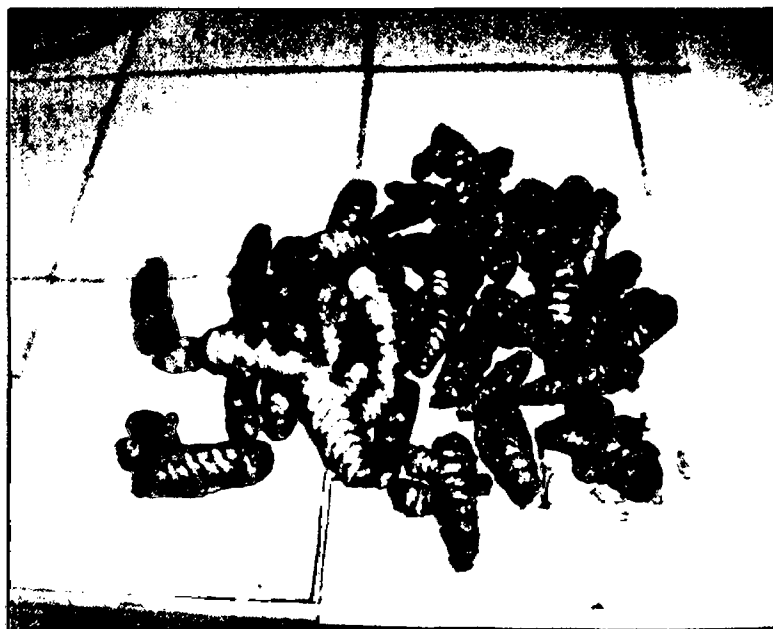


FOTO N° 5.- Proceso de picado de *Cúrcuma longa* L. (Palillo o Turmérico)



FOTO N°6.- Proceso de semi secado de *Cúrcuma longa* L. (Palillo o Turmérico)

