

168

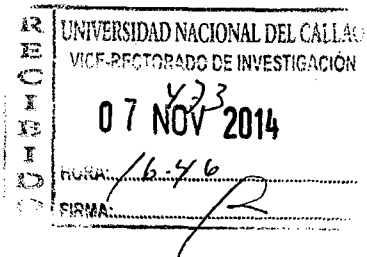


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

NOV 2014

FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS

INSTITUTO DE INVESTIGACION



INFORME FINAL

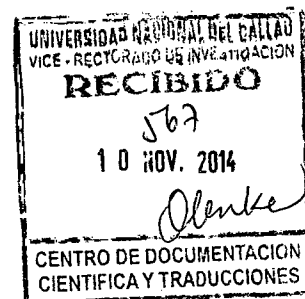
**"DETECCIÓN DE LOS FLAVONOIDES DE LA CÁSCARA DE
PLÁTANO (*Musa cavendishii*) Y SU APLICACIÓN EN UN
DERIVADO LÁCTEO"**

INVESTIGADOR RESPONSABLE

Dra. DÁNIZA MIRTHA GUERRERO ALVA

**PERIODO DE EJECUCIÓN: DEL 01 OCTUBRE 2012 AL 30 SETIEMBRE 2014
(RESOLUCIÓN: 916-2012-R DEL 25 DE OCTUBRE DEL 2012.)**

2014



a) INDICE	1
b) RESUMEN	4
c) INTRODUCCIÓN	5
d) PARTE TEÓRICA O MARCO TEÓRICO	10
e) MATERIALES Y MÉTODOS	35
f) RESULTADOS	37
f.1. Composición proximal de las cáscaras de plátano <i>(Musa cavendishii)</i> de seda	37
f.2. Obtención del extracto total	38
f.3. Marcha fitoquímica	38
f.4. Cromatografía de capa fina analítica	39
f.5. Cromatografía de capa fina a escala preparativa	40
f.6. Cromatografía de columna rápida	41
f.7. Cromatografía de capa fina analítica	42
f.8. Cromatografía de capa fina a escala preparativa	43
f.9. Espectroscopia ultravioleta visible	44
f.10. Aplicación de los flavonoides hallados en un derivado lácteo	55
g) DISCUSIÓN	57
h) REFERENCIALES	69
i) APÉNDICE	75
ANEXOS	76

a.1) INDICE DE FIGURAS

Fig.Nº1. Plátano variedad inguiri	14
Fig.Nº2. Plátano variedad moquicho o bizcocho	14
Fig.Nº3. Plátano variedad isla	14
Fig.Nº4. Plátano variedad manzano	15
Fig.Nº5. Plátano variedad guayabo o palillo	15
Fig.Nº6. Plátano variedad seda	15
Fig.Nº7. Plátano variedad bellaco	16
Fig.Nº8. Pan Chapati de la India	18
Fig.Nº9. Estructura de Fenol simple y Polifenol	24
Fig.Nº10. Biosíntesis de Polifenoles	25
Fig.Nº11. Estructura de fenoles simples	26
Fig.Nº12. Flavonoides	27
Fig.Nº13. Ruta de los flavonoides	28
Fig.Nº14. Estructuras de fenoles complejos	29
Fig.Nº15. Espectro de Absorción de la fracción C ₁ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	44
Fig.Nº16. Espectro de Absorción de la fracción C ₂ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	45
Fig.Nº17. Espectro de Absorción de la fracción C ₃ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	46
Fig.Nº18. Espectro de Absorción de la fracción C ₄ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	47
Fig.Nº19. Espectro de Absorción de la fracción C ₅ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	48
Fig.Nº20. Espectro de Absorción de la fracción C ₆ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	49
Fig.Nº21. Espectro de Absorción de la fracción C ₇ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	50
Fig.Nº22. Espectro de Absorción de la fracción C ₈ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	51
Fig.Nº23. Espectro de Absorción de la fracción C ₉ soluble en metanol de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	52
Fig.Nº24. Espectro de Absorción de la fracción D ₄ soluble en agua bidestilada de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	53
Fig.Nº25. Espectro de Absorción de la fracción D ₅ soluble en agua bidestilada de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	54
Fig.Nº26. 5,7-dihidroxi-4'-metoxi flavona	61
Fig.Nº27. 4',5,6,7-tetrahidroxiflavona	62
Fig.Nº28. 5,7-dihidroxi-6-metoxiflavona	62
Fig.Nº29. 4',5,7,8-tetrahidroxiflavona	62
Fig.Nº30. 5,7,8-trihidroxiflavona	63
Fig.Nº31. 4',5,7-trihidroxiflavona	63
Fig.Nº32. 5,6-dihidroxi-7-metoxiflavona	64
Fig.Nº33. 5,6,7-trihidroxi-4'-metoxiflavona	64
Fig.Nº34. 5,7-dihidroxi-4',6-dimetoxiflavona	64
Fig.Nº35. 5,6,7-trihidroxiflavona	65
Fig.Nº36. 5,6,7-trihidroxi-4'-metoxiflavona	65

a.2) INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Composición proximal de las cáscaras de plátano de seda orgánico (<i>Musa cavendishii</i>)	37
Tabla N°2: Análisis cualitativo del extracto de cáscara de <i>Musa cavendishii</i> variedad seda orgánico	39
Tabla N°3: Valores de Absorción del extracto etanólico de la cáscara de plátano <i>Musa cavendishii</i> variedad seda orgánico	40
Tabla N°4: Determinación de la solubilidad del extracto de la cáscara de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	41
Tabla N° 5: Rendimiento de los extractos totales deshidratados de las cáscaras de <i>Musa cavendishii</i> variedad seda orgánico por cromatografía de columna rápida (CCR)	42
Tabla N°6: Fracciones obtenidas de la cáscara de plátano (<i>Musa cavendishii</i>) solubles en metanol y agua bidestilada de la CCR	43
Tabla N°7: Valores de Rf de las fracciones de cáscara de plátano de seda orgánico (<i>Musa cavendishii</i>)	43
Tabla N°8. Lecturas de los espectros obtenidas en las fracciones solubles en metanol y agua bidestilada de la CCR de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánica	55

b) RESUMEN

En el presente trabajo se investigó las cáscaras de plátano (*Musa cavendishii*) de variedad de seda de producción orgánica de Pachacamac (Lurín, Lima) por ser residuos contaminantes sin uso que eviten el daño al medioambiente. Mediante marcha fitoquímica desarrollada en el extracto etanólico de las cáscaras de plátano se determinó la presencia cualitativa de polifenoles y flavonoides. Haciendo uso de la cromatografía de capa fina a escala analítica y preparativa y cromatografía de columna rápida se logró separar nueve fracciones solubles en metanol y cinco fracciones solubles en agua bidestilada así como sus respectivos valores de Rf; y por espectrofotometría UV-visible se halló 9 estructuras de flavonas solubles en metanol (5,7-dihidroxi-4'-metoxiflavona, 4',5,6,7-tetrahidroxiflavona, 5,7-dihidroxi-6-metoxiflavona, 4',5,7,8-tetrahidroxiflavona, 5,7,8-trihidroxiflavona, 4',5,7-trihidroxiflavona, 5,6-dihidroxi-7-metoxiflavona, 5,6,7-trihidroxi-4'-metoxiflavona) y dos flavonas solubles en agua bidestilada (5,6,7-trihidroxiflavona, 5,6,7-trihidroxi-4'-metoxiflavona). Finalmente, el extracto total de las cáscaras de plátano (*Musa cavendishii*) de seda orgánico fue adicionado a yogurt, para aprovechar las flavonas presentes por ser componentes muy valiosos, siendo aceptado por los panelistas entrenados en una concentración de 1g/l con un nivel de confianza de 95%; contribuyéndose así a la mejor explotación del cultivo y su rentabilidad, al aprovechamiento de la flavonas presentes en las cáscaras y también a la sanidad ambiental.

Palabras clave: extracto de cáscaras de plátano (*Musa cavendishii*), flavonas, yogurt.

c) INTRODUCCIÓN

El plátano es una fruta ampliamente difundida por su sabor agradable y bajo costo. En el Perú se le produce con mucha facilidad gracias a las condiciones geográficas y climáticas, tanto para la exportación como para el mercado nacional, además de la producción orgánica de plátano de seda en zonas agrícolas de Lima, que concita interés comercial.

Pero si bien es cierto que nadie puede discutir sus cualidades alimenticias, hay una parte de la fruta conocida como cáscara, que no es aprovechada y constituye un residuo orgánico sin utilidad industrial, además de producir e incrementar la contaminación.

Planteamiento del problema:

Para la mayoría de los procesadores industriales, productores y consumidores, las cáscaras del plátano son hasta el momento un desperdicio. En algunos casos y cuando se trata de producción orgánica, puede ser usada como un elemento integrante del abono vegetal, pero a muy pequeña escala; de allí que la cáscara es una parte importante que se deja de usar en esta fruta y tanto para la industria como para los consumidores, se convierte en un residuo que produce contaminación, reduciendo la rentabilidad de este cultivo porque no se procesa. En el presente estudio se deseó dar a este material abundante, la calidad de recurso y poder utilizarlo con la finalidad de determinar la probable presencia de polifenoles tales como los flavonoides que tienen propiedades antioxidantes, anticancerígenas y/o antiinflamatorias, de innegable importancia para la salud humana y de aplicación industrial en alimentos procesados. Además se debe considerar que estos residuos no tienden a desaparecer por la gran demanda de esta fruta, lo cual significa que las cáscaras se constituyen en un material abundante que se debe utilizar de alguna manera.



Al plátano no solo se le reconoce las cualidades nutritivas sino también las medicinales, las mismas que se expresan en el incremento significativo de su producción y consumo en la mayor parte de países del mundo. Estos logros requieren por parte de la agricultura convencional un conjunto de sustancias químicas para combatir enfermedades y plagas que afectan los cultivos, e intervenir en el mecanismo natural de maduración de los frutos, generando así para el consumidor un problema atentatorio contra la salud. Como respuesta a esta realidad que se inicia antes de la siembra e involucra inclusive la cosecha, se produce la tendencia de incrementar los cultivos ecológicos, libres de tratamientos con sustancias sintéticas. De esta forma, se promueve el consumo de más plátano de calidad por su rico contenido en nutrientes, y no tratado con insumos químicos durante todo el ciclo productivo hasta la llegada a la mesa de las familias; dicho producto obtenido siguiendo los parámetros de la agricultura ecológica es conocido actualmente como plátano orgánico.

Es así que se propuso recuperar las cáscaras del plátano orgánico de la variedad seda, ante la posibilidad que contengan polifenoles y flavonoides, y adicionar estos compuestos en alimentos tales como los lácteos, aprovechando de esta manera los valiosos componentes naturales de las cáscaras.

Por las razones antes expuestas, planteamos como problema la posibilidad de obtener polifenoles de tipo flavonoide de las cáscaras de plátano para que no sean consideradas como desechos sino como un recurso mediante la estrategia de análisis fitoquímico, cromatográfico y espectrofotométrico. En caso de que las cáscaras contuvieran flavonoides, se podría aprovechar las propiedades funcionales de estos compuestos mediante su adición en un derivado lácteo.

Nuestro objetivo general de investigación fue determinar la presencia de polifenoles en las cáscaras de plátano de producción orgánica, seguido de los objetivos específicos:

- Determinar la presencia de flavonoides en las cáscaras de plátano de producción orgánica.
- Determinar las estructuras de los flavonoides por espectrometría UV-visible.
- Desarrollar la aplicación de los flavonoides hallados en un derivado lácteo.