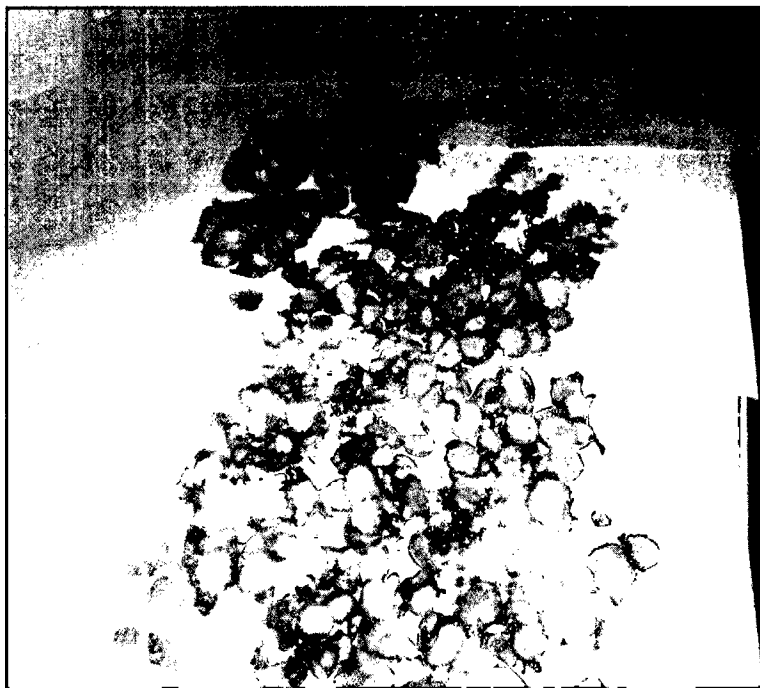


FOTO N° 7.- Secado del polvo de Palillo o Turmérico en estufa

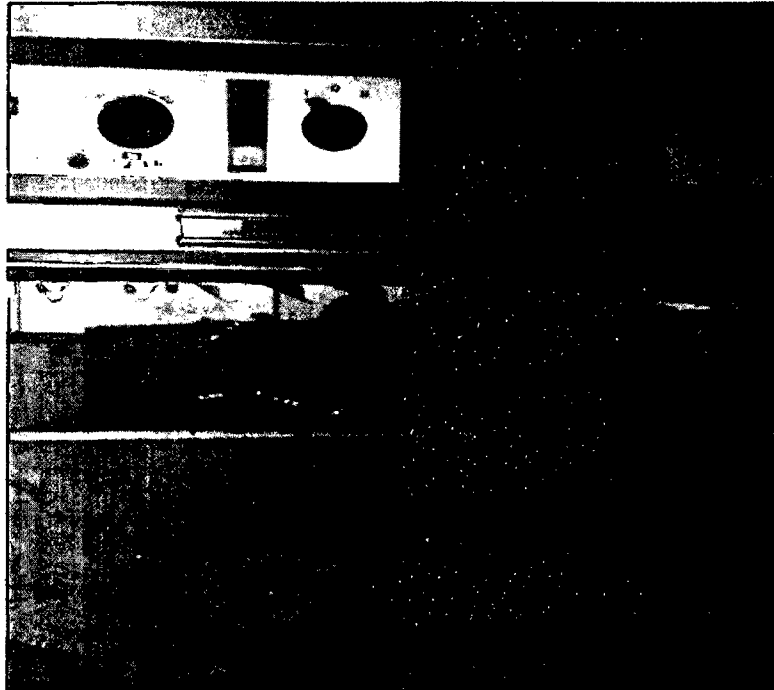


FOTO N°8.- Polvo de Palillo o Turmérico molido en mortero

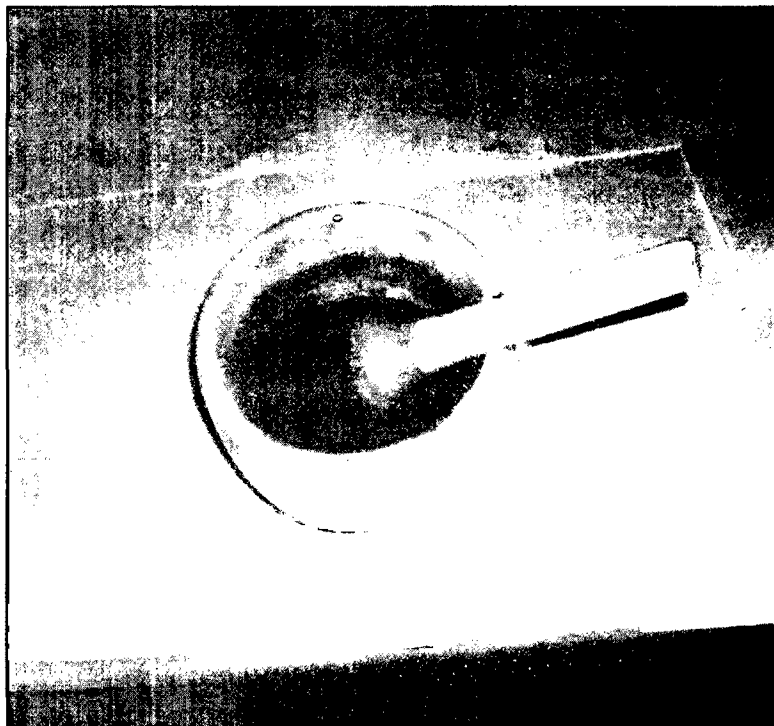


FOTO N° 9.- Solución de n-hexano en reposo con Palillo o Turmérico

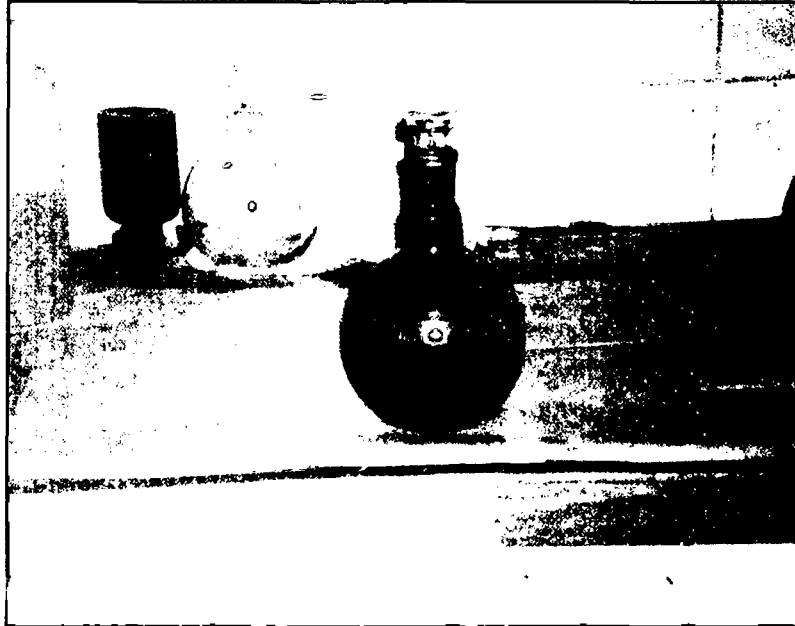


FOTO N° 10.- Agitación de solución n-hexano de Palillo o Turmérico



FOTO N° 11.- Proceso de filtrado del extracto n-hexánico



FOTO N° 12.- Concentración en rotavapor de la solución de n-hexano del Palillo o Turmerico



FOTO N° 13.- Desengrase del Palillo o Turmerico en polvo en el aparato de soxhlet