Como primer paso en la investigación se determinó desde el ámbito de la fitoquímica, la presencia de polifenoles y flavonoides en las cáscaras de plátano orgánico de la variedad seda. Por cromatografía de columna rápida se halló los valores de Rf de todas las fracciones obtenidas en los extractos solubles en metanol y solubles en agua bidestilada obtenidos por cromatografía de columna rápida (CCR). Empleando técnicas espectrométricas y usando estas mismas fracciones solubles en metanol y en agua bidestilada provenientes de la cromatografía de columna rápida, se determinó las fracciones que contenían flavonoides; efectuando posteriormente la aplicación del extracto conteniendo los flavonoides en un derivado lácteo; para contribuir así a la mejor explotación del cultivo y su rentabilidad y también a la sanidad ambiental. Por tal motivo el presente trabajo de investigación se declara de investigación básica (por la parte fitoquímica) y como investigación aplicada (por la búsqueda de la aplicación de los flavonoides a un derivado lácteo).

Por consiguiente, esta investigación alienta a los productores de plátano orgánico que tienen un nuevo recurso comercializable, a la industria láctea porque podría emplear

insumos naturales extraídos de frutas para el procesamiento de alimentos nutraceuticos, y el cuidado del medio ambiente.

En cuanto a la importancia y justificación de este trabajo, el aporte radica en que según la Asociación de Exportadores (ADEX) en el año 2.005 el país produjo 1.690 (miles de toneladas) de plátano de agricultura convencional. En ese año a Loreto le correspondió el 22% de la producción, a San Martín el 16% y a Piura y Ucayali el 12%.

De acuerdo a ADEX la producción de banano y plátano orgánico tienen a Piura y Tumbes como las regiones más importantes, además de pequeños productores de Lima, con rendimientos de 30 TM/ha, y pico de mayor producción de enero a abril¹.

A la par del incremento de la producción de banano en el mundo, entendido de la manera convencional desde el punto de vista agronómico, el cual involucra el empleo de pesticidas, herbicidas, abonos sintéticos, para el control de enfermedades y plagas que afectan el desarrollo del cultivo, hay un interés también creciente por la producción orgánica libre de químicos.

El valor de la presente investigación se resume en los siguientes puntos:

1. Al haberse encontrado polifenoles de tipo flavonoides en las cáscaras de los plátanos, éstos adquieren valor económico y dejan de ser desperdicios, pasando a convertirse en recursos para los productores de plátano orgánico.
2. Los flavonoides se convierten en insumos para la industria alimentaria, específicamente de derivados lácteos.
3. Al dejar de ser desechos orgánicos se contribuye a la conservación del medio ambiente.

¹ www.adexdatatrade.com/docinterno/platano-produccion-RobustaValery.nacional.pdf

Respondiendo así a la hipótesis planteada: La determinación de flavonoides presentes en las cáscaras de los plátanos (*Musa cavendishii*) revalorará este material y le restituirá el valor de recurso económico pero también de insumo en la industria láctea.



d) PARTE TEÓRICA O MARCO TEÓRICO

Historia: El plátano es una planta herbácea que fue descrita por Linneo en 1.753. Se cree que el origen de este vegetal fue Asia sudoriental; área geográfica donde influyó notablemente a juzgar por la creencia oriental que representaba el símbolo de la fecundidad y árbol del “bien y del mal”. Las variedades comestibles diploides corresponden a *Musa acuminata*, que evolucionó y se hibridó con *Musa balbisiana* y la generación de caracteres triploides y tetraploides. Posiblemente los grupos híbridos se dieron alrededor del área de evolución (AB, AAB, y ABB en India) aunque pareciera haber tenido un segundo centro de diversificación en Filipinas (con los tipos AAB y ABB), lo que significaría que los grupos híbridos se originaron por cruces entre *Musa balbisiana* local y *Musa acuminata* llevada de otros lugares. Por tanto *Musa acuminata* habría sido transportada desde su centro, posiblemente Malasia, sufriendo hibridación y producción de caracteres poliploides en su periplo.

India incluyó esta planta en la poesía épica del budismo primitivo entre 500 y 600 años antes de Cristo. En el mediterráneo fue recogida en sus escritos por Megastenos, Teofrastos y Plinio².

Aproximadamente 500 años después de Cristo fue llevado a África proveniente de India por la ruta de Madagascar³ y ya se le conocía en el mediterráneo desde el año 650. A las Islas Canarias llegó posiblemente en el siglo XV procedente de Guinea, gracias a las conquistas de los portugueses en tierras africanas; para posteriormente ser traído a América en 1.516. Se sugiere presencia de plátano en América precolombina pero no hay pruebas directas; Linneo estudió *Musa paradisiaca* (variedad Curralé) y

²Tomado de agrocadena de plátano del Ministerio de Agricultura y ganadería. 2014. Citado en: www.mag.go.cr

³Narra la llegada del plátano a las Islas Canarias, el cual habría sido traído a América.

Musa sapientum (variedad dominico) que había en las Antillas el siglo XVII. Por otro lado el banano que se introdujo en América el siglo XIX, dio origen a empresas importantes y actualmente es la fruta más consumida en todo el mundo⁴.

El plátano es procesado en frituras o cocido, mientras que el banano se consume como fruta de mesa. En el Perú se le suele conocer al igual que en España con el nombre genérico de plátano seguido de la variedad por ejemplo plátano de seda, plátano bellaco, etc.

La Clasificación botánica es la siguiente:

Reino: Plantae.

División: Magnoliophyta.

Clase: Liliopsida.

Orden: Zingiberales.

Familia: Musaceae.

Género: *Musa*.

Especie: *Musa paradisiaca* (para cocer), *Musa cavendishii* (plátano comestible).

De acuerdo a Simmonds (1993) se trata de un híbrido clasificado⁵ como:

Familia: Musaceae

Género: *Musa*

Serie: Eumusa

Cruce: *Musa acuminata* x *Musa balbisiana*

En la serie Eumusa se distinguen los cultivares triploides derivados del cruce entre *Musa acuminata* (AB) y *Musa balbisiana* (BB) que dan origen a las musáceas comestibles más importantes:

AAA: bananos Cavendish y Gros Michel (sin hibridación).

⁴ El plátano. Citado en : www.Saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/.../ff2009-iiplatano.p...

⁵ Simmonds N.W. 1973. Los plátanos. Barcelona, España.

AAB: plátanos Curralé y Dominico.

ABB: Guineos como Cuadrado y Pelipita.

Cultivo: Es una planta perenne porque se reproduce por retoños. Al morir después de la cosecha los agricultores la retiran y la usan como abono para el mismo terreno. Este cultivo requiere de fertilizantes cada tres meses, herbicidas y fumigaciones aéreas mensuales. Después de 9 meses posteriores a la siembra es posible conseguir la primera cosecha de plátanos, pero en las plantaciones la cosecha es cada 10 ó 15 días.

La planta posee un pseudotallo⁶, que mide de 2 a 5 metros aunque su altura total con hojas alcanza los 8 metros.

Es estolonífera, con hojas erguidas y oblongas, de uno a dos metros de largo por 30 a 55 cm de ancho, redondeadas en el ápice y en la base.

La inflorescencia colgante mide entre 1 y 1,5 metros, con brácteas violáceas de 15 a 30 cm. de largo y que pueden ser persistentes o caducas. Las flores son blancas o de color crema y tienen un largo de 3 a 5 metros (Hoyos, 1985).

Los frutos aparecen como bayas falsas sin semilla, cilíndricas y distribuidas en manos de racimos con 30 a 70 plátanos que miden entre 20 cm y 40 cm de largo, y de 4cm a 7cm de diámetro⁷. La madurez se determina por el tamaño, grosor y color de la fruta. El racimo se corta con pericarpio verde para transportarlos a sitios lejanos. En las zonas de acopio le añaden carburo líquido para madurarlos aceleradamente antes de la venta.

Se le cultiva en zonas de poca altura, por debajo de los 300 metros sobre el nivel del mar, soleadas y de temperatura alrededor de 25°C⁸, sin embargo el plátano se adapta a alturas hasta de 2.200 metros sobre el nivel del mar, considerando que las variaciones de altitud hacia arriba prolongan el ciclo biológico. En Canarias por cada 100 metros se

⁶ Por eso el plátano es una planta y no un árbol ya que carece de tronco.

⁷ Hoyos 1.985 citado en: www.saber.ula.ve

⁸ Condiciones climáticas y latitudinales para el plátano citados en: www.platanodecanarias.net

prolonga el ciclo 45 días y en Jamaica por cada 70 metros las plantas alargan su vida en 76 días.

Producción: El plátano y banano se produce en más de 130 países. Entre los mayores productores se cuenta el 2.011 a India, seguida de Uganda, China, Filipinas y Ecuador. La producción mundial de plátano sólo es superada por cultivos como el trigo, arroz y maíz.

En el Perú la producción nacional de plátano y banano el 2.008 fue de un millón setecientos ochenta y ocho mil setecientos una toneladas métricas; siendo el rendimiento registrado entre 7 y 16 toneladas por hectárea al año mientras que en chacras de productores comerciales fue de 23 toneladas por hectárea para el mismo período⁹. En el año 2.011 a nivel nacional, los mayores productores de plátano fueron los departamentos de San Martín (478.930,58 t), Loreto (280.390 t), Ucayali (270.451,86 t), Piura (259.749 t) y Junín (197.340,81 t)¹⁰.

En el año 2.003 el Perú produjo en 152 mil has, con variedades de plátano y banano de las cuales 2.300 has eran dedicadas a la exportación¹¹.

La exportación de Banano-Plátano nacional se incrementó 28% en el 2.012 con un ingreso de U\$ 80.9 millones y un precio promedio de U\$ 0,69 por kilo. Hasta el mes de abril del 2.013, la exportación llegó a los U\$ 31.2 millones a un precio de U\$ 0,72 por kilo en promedio. Holanda fue el principal destino por U\$ 16.8 millones (54% del total), de 11 países¹² destino.

Los tipos de plátanos y bananos¹³ más consumidos en nuestro país son:

⁹ Estudio del mercado de la cadena de plátano. Cárdenas Frida. Dirección de promoción de la competitividad.

¹⁰ www.agroaldia.com Informe que refiere los países y departamentos productores de plátano.

¹¹ Taller de manejo integrado del cultivo de plátano. Disponible en: www.agrobanco.com.pe

¹² www.agrodataperu.com

¹³ Estudio del mercado de la cadena de plátano. Cárdenas Frida. Dirección de promoción de la competitividad.

Inguiri: es el más parecido al banano. Es muy plástico pues al eliminar barejas se le puede convertir en bellaco. Presenta buen llenado de frutos.

Fig.N°1. Plátano variedad inguiri



Fuente: www.elblogderegina2.blogspot

Moquicho o bizcocho: conocido también como plátano de oro o mosquito. Sus frutos miden entre 10 cm y 12 cm de largo, es muy dulce y el color de la cáscara del producto maduro es amarillo dorado.

Fig.N°2. Plátano variedad moquicho o bizcocho



Fuente: www.perueduca.pe

Isla: es una planta resistente a la sigatoka y al “mal de Panamá” producidas por hongos. Presenta entre ocho y diez manos que pueden cargar entre 70 y 90 frutos. La pulpa es rosada, con buen sabor y aroma; ideal para niños en destete.

Fig.N°3. Plátano variedad isla



Fuente: www.agromania.pe

Manzano: variedad de fruto pequeño, pulpa suave, dulce pero con ligera acidez que lo caracteriza.

Fig.N°4. Plátano variedad manzano



Fuente: www.blogyucatan.com

Guayabo o palillo: produce frutos grandes, transversalmente redondo y cáscara amarilla cuando madura.

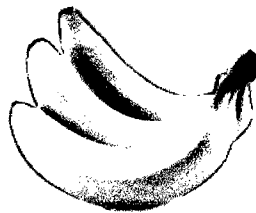
Fig.N°5. Plátano variedad guayabo o palillo



Fuente: www.perunatural.lamula.pe

Seda: corresponde al mayor porcentaje de la producción mundial. Sobresalen las variedades Gros Michel, Guayaquil, Highagate y Cocos. Los racimos son compactos, simétricos y presentan entre 130 y 240 frutos largos. La cáscara es de color amarillo al madurar, siendo la pulpa agradable y suave.