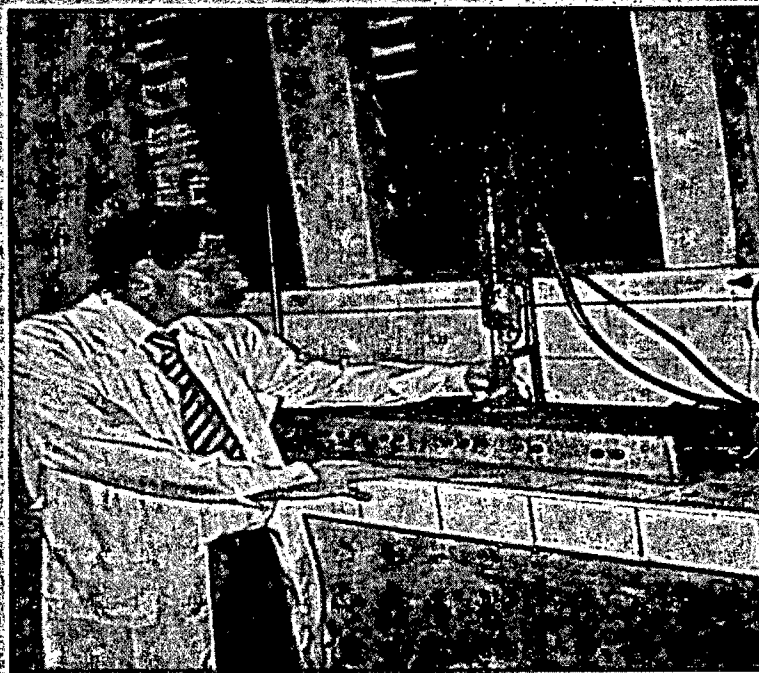


FOTO N° 14.- Observación del proceso de cristalización del Ácido Turmérico



FOTO N° 15.- Evaporación del solvente en la cristalización del
Ácido Turmérico



FOTO N° 16.- Purificación del Acido Turmérico por TLC

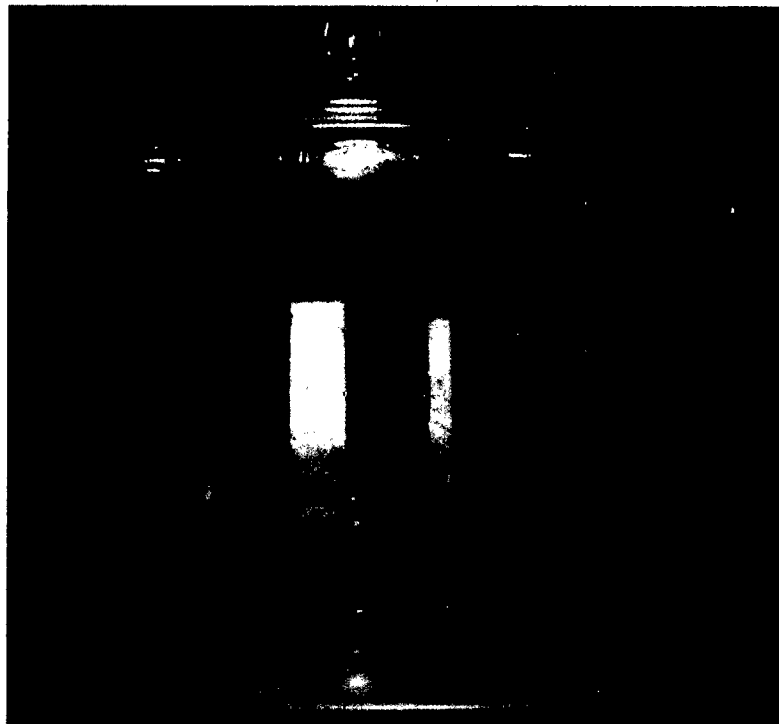


FOTO N° 17.- Ácido Turmérico (Curcumina) químicamente puro



FOTO N° 18.- Bicarbonato de sodio químicamente puro

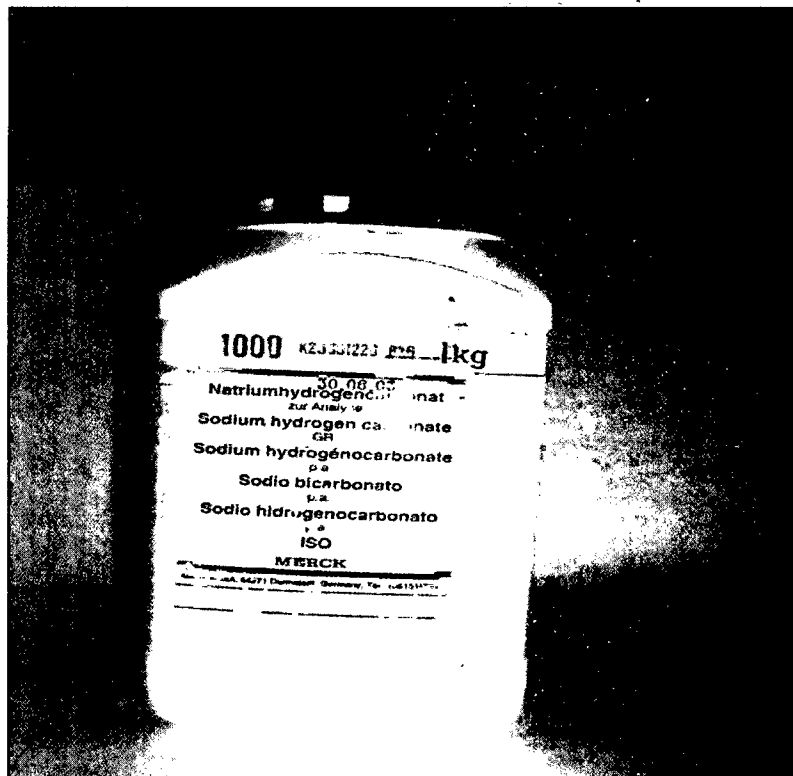


FOTO N° 19.- Formación de TurmeratoDisódico en solución
alcohólico acuoso (90:10) v/v

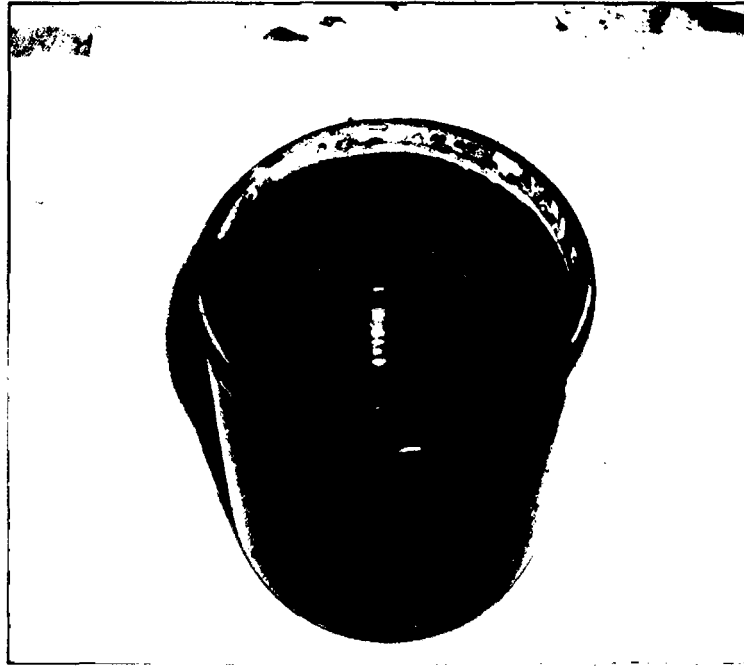


FOTO N° 20.- Formación de cristales de Acido Turmérico



FOTO N° 21.- Balanza Analítica

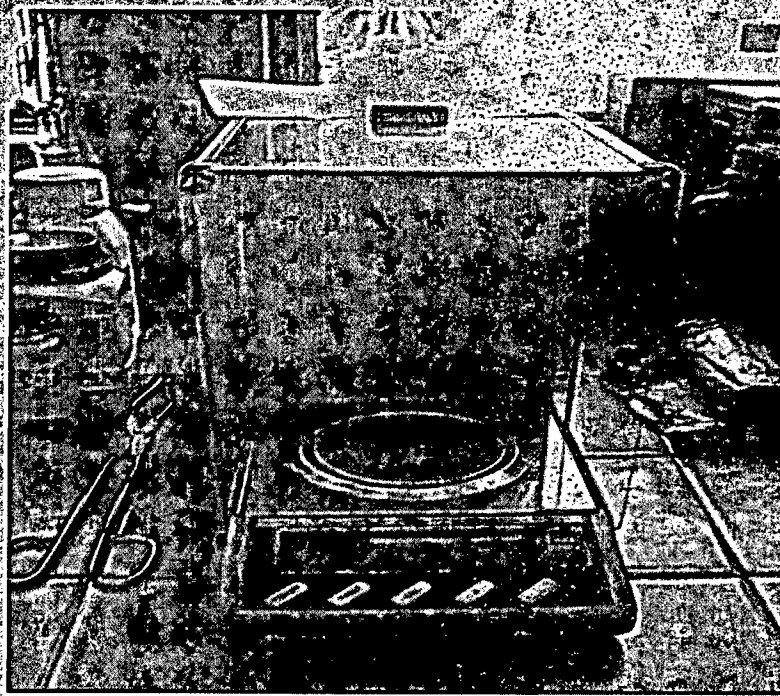


FOTO N° 22.- Espectrofotómetro UV-Visible JENWAY modelo 6505