Fig.N°6. Plátano variedad seda



Fuente: www.peru21pe

Bellaco¹⁴: es el plátano verde o macho, que se cultiva en la selva tropical; cuando madura se torna amarillo con manchas y rayas marrones. Si está crudo el sabor es amargo pero si se cocina se vuelve suave y mantecoso. Se consume con carnes y pescados. Es empleado para hacer tacacho, sarapatera, chifles, mazamorras y otras viandas.

Fig.N°7. Plátano variedad bellaco



Fuente: www.flickr.com

Las variedades comerciales más importantes son bellaco, bellaco plátano e inguiri; el tipo banano es consumido como fruta de mesa principalmente el de seda, isla, moquicho o maleño y capirona.

El grueso de la producción se comercializa en el mercado nacional y un porcentaje de apenas 10% corresponde al autoconsumo, la comercialización regional y la exportación. Se debe considerar que el mayor punto de consumo es Lima; así el 2.011 llegó al mercado de frutas: plátano de seda, seda congo, isla, bellaco y bizcocho de diferentes zonas de producción. Además se debe tener en cuenta que entre el 30% y el 50% de la producción corresponde a plátano de primera calidad y que principalmente se consume como fruta fresca sin tocar las variadas oportunidades agroindustriales y los mercados que como la Comunidad Económica Europea pueden recibir nuestra producción.

¹⁴ Tomado de : www.saboresdelperu.com

Por otro lado, el estudio de la **composición del plátano maduro**¹⁵ reporta los siguientes resultados por 100 gramos de muestra, referidos a la composición proximal, minerales y vitaminas:

Agua: 74,2 g
Calorías: 92 kcal
Grasa: 0,48 g
Proteína: 1,03 g
Carbohidratos: 23,43 g
Fibra: 2,4 g
Potasio: 396 mg
Fósforo: 20 mg
Hierro: 0,31 mg
Sodio: 1 mg
Mg: 29 mg
Calcio: 6 mg
Zinc: 0,16 mg
Selenio: 1,1 g
Vitamina C: 9,1 mg
Vitamina A: 81 UI
Vitamina B1: 0,045 mg
Vitamina B2: 0,10 mg
Vitamina E: 0,27 mg
Niacina: 054 mg

Otras bibliografías¹⁶ añaden datos adicionales de contenido de ácido málico y ácido cítrico detectados en el fruto:

Agua 76%
Proteína 1%
Lípidos 0,2%
Carbohidratos 22%
Vitamina A 190 UI/100 g
Vitamina B1 0,05 mg/100 g
Vitamina B2 0,06 mg/100 g
Vitamina B6 0,51 mg/100 g
Vitamina C 10 mg/100 g
Potasio 420 mg/100 g

¹⁵ Composición del plátano tomado de: El plátano. Un cultivo tradicional con importancia nutricional, y www.botanical-online.com

¹⁶ Composición del plátano español en: la Enciclopedia de los Alimentos.

Ácido málico 0,50 %
Acido cítrico 0,15%

Finalmente, Frida Cárdenas Díaz en el “Estudio del mercado de la cadena de plátano” compara los resultados de los componentes del plátano y el banano en 100 gramos de porción comestible observándose menos porcentaje de agua en el plátano (65,28 gramos) con respecto al banano (74,2 gramos) y variaciones en los otros constituyentes.

Usos: Esta composición tan interesante hace que se use como harina en la producción de un pan casero de India llamado chapati, al que se le atribuye prevenir la úlcera gástrica y proteger la mucosa intestinal.

Fig.N°8. Pan Chapati de la India



Fuente: www.buenasalud.net

Con el plátano se produce harina, chips, licores, panes y pasteles, alimento para niños, fruta deshidratada e interviene en productos de farmacia¹⁷.

Por otro lado, la asociación de exportadores ADEX reporta que se ha exportado banano, y plátano seco, como harina o sémola. También se envía a otros países bajo la forma de chifles y snacks, e inclusive las hojas de plátano¹⁸.

Valor nutricional y terapéutico: Desde el punto de vista de la salud, se dice que el consumo de plátano favorece la eliminación de líquidos por la cantidad de

¹⁷ Herrera Rojas Mario. y Colonia Coral Luis.2.011. Jornada de capacitación UNALM-Agrobanco, El plátano. Junín-Perú.

¹⁸ Exportaciones registradas por ADEX y disponibles en www.gestion.pe



potasio que posee; recupera el estado de nerviosismo y depresión, previene calambres musculares, la embolia y aumenta el ritmo cardíaco.

Posee zinc que fortalece el cabello, más pectina que la manzana, y fósforo que unido a la vitamina C, ayudan a fortalecer la mente.

En casos de diarreas en niños, se prepara como papillas por su contenido en taninos. También se le asigna aplicaciones para el cutis por lo que se prepara cremas nutritivas.

Además, de su valor nutricional se indica que el plátano posee luteína, sustancia antioxidante empleada para combatir el acné, la psoriasis y las verrugas en forma tradicional. Se trata de un carotenoide amarillo con estructura de alcohol, insoluble en agua pero soluble en grasa y solventes orgánicos¹⁹. También se considera que el plátano posee vitaminas antioxidantes tales como la vitamina A, C y E²⁰.

En la pulpa de *Musa paradisiaca* se ha identificado triterpenos como cicloartenol, 2,4-metilen-cicloartenol, cicloeucalenol, citrostadienol y 2,4-etil-lofenol; esteroides como campesterol, daucosterol, estigmasterol, sitoindósido I, sitoindosterol I, II, III y IV, β -sitosterol y su gentiobiósido y mio-inositol- β -glucósido; los neurotransmisores dopamina, nor-epinefrina y salsolinol; y el flavonoide delfinidín. En la hoja de la planta se ha detectado triterpenos y el flavonoide ácido vainillínico; mientras que las flores contienen triterpenos y esteroides²¹.

Además de los trabajos de investigación referentes a la composición de la pulpa del plátano y del banano, existen otras pesquisas sobre las posibles aplicaciones en

¹⁹ Badui S. DICCIONARIO DE TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS. Ed. LONGMAN de México .México, 1997.

²⁰ www.Botanical-online.com.

²¹ Tomado del "Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana" disponible en: www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx

salud como el estudio que trata sobre el efecto probado cicatrizante de las dosis de 5mL/kg probada en ratas albinas holtzman con úlcera gástrica inducida²².

El plátano es una fruta rica en potasio por lo que se recomienda su consumo como parte de los alimentos adecuados para pacientes que sufren hipopotasemia leve²³. De manera análoga la fibra que es parte de los componentes naturales del plátano también se promueve²⁴ como elemento importante en la dieta.

Otro aporte importante es el que trata sobre la identificación de los aspectos nutricionales donde se incluyen los factores de riesgo para las entidades conocidas como hiperlipoproteinemia, hipertensión arterial y obesidad. Para estos casos se enfatiza en la dietoterapia, los requerimientos de energía y nutrimentos de forma individual; los macronutrientes y micronutrientes necesarios, así como la fibra dietética; por lo que se promueve aumentar la ingestión de potasio presente en el plátano porque favorece la protección contra la hipertensión y permite el mejor control de aquellos que la padecen.²⁵

La costumbre popular le ha atribuido al consumo de plátano la posibilidad de aliviar el asma bronquial; sin embargo Zapata y colaboradores demostraron al realizar su ensayo experimental que los resultados obtenidos y comparados con el control eran semejantes, concluyendo que el polvo de *Musa paradisiaca* no tenía utilidad terapéutica en el tratamiento del asma bronquial²⁶.

También se ha observado que la alimentación con almidón nativo resistente de banano gran enano, suministrado a ratas wistar mediante dietas con alto contenido de

²² Cuba J. Villanueva C, Mendoza J. Efecto cicatrizante de la savia de plátano *Musa balbisiana* colla en ratas albinas holtzman inducidas a úlcera gástrica. IX Jornadas de investigación en salud y V Jornadas científicas sanfernandinas. An.Fac.Med. Lima.2007.(68) suppl 1.

²³ Cifuentes F. Alteraciones del equilibrio de potasio: Hipopotasemia. Rev. Clin.Med.Fam. v.2nº3.2008 Feb (citado 2.014 Jun25);2(3):129-133.

²⁴ Escudero E. y Gonzáles P. La fibra dietética. Nutr. Hosp. 2006; 21(2).

²⁵ Socorrás M y Bolet M. Alimentación saludable y nutrición en las enfermedades cardiovasculares. Rev. Cubana Invest. Bioméd. 2010; 29(3):353-363.

²⁶ Zapata A, Gonzáles R, Garriga S y Melo M. Ensayo clínico con polvo de *Musa paradisiaca* en el tratamiento intercrisis del asma bronquial en adultos. Rev.Cubana Invest. Biomed. 1998; 17(3):208-13.

sucrosa, mostraron cambios benéficos en la homeostasis de glucosa y los niveles de lípidos séricos en los animales experimentales que recibieron las dietas mencionadas. Por tanto el consumo de almidón resistente mostraría ser benéfico²⁷.

Por otro lado, se ha utilizado el almidón de banano previamente oxidado en aceite esencial de canela, el cual puede ser una alternativa para elaborar películas con buenas perspectivas para ser empleadas como material de empaque²⁸.

Además se ha desarrollado mejoras genéticas de plátanos y cambures para que sean resistentes a enfermedades causadas por virus, hongos, bacterias e insectos. En este trabajo se usó el método de biobalística, para transformar ápices caulinares in vitro de plantas de plátano con micropartículas de tungsteno recubiertas con ADN de un plásmido que posee los genes *gus* y *bar*, consiguiéndose 22 plantas transformadas con dichos genes²⁹.

Como parte de otros estudios de investigación importantes se pueden citar el de González M, González R y G. Lobo, que evaluó la capacidad antioxidante de la piel del plátano adaptando el método TBARS con el fin de mejorar su sensibilidad, presentado en el V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos de España, basado en variedades de las Islas Canarias³⁰.

También se debe considerar el aporte de Ortiz L, González L y M. González quienes estudiaron el efecto de la concentración de extractos de piel de plátanos con propiedades antioxidantes sobre las características sensoriales del zumo de naranja y su posible efecto antioxidante. En estos ensayos se probó diferentes dosis de piel de

²⁷ Olvera-Hernández V, Aparicio-Trápala M, Ble-Castillo J, Muñoz-Cano J, y L Rodríguez-Blanco. *Universidad y Ciencia*. 2012; 28(1):51-56.

²⁸ Romero-Bastida C, Zamudio-Flores P, y Bello-Perez L. Antimicrobials in oxidized banana starch films, effect on antibacterial activity, microstructure, mechanical and barrier properties. *Rev.Mex.Ing.Quím*. 2011;10(3):445-53.

²⁹ Valerio R y García E. Transformación genética de plátano (*Musa sp cv Harton*) mediante biobalística aplicada a tejidos meristemáticos. *INCI*.2008; 33(3):225-31.

³⁰ González M, González R y Lobo G. Evaluación de la capacidad antioxidante de la piel de plátano. Adaptación del método TBARS para mejorar su sensibilidad. Libro de comunicaciones del V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Murcia, España, Mayo, 2009.

plátanos en zumo de naranja para hallar la cantidad más elevada no detectable desde el punto de vista sensorial, y posteriormente continuar con el tratamiento térmico del producto en almacenaje a 5°C. Como respuesta se observó que el zumo conservado a 5°C, no se oxidó tan rápidamente como sí ocurrió con el control³¹.