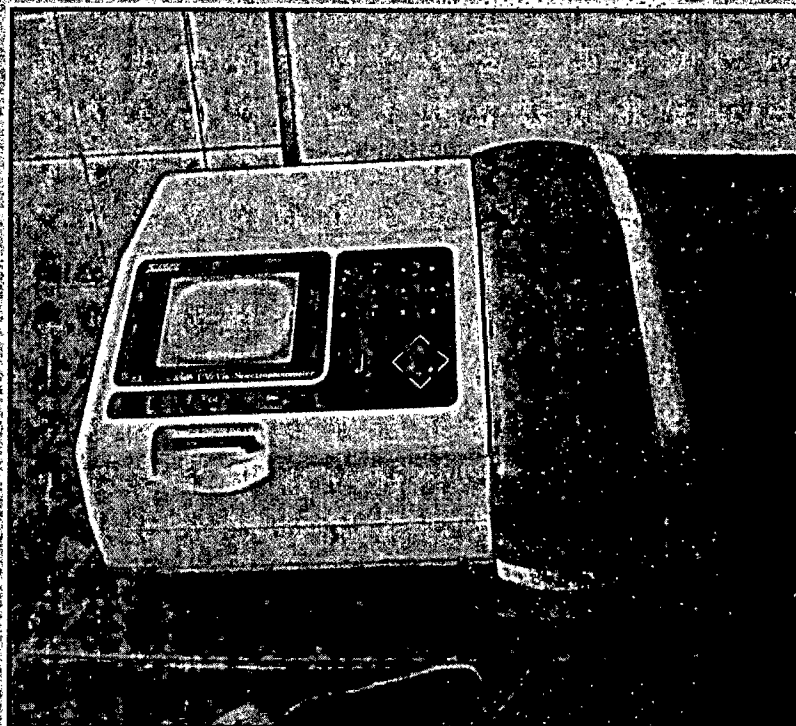


FOTO N° 23.- Observación del TurmeratoDisódico

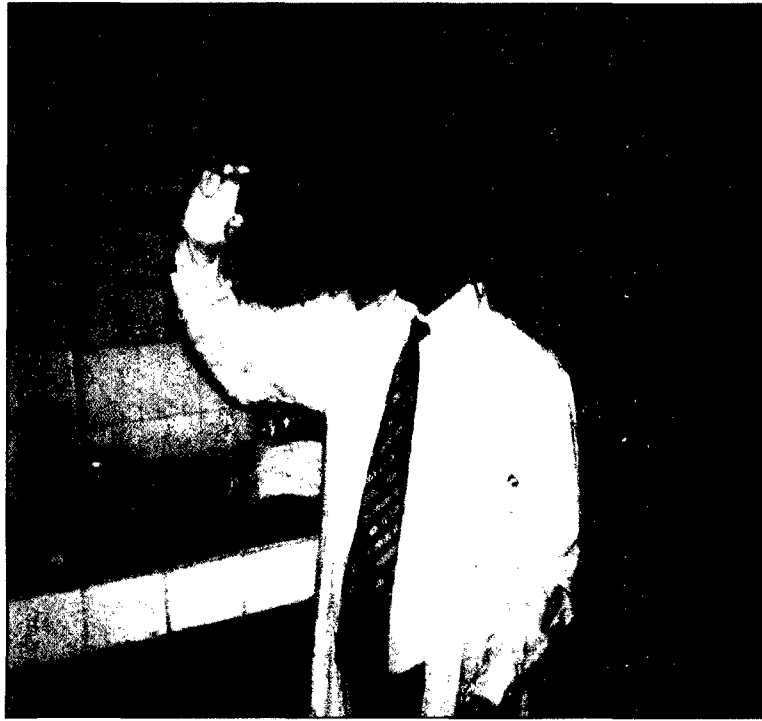


FOTO N° 24.- TurmeratoDisódico químicamente puro



**NO SALE A
DOMICILIO**



200064