Para aprovechar los subproductos de la agroindustria del plátano, se investigó fibra dietaria de cáscara de plátano (*Musa AAB*), fenoles totales y capacidad antioxidante; a niveles de 0 g, 5,5 g, y 6,5 g/100 g de producto tipo hamburguesa por 28 días. De los ensayos se indica que la adición de fibra dietaria no tuvo efecto sobre la degradación lipídica pero sí sobre la degradación proteica, ejerciendo efecto protector sobre la mencionada fracción del alimento³². Al respecto la nota entregada por la Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología sobre los investigadores colombianos que desarrollaron una hamburguesa con fibra de banano, refieren que lograron reducir la cantidad de grasa de la formulación hasta un 50% mediante la adición de esta fuente de fibra³³.

En contraposición se halla el trabajo de Espinosa³⁴ quien ha estudiado el potencial de las cáscaras del banano (*Musa sapientum*) como fuente de fibra dietaria antioxidante, basando su investigación en la determinación de la actividad antioxidante de la fibra dietética por capacidad de secuestro de radicales libres (DPPH) y capacidad de inhibición de la oxidación lipídica (FTC), concluyendo que la cáscara de plátano presentaba ambas cualidades por tanto podría considerársele como recurso.

³¹ Disponible en: www.eoi.es/.../escueladeorganizacionindustrial/Reutilización-de-residuos-del-platano-como-fuente-de-antioxidantes-alimentarios-aplicación-a-zumos-de-frutas-citricas/

³² Alarcón M., López J., Restrepo D. Efecto de la inclusión de una fuente de fibra dietaria sobre la degradación lipídica y proteica de un producto cárnico tipo hamburguesa. *Rev.Chil.Nutr.*2014;41(1)

³³ Investigadores colombianos que desarrollaron una hamburguesa a partir de fibra de banano. Nota de la Agencia Iberoamericana para la difusión de la Ciencia y la Tecnología. Disponible en: www.Mineco.gob.es/porta/cite/mineco

³⁴ Espinosa J. POTENCIAL DE LOS SUBPRODUCTOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L) Y BANANO (*Musa sapientum*) como fuente de fibra dietaria antioxidante. Universidad Técnica Particular de Loja.2014, 49 págs.

También se ha probado la capacidad antioxidante de residuos de la agricultura como la cáscara de plátano en aceite de maíz; teniendo mayor capacidad antioxidante para secuestrar radicales las muestras con mayor contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y flavonoles, así como la inhibición de la oxidación del ácido linoleico que varió significativamente³⁵.

En la pulpa no madura de banana (*Musa sapientum L*) se ha identificado un agente anti ulcerogénico mediante fraccionamiento con solvente e identificación por cromatografía, espectroscopía y cromatografía líquida de alta performance, como el flavonoide leucocianidina; que demostró tener efecto protector frente a las erosiones inducidas por la aspirina³⁶.

Por otro lado la cáscara macerada de *Musa acuminata* ha sido ensayada con la finalidad de determinar su potencial antioxidante por el método DPPH, los contenidos de polifenoles totales y flavonoides totales, además del estudio del posible efecto en los parámetros hematológicos como contenido de leucocitos y linfocitos totales en ratas wistar albinas tratadas con este material. Los resultados dejaron al descubierto la mejor sustancia para extraer los compuestos antioxidantes, flavonoides y polifenoles totales, y que los dos extractos evaluados incrementaron los leucocitos totales y el porcentaje de linfocitos, de acuerdo a la dosis utilizada³⁷.

También es importante considerar la influencia de la variedad en el contenido de los compuestos fitoquímicos, capacidad antioxidante y actividad de quelación de

³⁵ Disponible en: www.dialnet.univrioja.es/servlet/articulo?codigo=2676436

³⁶ Lewis DA, Fields WN, Shaw GP. A natural flavonoid present in unripe plantain banana pulp (*Musa sapientum L. var. paradisiaca*) protects the gastric mucosa from aspirin-induced erosions. J Ethnopharmacol. 1999 Jun; 65(3):283-8.

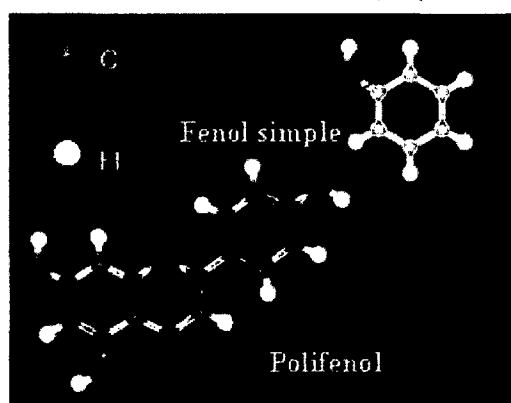
³⁷ Singhal M, Ratra P. Antioxidant Activity, Total Flavonoid and Total Phenolic Content of *Musa acuminata* Peel Extracts. Global Journal of Pharmacology 7 (2): 118-122, 2013

metales, lo que ha sido demostrado en un estudio efectuado en bananas rasthali, karpooravalli, manjal vazhapazham (amarilla) y pachai vazhapazham (verde)³⁸.

Otro aporte consiste en la utilización de la cáscara de plátano para purificar agua contaminada por metales pesados como cobre y plomo, con notable éxito debido a su eficiencia y bajo costo³⁹.

Las cáscaras constituyen el material de estudio del presente trabajo de investigación por la función protectora del fruto, además de servir de capa que relaciona al producto con los agentes externos del ambiente que pueden causar estrés. Por este motivo, las plantas son particularmente activas en la síntesis de metabolitos secundarios o fitoquímicos. Muchos de ellos son reconocidos de manera genérica como **polifenoles**.

Fig.Nº9. Estructura de Fenol simple y Polifenol



Fuente:www.acenologia.com/figs55_ciencia2.htm

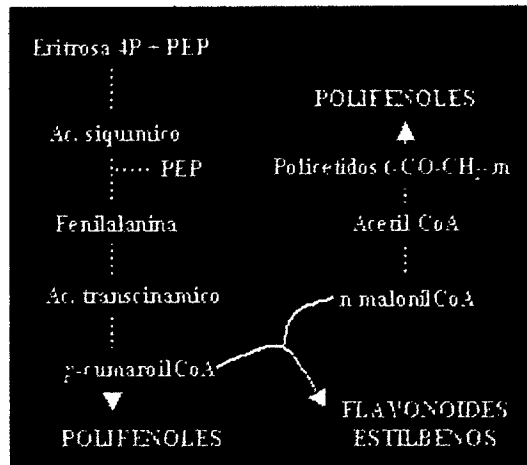
Se reconocen genéricamente tres rutas de formación de estos compuestos: los derivados de la vía biosintética del ácido shiquímico, a través del fosfoenol piruvato y la eritosa 4P que interactúa con el ciclo del ácido tricarbóxico o ciclo de Krebs para formar

³⁸ Babu M, Babu A Suriyakala M., and K. Gothandam. Varietal impact on phytochemical contents and antioxidant properties of *Musa acuminata* (Banana). J Pharm. Sci. & Res. Vol.4 (10), 2012, 1950-5.

³⁹ Investigadores brasileños comprueban que las cáscaras de banana sirven para purificar agua. Nota de la Agencia Iberoamericana para la difusión de la Ciencia y la Tecnología. Disponible en: www.Mineco.gob.es/portal/cite/mineco

aminoácidos aromáticos y alifáticos que generarán alcaloides y compuestos fenólicos; la ruta del ácido mevalónico que origina los terpenos y la ruta de los policétidos (acetogeninas), de la que también se forman compuestos fenólicos.

Fig.N°10. Biosíntesis de Polifenoles



Fuente: www.acenologia.com/figs55_ciencia2.htm

“Estos polifenoles son antioxidantes activos en sistemas biológicos y probablemente esta capacidad o valor biológico explica su abundancia en tejidos vegetales, en particular en los sometidos a más estrés oxidativo y daño por radicales libres como el derivado de la exposición a la luz solar”.⁴⁰ Se caracterizan por la reacción de color que se observa al añadirseles una solución acuosa o alcohólica al 1% de cloruro férrico; son relativamente polares, solubles en agua y presentan absorción en la región ultravioleta (UV) del espectro y desplazamiento batocrómico ante álcalis.

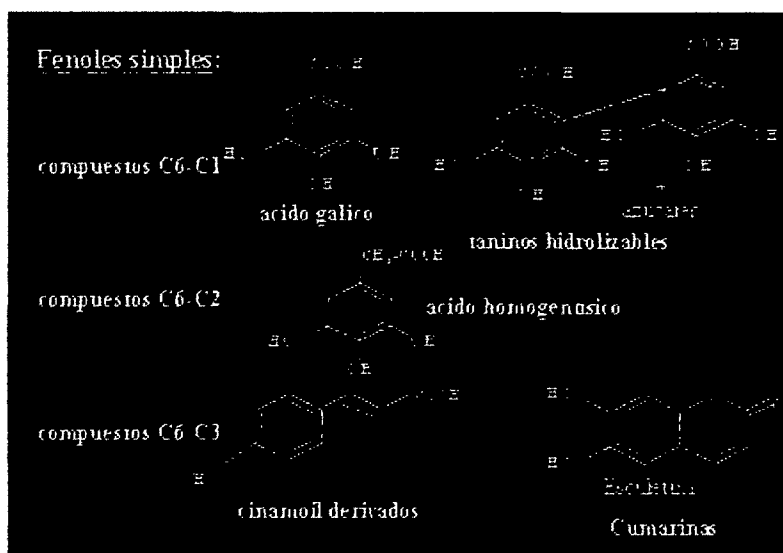
Los polifenoles poseen más de un grupo fenol por molécula y forman glucósidos al unirse la antocianidina (aglicón) al azúcar, originando colores característicos como la pelargonidina de color rojo naranja o la delphinidina que es azul púrpura.

⁴⁰ Lock O. INVESTIGACIÓN FITOQUÍMICA. Pontificia Universidad Católica del Perú. 1994, 2° ed. Perú.

Los polifenoles son generalmente subdivididos en taninos hidrolizables, que son esteres de ácido gálico con glucosa y otros azúcares, fenilpropanoides como lignina, flavonoides y taninos condensados. Los polifenoles se clasifican además según el número y tipo de subcomponentes fenólicos presentes; la unidad fenólica puede ser metilada o esterificada, pero también dimerizada o polimerizada, pudiendo originarse un nuevo polifenol.

Los grupos fenólicos más importantes son los polifenoles que poseen actividad antioxidante de notable importancia, los flavonoides, y los ácidos fenólicos hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos, hallados en el té, café, cacao, frutas, verduras, y cereales⁴¹.

Fig.Nº11. Estructura de fenoles simples



Fuente: www.acenologia.com/figs55_ciencia2.htm

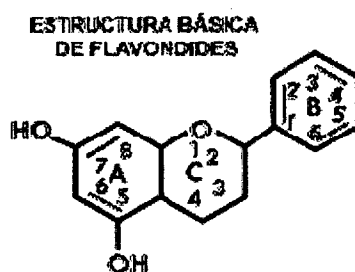
Como ya se ha manifestado entre los polifenoles se encuentran los **flavonoides**, estructuras que poseen actividades antimicrobianas, antioxidantes, antihepatotóxicas,

⁴¹ Tutel'ian V., and Lashneva N. Biological active substance of plant origin. Vopr Pitan. 2.008;77(1):4-19.

antiinflamatorias, etc; por lo que son actualmente motivo de investigación a nivel mundial.

Los flavonoides son metabolitos secundarios sintetizados de una molécula de fenilalanina y tres de malonil-CoA mediante la vía de los flavonoides, siendo la estructura base (C₆-C₃-C₆) la cicla la enzima isomerasa, con modificaciones posteriores por adición de grupos funcionales.

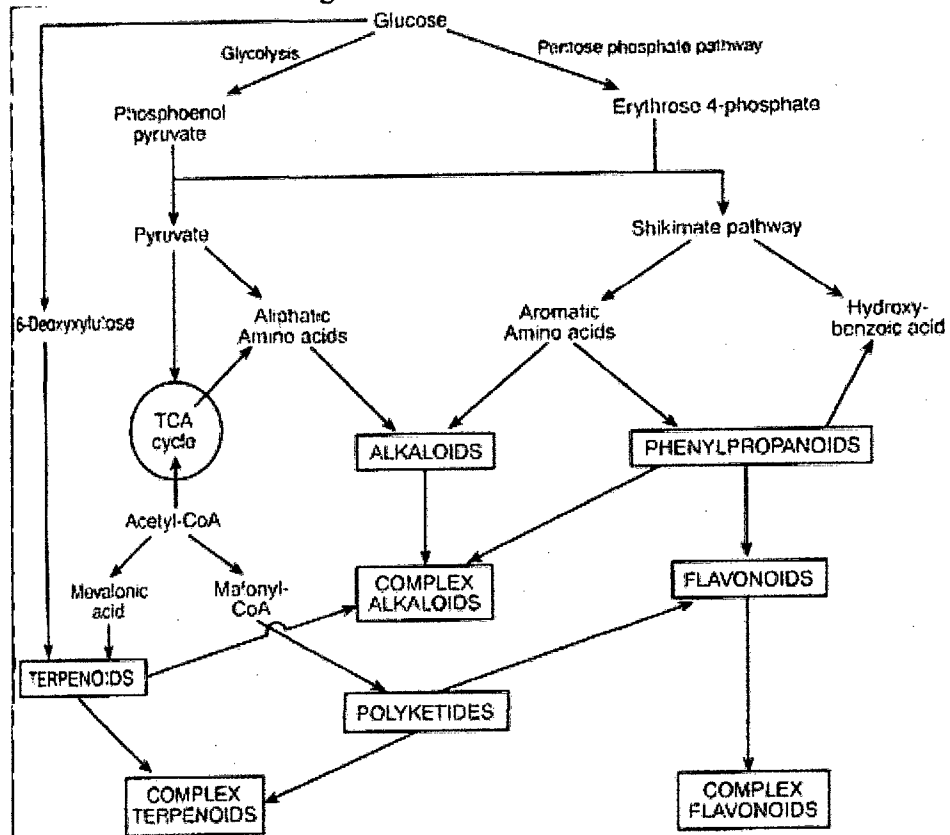
Fig.Nº12. Flavonoides



Fuente: <http://www.diccionariodelvino.com/index.php?qv=FLAVONOIDES>

El mecanismo biosintético según lo refiere Olga Loock (1994) parece ser el siguiente: en los cloroplastos la eritrosa 4-P se condensa con el fosfoenolpiruvato (PEP) y mediante diferentes reacciones se obtiene ácido shiquímico, del cual se originan algunos fenoles. Luego se incorpora otra molécula de PEP que permite la formación de fenilalanina. La vía de los flavonoides se inicia con la enzima fenilalanina amonioliasa (PAL) que es activada por la luz y gracias a diferentes hormonas vegetales en adecuada concentración, convierte la fenilalanina en ácido cinámico, el cual al recibir un grupo hidroxilo a nivel del anillo aromático se convierte en ácido p-cumarínico. Este último compuesto por acción de la enzima CoA ligasa se transforma en cumaril-SCoA; que es el precursor de la mayoría de fenoles tales como los flavonoides.

Fig.Nº13. Ruta de los flavonoides



Fuente: <http://www.ugr.es/~quiored/pnatu/fig/metabolismo3.gif>

Estos compuestos son propios de las plantas embriofitas y de algunas algas Charophyta; y se caracterizan por cumplir funciones metabólicas generales o específicas de cada especie. Una de las funciones de los flavonoides es dar color a las flores, como por ejemplo las antocianinas aunque la coloración no siempre es visible para el ojo del ser humano. En otros casos los compuestos se acumulan en las hojas siendo su función proteger a la planta de los rayos ultra violeta.⁴²

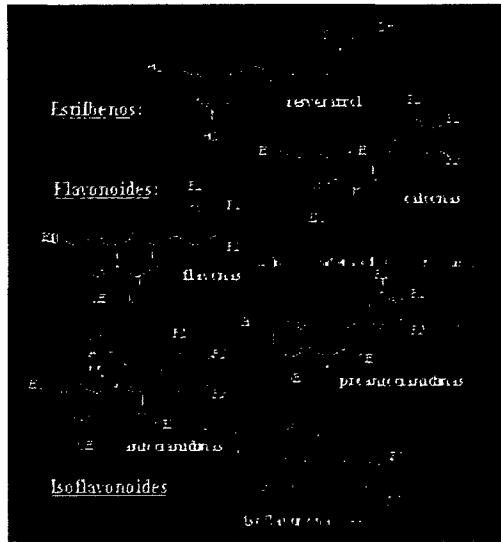
Los flavonoides son compuestos de peso molecular pequeño, y se les halla en la naturaleza como glucósidos, en forma libre o como sulfatos, dímeros o polímeros. Los glucósidos pueden ser O-glucósidos con los carbohidratos ligados mediante átomos de

⁴² Metabolismo secundario en plantas. Flavonoides. Disponible en: www.inmortalDNA.com

oxígeno (enlace hemiacetal) ó como C-glucósidos si los carbohidratos están ligados mediante enlaces carbono-carbono.

La clasificación de los flavonoides está hecha en base al estado de oxidación del anillo heterocíclico (anillo C) y de la posición del anillo B. Cada grupo posee muchos compuestos que difieren por el número y posición de los grupos hidroxilos (OH) así como por los otros grupos funcionales como azúcares, ácidos orgánicos o metilos.

Fig.Nº14. Estructuras de fenoles complejos



Fuente: www.acenologia.com/figs55_ciencia2.htm/

Los principales subgrupos de los compuestos flavonoides son: flavonoles, flavonas, flavanonas (dihidroflavonas), isoflavonas, antocianidinas y flavanoles.

Flavonoles: poseen un grupo ceto en el carbono C₄ y una insaturación entre los carbonos C₂ y C₃, además de un grupo hidroxilo adicional en el carbono C₃. Son muy comunes en los alimentos, especialmente en frutas y verduras, además del té y el vino. El proceso de biosíntesis es fotosintético, de allí que estos compuestos se ubican en tejidos externos y expuestos a la luz; pudiendo diferir la concentración de los mismos en

frutos de la misma planta. Como elemento mas conocido se puede mencionar a la quercetina⁴³.

Flavonas: No son abundantes y ampliamente distribuidos como sí lo son los flavonoles, pero están presentes en apio y perejil. En la piel de las frutas se halla flavonas polimetoxiladas. Se caracterizan por poseer un grupo ceto en el carbono C₄ y una insaturación entre los carbonos C₂ y C₃.

Flavanonas: se les halla en el albedo de cítricos, tomates y también en la menta. Estos compuestos son semejantes a las flavonas con el anillo C saturado. Se glicosilan en el carbono C₇ generalmente por la unión de un disacárido.

Isoflavonas: son características de las leguminosas como la soya y sus subproductos. Se caracterizan por poseer un anillo bencénico lateral en posición C₃, y grupos hidroxilos en los carbonos C₇ y C₄, de manera semejante a la estructura molecular de la hormona estriol; de allí que pueden unirse a receptores de estrógenos, por lo que se les clasifica como fitoestrógenos⁴⁴.

Antocianidinas: están presentes en muchos alimentos como las frutas, algunos cereales y el vino tinto. Se trata de pigmentos vegetales solubles en agua. Se les ubica como heterósidos con los tres anillos estructurales conjugados. La glicosilación se produce en la posición 3 del anillo C ó en las posiciones 5 y 7 del anillo A. También puede producirse la glucosidación de las posiciones 3', 4', y 5' del anillo B, aunque esta glucosilación es menos frecuente.

Flavanoles: son compuestos que poseen el anillo C saturado y un grupo hidroxilo en el carbono C₃, presentándose como monómeros o polímeros con diferentes grados de polimerización, siendo poco comunes las combinaciones de tipo heterosídico; mientras que los más conocidos son del tipo flavan-3-ol, pudiendo hallárseles como

⁴³ Valenzuela A. El chocolate un placer saludable. Rev. Chil.Nutr. vol 34, n°3, sept, 2007.

⁴⁴ Flavonoides (isoflavonoides y neoflavonoides). IUPAC. Compendium of chemical terminology, 2°ed. 1997.

monómeros (catequinas), dímeros condensados entre sí y bajo la forma de oligómeros (procianidinas) o como polímeros (proantocianidinas o taninos condensados). En las frutas se ha encontrado epicatequina y catequinas en vino y chocolate; mientras que galocatequina, epigalocatequina y epigalocatequina galato pueden ser extraídas del té⁴⁵.

Análisis fitoquímico: de acuerdo a Lock (1994) el análisis fitoquímico para el estudio de la posible presencia de polifenoles y flavonoides debe seguir las siguientes pautas:

- a. Recolección y clasificación botánica de la muestra.
- b. Extracción, separación y purificación de constituyentes químicos.
- c. Determinación estructural.
- d. Ensayos biológicos y farmacológicos.

Es sumamente importante la recolección adecuada de la muestra para el estudio siendo conveniente conocer el contenido de agua del material. Se debe eliminar residuos y polvo prefiriendo el material seco y limpio, previa selección botánica para que los resultados sean confiables.

Los extractos son preparados obtenidos al someter una muestra a la acción de un disolvente tal como agua, alcohol, acetona u otros, sustancias vegetales o animales; para posteriormente evaporar el líquido resultante⁴⁶.

Los solventes empleados pueden ser muy polares si se desea extraer glicósidos o agliconas muy hidroxiladas, o menos polares para flavonas altamente metoxiladas; eligiéndose siempre dos o más solventes en el orden de lipofílico a hidrofílico⁴⁷.

⁴⁵ Quiñones M., Miguel M., y A. Alexandre. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutr.Hosp.*2012, vol 27(1): 76-89.

⁴⁶ Diccionario de tecnología de los alimentos. 2º reimpresión. México DF: Alhambra Mexicana; 1997, p.119.

⁴⁷ Aguilera M., Alanis M., y M. Reza. Comparación de dos métodos de extracción de antocianinas en *Ficus caricia* variedad Misión. En: VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos; 2005, Guanajuato, México, p.331-339.

Los extractos deshidratados se resuspenden en etanol y son analizados para determinar cualitativamente sus constituyentes mediante reacciones de color como por ejemplo:

Reacción de Shinoda: para esta reacción se añade unas gotas de ácido clorhídrico (HCl) concentrado y un trocito de magnesio al extracto incoloro o ligeramente amarillo en estudio. La reacción de color será amarilla a rojo por presencia de flavonoles y flavonas; de rojo a magenta si son flavononoles; de color rojo, magenta, violeta o azul si se trata de flavanonas; y de color amarillo si son isoflavonas; mientras que las isoflavononas, chalconas y auronas no dan coloración.

Reacción con álcalis: se produce cambio de color en los extractos acuosos si se añade un álcali. Si poseen flavonas, flavononoles e isoflavonas (de color amarillo), flavononas y flavonoles (de amarillo a naranja), chalconas (de naranja a rojizo).

Prueba de Marini Bettolo: con solución de $SbCl_5$ en CCl_4 , los flavonoides dan colores característicos o precipitados coloreados, las flavonas (precipitado amarillo o anaranjado) y las chalconas (precipitado rojo oscuro a violeta).

Reacción con ácido sulfúrico concentrado: hay coloraciones para flavonas y flavonoles (muy amarillas), flavanonas (anaranjadas o guindas), chalconas y auronas (rojo guinda o rojo azulado).

Reactivo de Dimroth: con solución de H_3BO_3 en Ac_2O . En esta reacción la 5-hidroxi flavona da coloración anaranjada o roja.

Reacción con solución acuosa o etanólica de $FeCl_3$: se produce coloración si hay presencia de compuestos fenólicos; si es verde es posible que se encuentre presente un derivado de catecol y si es azul podría ser un derivado de pirogalol⁴⁸.

⁴⁸Lock O. INVESTIGACIÓN FITOQUÍMICA. Pontificia Universidad Católica del Perú. 1994, 2° ed. Perú.

La cromatografía⁴⁹ es un método que se emplea para separar mezclas por migración diferencial de solutos, producido por un flujo de fluido que percuera a través de un lecho inmóvil constituido por partículas de gran superficie como la sílice, el papel, etc. La afinidad de los solutos por la fase móvil y/o estacionaria, produce diferencias en la velocidad de migración de los componentes, separándose cada uno de ellos en la fase estacionaria.

La técnica más antigua para el estudio y purificación de flavonoides es la de cromatografía en papel⁵⁰, mientras que la cromatografía de capa fina puede emplear adsorbentes tales como celulosa, sílica gel o poliamida con diferentes sistemas de solventes, de acuerdo a las características de la muestra. En ambos casos la detección de los flavonoides puede efectuarse por el color que presentan en la región visible (Vis) o del ultravioleta (UV), apareciendo manchas coloreadas que pueden ser oscurecidas o cambiadas de color, al exponerlas a vapores de amonio o con solución acuosa o etanólica al 1% de cloruro férrico, que revelan la presencia de compuestos fenólicos.

La cromatografía de capa fina es una técnica usada en purificaciones preliminares y separaciones de cantidades mayores de flavonoides a escala preparativa de los extractos de plantas.

La cromatografía líquida de alta performance (HPLC) se emplea para determinaciones cuantitativas y separaciones a pequeña escala con alta precisión.

Técnicas espectrométricas: permiten hacer el análisis preliminar de la estructura de un flavonoide, su identificación, y la determinación del modelo de oxigenación mediante reacciones de desplazamiento. Los espectros de los flavonoides se determinan en solución metanólica, con dos máximos de absorción en el rango de 240-285 nm (Banda II) y entre 300-550nm (Banda I).

⁴⁹ Diccionario de tecnología de los alimentos, ídem.

⁵⁰Okumura F., Barbosa M., y E. Gomez. Identificação de pigmentos naturais de espécies vegetais utilizando-se cromatografia em papel. Quimica Nova.2002;v.25(4):8pag.

Entre los reactivos de desplazamiento se consideran: acetato de sodio que causa la ionización del grupo hidroxilo más ácido del flavonoide; el metóxido de sodio que ioniza todo los grupos hidroxilos, el cloruro de aluminio que forma complejos con grupos o-hidroxilo y con grupos hidroxil-cetona vecinos y el ácido bórico-acetato de sodio que detecta presencia de grupos o-dihidroxilo (Lock,1994).

También se utiliza los espectros de resonancia magnética nuclear en la determinación de la estructura de flavonoides, mientras que la espectrometría de masas puede ser empleada con el mismo fin.

e) MATERIALES Y MÉTODOS

Universo y muestra:

El universo de estudio comprendió las cáscaras de plátano de seda correspondiente a las zonas de producción agrícola orgánica en Pachacamac (Lurín, Lima), hasta completar la cantidad necesaria para la producción del extracto, siendo de dos kilos/ha.

La investigación experimental se desarrolló en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos de la Universidad Nacional del Callao.

Métodos:

- 1°. Análisis proximal de la muestra correspondiente a la cáscara de plátano.
- 2°. Obtención del Extracto de las cáscaras de plátano de producción orgánica en etanol y maceración por 7 días, sin luz y con movimiento del macerado. Concluida la fase de maceración se filtró el extracto y se deshidrató a no más de 40°C.
- 3°. Marcha Fitoquímica:
Las reacciones de color desarrolladas fueron:
 - a. Reacción de Shinoda: al extracto alcohólico incoloro o ligeramente amarillo se le colocó un pequeño trozo de magnesio y gotas de HCl concentrado para observar la respuesta de color.
 - b. Reacción con álcalis: se mezcló el extracto acuoso más álcali. La respuesta positiva es la variación de color.
 - c. Prueba de Marini Bettolo: con una solución de $SbCl_5$ en CCl_4 , los flavonoides dan colores característicos o formación de precipitados.
 - d. Reacción con H_2SO_4 concentrado: se produce coloraciones características.
 - e. Reactivo de Dimroth: solución de H_3BO_3 en Ac_2O . Produce reacción de color.
 - f. Reacción con solución acuosa o etanólica de $FeCl_3$: produce coloración característica.
- 4°. Técnica Cromatográfica en capa fina analítica para determinación cualitativa de los polifenoles y flavonoides presentes empleando sílica gel tipo G, con indicador de fluorescencia a 254 nm.
- 5° Cromatografía de capa fina a escala preparativa, con sílica gel tipo G e indicador de fluorescencia a 254 nm.
- 6° Cromatografía en columna rápida con solventes apropiados y sílica gel 60 para columna, de 0,063 a 0,200 mm de diámetro. Determinación de la solubilidad.

7° Cromatografía de capa fina analítica y Cromatografía de capa fina a escala preparativa de los extractos obtenidos en la cromatografía de columna rápida.

8° Espectroscopia ultravioleta visible, para el análisis preliminar de los espectros de flavonoides mediante absorción UV-Vis en solución etanólica. Las lecturas se efectuaron a una longitud de onda entre 230 y 280 nm (banda II) y entre 310 a 560 nm (banda I), haciendo uso de un espectrofotómetro UV-visible Hewel-Packard con arreglo de diodo.

9°. Aplicación de los flavonoides hallados en un derivado lácteo.

10°. Análisis estadístico de los resultados obtenidos en el derivado lácteo mediante la prueba de ranking con un nivel de significación de 5%.

f) RESULTADOS

Las cáscaras de *Musa cavendishii* conocido como plátano de seda, que se cultiva en forma orgánica, fueron recolectadas para dar inicio al presente trabajo de investigación.

Es importante considerar que cada unidad de fruta tuvo un peso promedio de 143,1 gramos de los cuales 52,8 gramos correspondió a la cáscara lo que equivale al 36,90% en peso de fruta en estado pintón; y en fruta más madura el peso promedio fue 141,1 gramos de los cuales 32,7 gramos correspondieron a la cáscara, representando el 23,18% del producto.

f.1. Composición proximal de las cáscaras de plátano (*Musa cavendishii*) de seda

Inicialmente se desarrolló el análisis de la composición proximal de las cáscaras de plátano de seda orgánico con los siguientes resultados:

Tabla N°1: Composición proximal de las cáscaras de plátano de seda orgánico (*Musa cavendishii*)

Componente (%)	Cáscaras de plátano de seda orgánico <i>Musa cavendishii</i>	
	Base Húmeda	Base Seca
Humedad	87,84	
Proteína total	0,51	4,19
Extracto etéreo	1,05	8,63
Fibra cruda	1,19	9,78
Cenizas	1,21	9,95
Extracto libre de nitrógeno	8,20	67,43

Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

f.2. Obtención del extracto total

Las cáscaras limpias y picadas fueron maceradas en etanol de 70°GL por 7 días con movimiento constante y en envases oscuros y cerrados, a temperatura ambiente.

Pasado el tiempo indicado los macerados fueron filtrados cuidadosamente y guardados en frascos de color ámbar, siendo de color marrón oscuro, de aspecto seco y denso. Al ser deshidratados a una temperatura no mayor a 40°C se obtuvo 68 gramos de extracto seco de 831 gramos de muestra, con un rendimiento promedio de 8,18%.

f.3. Marcha fitoquímica

Se empleó el extracto deshidratado de las cáscaras de *Musa cavendishii* variedad seda orgánico en una cantidad de un miligramo resuspendiéndolo en etanol, para poder efectuar el análisis cualitativo del extracto.

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla N°2: Análisis cualitativo del extracto de cáscara de plátano (*Musa cavendishii*) variedad seda orgánico

Reacción	Polifenol	Respuesta
Muestra + 2 gotas de gelatina	Taninos	+
Muestra + 2 gotas de ninhidrina	Aminoácidos	---
Muestra + 2 gotas de cloruro férrico	Compuestos fenólicos	+++
Muestra + 2 gotas de reactivo de Dragendorf	Alcaloides	---
Muestra + 2 gotas de Reactivo de Mayers	Alcaloides	---
Muestra + 2 gotas de NaOH al 5%	Quinonas	---
Muestra + 2 gotas de Reactivo de Lieberman	Triterpenos y ésteres	+
Muestra + 4 gotas de Reactivo de Molish	Glicósidos	+
Muestra + granitos de Mg metálico+ 2 gotas de HCl (c)	Flavonoides	+

(---)Ausencia, (+) Poco, (++) Regular, (+++) Bastante, (++++) Abundante.

Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

f.4. Cromatografía de capa fina analítica

Para desarrollar la cromatografía de capa fina se ha utilizado el extracto deshidratado de la cáscara de plátano (*Musa cavendishii*) de la variedad de seda, en una cantidad de un gramo en un mililitro de etanol.

Los componentes del extracto se eluyeron en la mezcla de diclorometano/metanol en las proporciones de 1:1, 2:1,3:1,4:1,5:1,6:1 7:1.

La mejor proporción que permitió la separación de los componentes en la muestra, fue la mezcla de diclorometano/metanol correspondiente a 1:1.

Al observar la muestra con la lámpara de luz ultravioleta no se observó fluorescencia y empleando reveladores tales como tricloruro férrico y amonio se comprobó la presencia de polifenoles y flavonoides.

f.5 Cromatografía de capa fina a escala preparativa

Con un gramo de extracto de la cáscara de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánica, que se diluyó en un mililitro de etanol, se sembró en una placa de 20x20 cm con sílica gel G, en una cantidad de 20 puntos.

Se efectuó la separación en diclorometano/metanol en la proporción 1:1. Se observó el resultado en la cámara de luz UV, separándose 7 fracciones (A₁, A₂, A₃, A₄, A₅, A₆, y A₇); seguidamente cada una de las fracciones de la muestra se diluyó en etanol y filtró cuidadosamente, siendo recogido cada producto en un frasco de vidrio. Las lecturas de los espectros de cada fracción fueron los siguientes:

Tabla N°3: Valores de Absorción del extracto etanólico de la cáscara de plátano *Musa cavendishii* variedad seda orgánico

Longitud de onda	Primera fracción	Segunda fracción	Tercera fracción	Cuarta fracción	Quinta fracción	Sexta fracción	Séptima fracción
	Absorbancia						
230	2	2	2	2	2	2	2
250	0.225	0.077		0.069	0.155	0.053	0.116
280	2	2	2	2	2	2	2
310	-	-	0.33	0.185	-	0.371	0.228
400	0.052	0.091	0.124	0.048	0.115	0.053	0.077
460	0.03	0.038	0.051	0.020	0.036	0.030	0.040
510	0.022	0.021	0.033	0.012	0.022	0.020	0.023
560	0.016	0.014	0.025	0.009	0.016	0.016	0.016

Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

f.6 Cromatografía de columna rápida

Como paso previo al desarrollo de la cromatografía de columna rápida, se determinó la solubilidad de la muestra de cáscara de plátano (*Musa cavendishii*) variedad de seda empleando un miligramo de extracto deshidratado y un mililitro de solvente de diferente polaridad con el siguiente resultado:

Tabla N°4: Determinación de la solubilidad del extracto de la cáscara de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico

Orden de polaridad	Solvente	Resultado	Observación
Apolar	n-hexano	Negativo	---
Medianamente polar	diclorometano	Negativo	---
Medianamente polar	acetato de etilo	Negativo	---
Polar	n-butanol	Positivo	+
Polar	Metanol	Positivo	+++
Polar	Etanol	Positivo	++
Polar	agua bidestilada	Positivo	+++

(+++Muy soluble, (++)Soluble, (+)Poco soluble, (---)Insoluble.

Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

De acuerdo a los resultados de solubilidad se eligió para la cromatografía de columna rápida: diclorometano, metanol y agua bidestilada. Cada una de las fracciones que fueron solubles en cada solvente, fueron deshidratadas a menos de 40°C y almacenadas en frascos de vidrio ámbar, herméticamente cerrados. En la siguiente tabla se aprecia el rendimiento obtenido en cada solvente utilizado.

Tabla N° 5: Rendimiento de los extractos totales deshidratados de las cáscaras de *Musa cavendishii* variedad seda orgánico por cromatografía de columna rápida (CCR)

Muestra	Solvente empleado	Rendimiento (%)
Cáscara de <i>Musa cavendishii</i> variedad de seda orgánico	Diclorometano	0,18
	Metanol	30,58
	Agua bidestilada	23,80

Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

f.7 Cromatografía de capa fina analítica

Seguidamente se continuó trabajando con los extractos deshidratados obtenidos de la cromatografía de columna rápida, que fueron solubles en metanol y en agua bidestilada.

El extracto soluble en metanol se diluyó en una cantidad de un gramo en un mililitro de etanol, poniéndose la muestra con ayuda de un capilar sobre la sílica gel tipo G (5x20cm) y (10x20cm), con indicador de fluorescencia a 254 nm.

Los componentes del extracto se eluyeron en la mezcla diclorometano/metanol en las proporciones 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1. La mejor proporción que permitió la separación óptima de los componentes fue de 2:1.

De manera análoga se diluyó un gramo de extracto proveniente de la CCR que fue soluble en agua bidestilada, siendo sembrada en sílica gel tipo G (5x20 cm) y (10x20 cm), en las mezclas diclorometano/metanol en las proporciones 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1, 7:1, 8:1 y 9:1. La mejor proporción de eluyentes en este caso fue de 2:1.

Observándose los resultados cromatográficos con la lámpara de luz ultravioleta, se determinó que éstas no presentaban fluorescencia.

f.8. Cromatografía de capa fina a escala preparativa

Con cada una de las dos fracciones soluble en metanol y soluble en agua bidestilada se preparó diluciones empleando un gramo de muestra en un mililitro de etanol, sembrándose en placas (20x20 cm) con sílica gel tipo G. La separación se efectuó con la mezcla diclorometano/metanol en las proporciones óptimas determinadas en el paso anterior, y con la ayuda de la lámpara de luz UV, se separaron las siguientes fracciones:

Tabla N°6: Fracciones obtenidas de la cáscara de plátano (*Musa cavendishii*) solubles en metanol y agua bidestilada de la CCR

Muestra	Soluble en	Eluyentes Diclorometano/metanol	Número de fracciones
Cáscara de plátano (<i>Musa cavendishii</i>) variedad de seda orgánico	Metanol	2:1	C ₁ , C ₂ , C ₃ , C ₄ , C ₅ , C ₆ , C ₇ , C ₈ , C ₉ =9
	Agua bidestilada	2:1	D ₁ , D ₂ , D ₃ , D ₄ , D ₅ =5

Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

Los valores de R_f hallados en las fracciones obtenidas de los extractos soluble en metanol y soluble en agua bidestilada obtenidos por CCR, se citan a continuación.

Tabla N°7: Valores de R_f de las fracciones de cáscara de plátano de seda orgánico (*Musa cavendishii*)

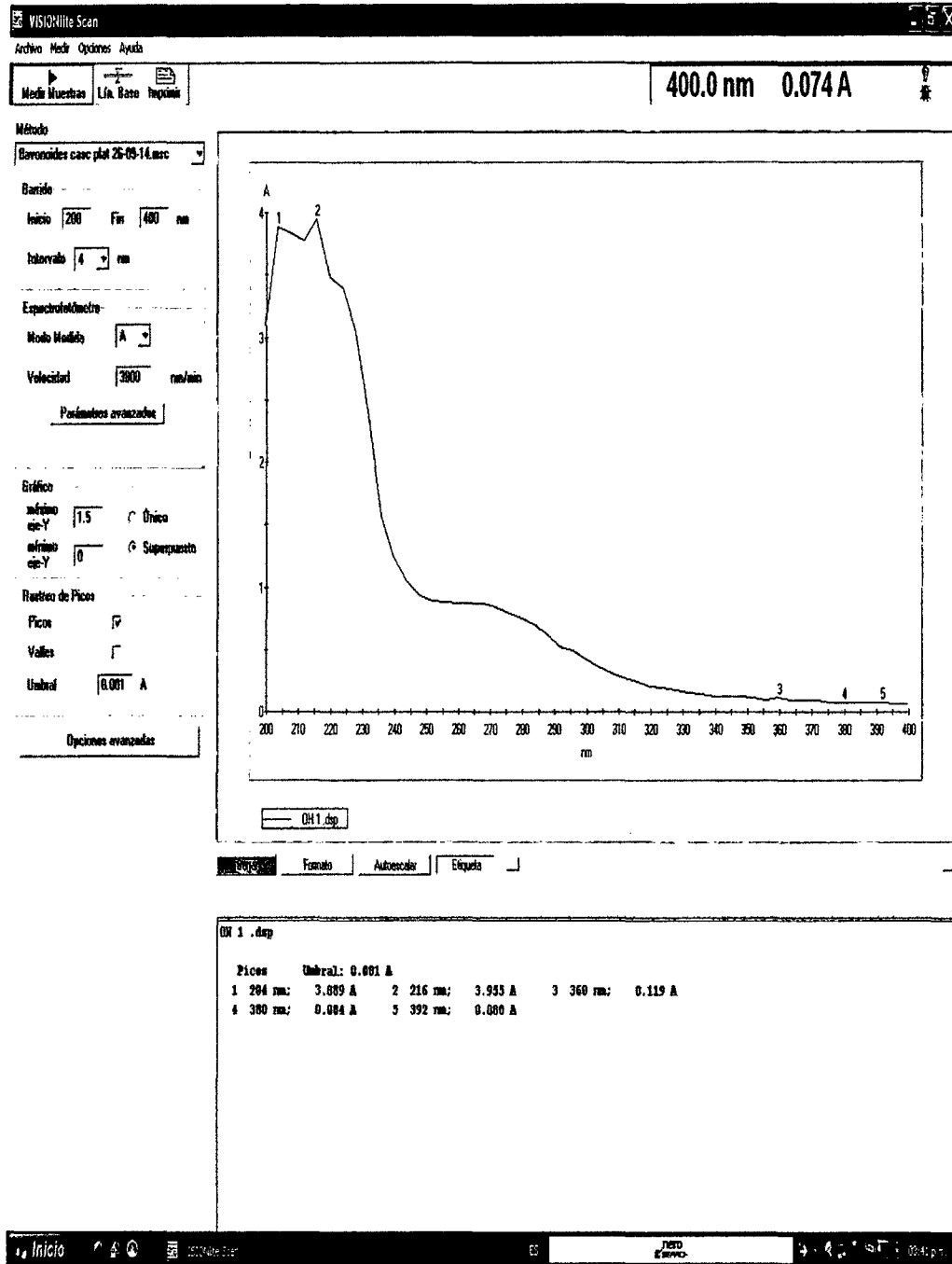
R _f de las fracciones de cáscara de plátano (<i>Musa cavendishii</i>) procedente de CCR soluble en metanol				
C ₁ =0,022988	C ₂ =0,0459	C ₃ =0,247126	C ₄ =0,29885	C ₅ =0,33333
C ₆ =0,35057	C ₇ =0,52298	C ₈ =0,70689	C ₉ =0,74137	
R _f de las fracciones de cáscara de plátano (<i>Musa cavendishii</i>) procedente de CCR soluble en agua bidestilada				
D ₁ =0,028089	D ₂ =0,410112	D ₃ =0,5280	D ₄ =0,6853	D ₅ =0,8146

Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

f.9. Espectroscopia Ultravioleta-visible

A continuación se expone las lecturas de los espectros de las nueve fracciones solubles en metanol que contienen flavonoides.

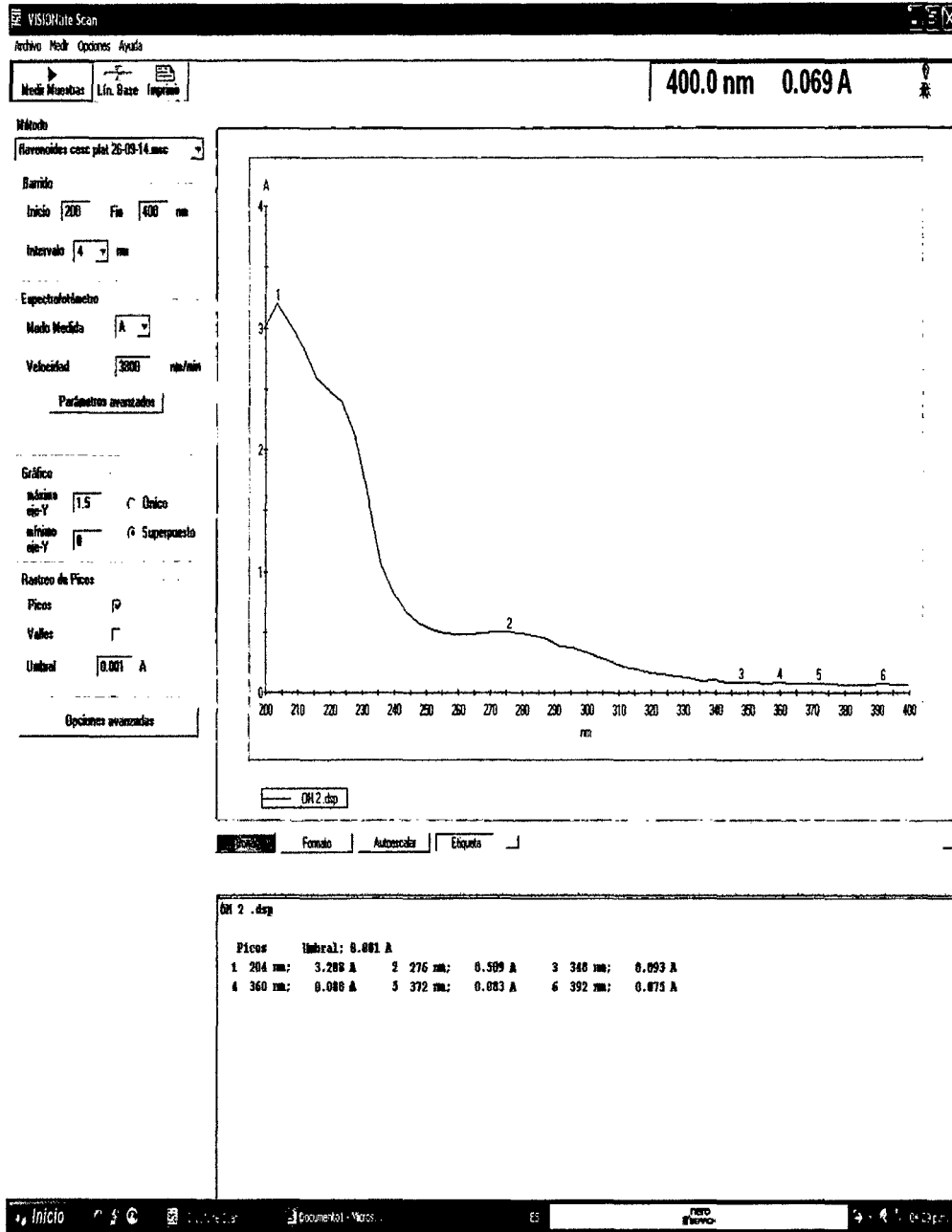
Fig.Nº15. Espectro de Absorción de la fracción C₁ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

[Handwritten signature]

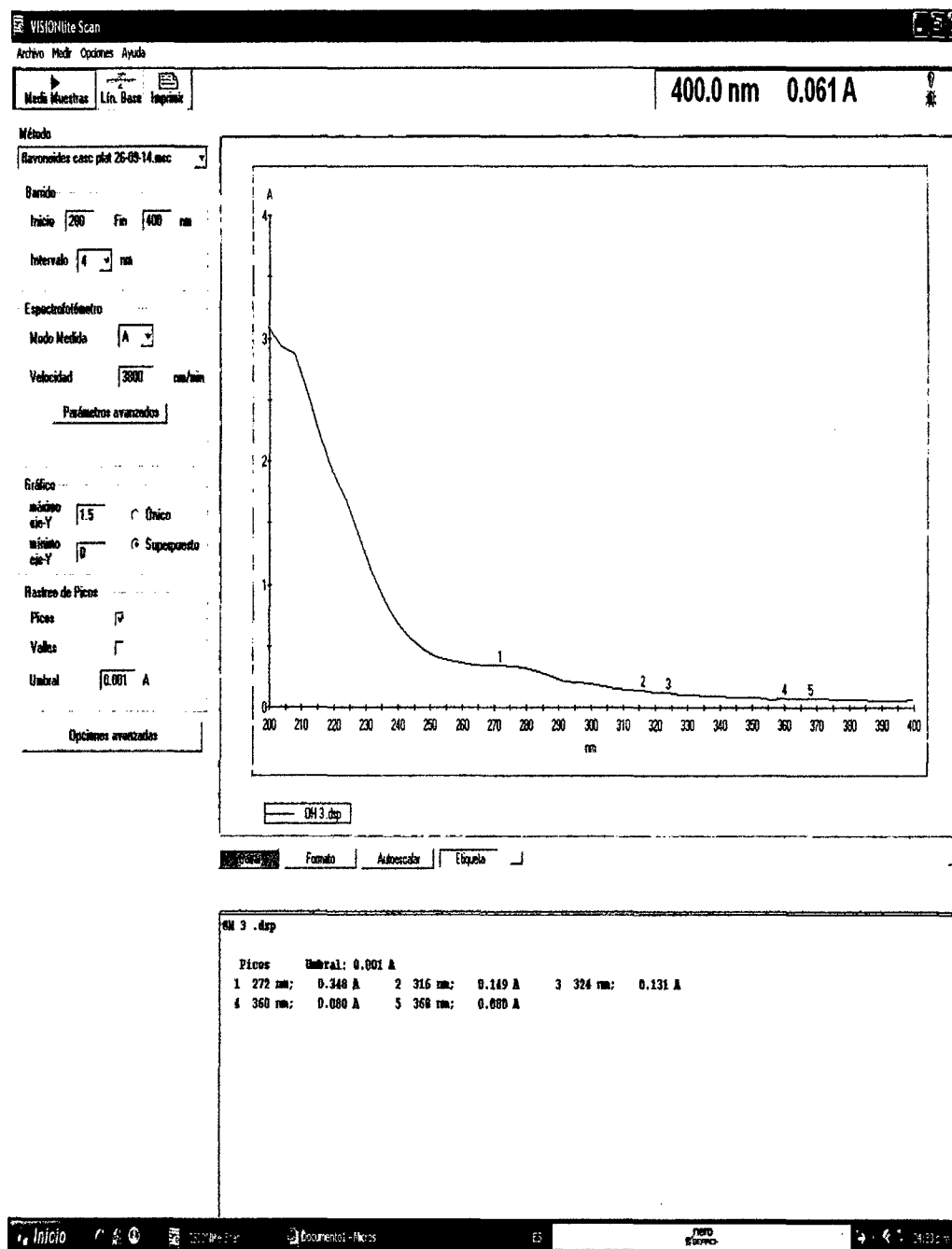
Fig.Nº16. Espectro de Absorción de la fracción C₂ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

Handwritten signature

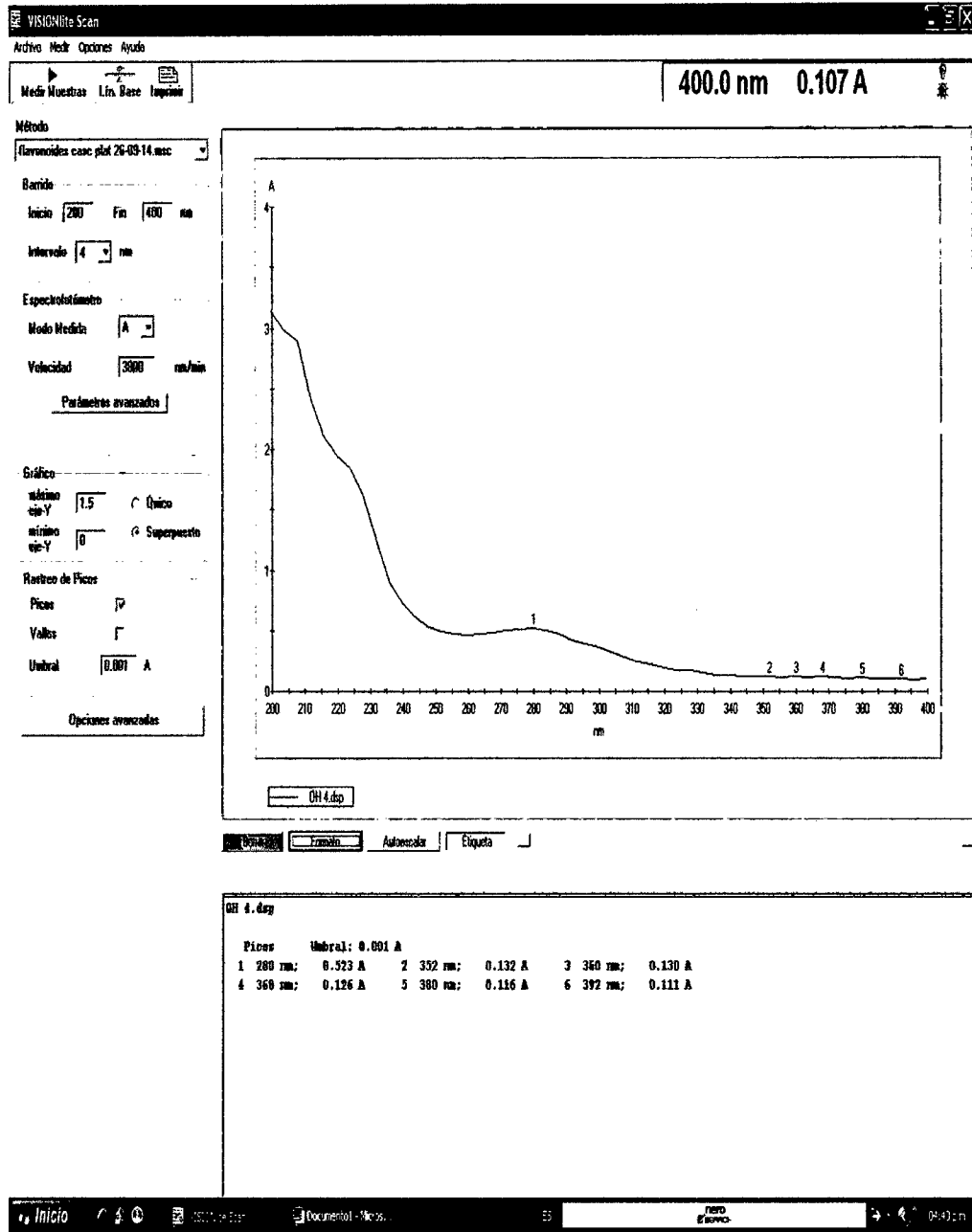
Fig.Nº17. Espectro de Absorción de la fracción C₃ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

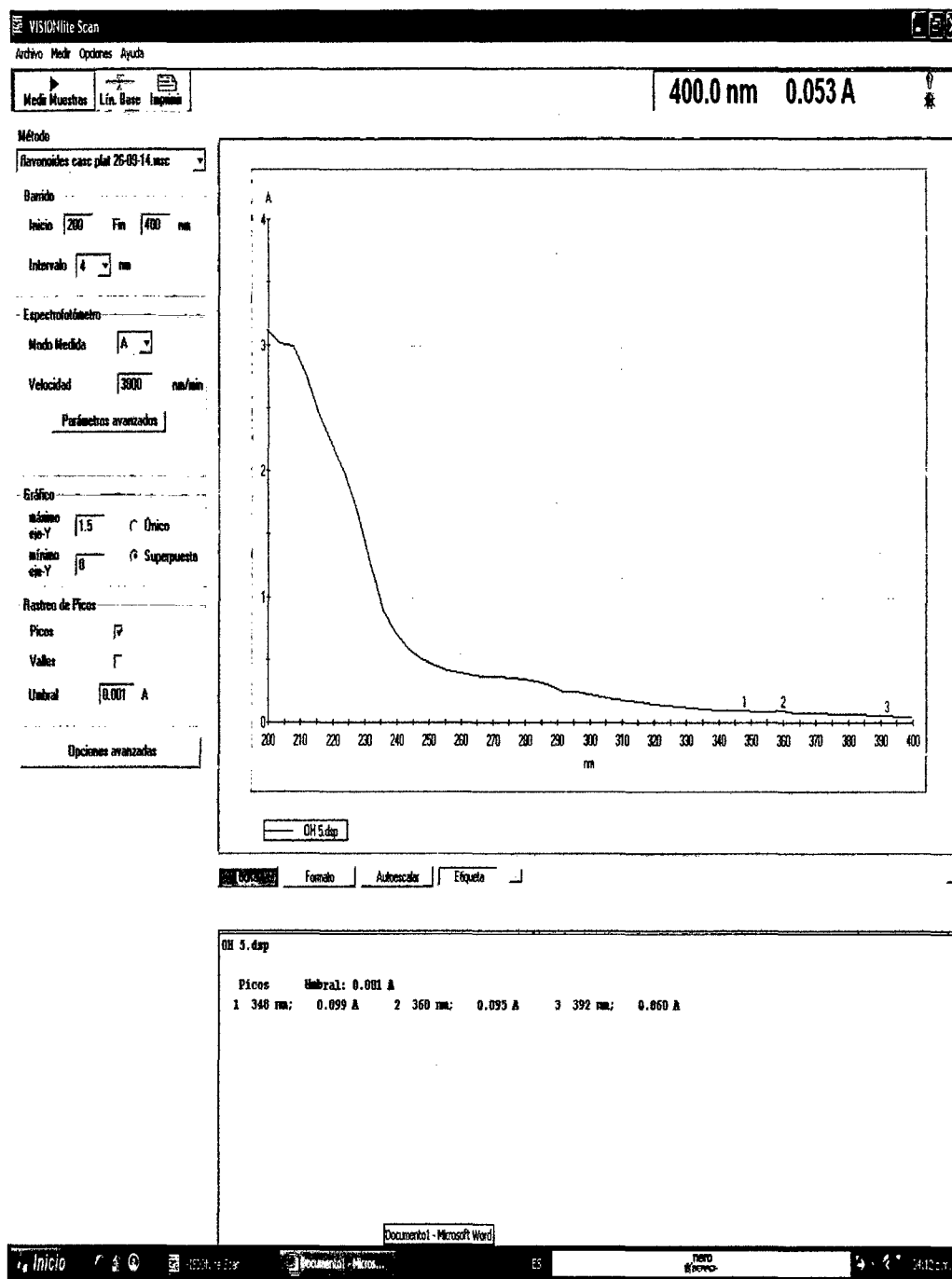
(Handwritten signature)

Fig.Nº18. Espectro de Absorción de la fracción C₄ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

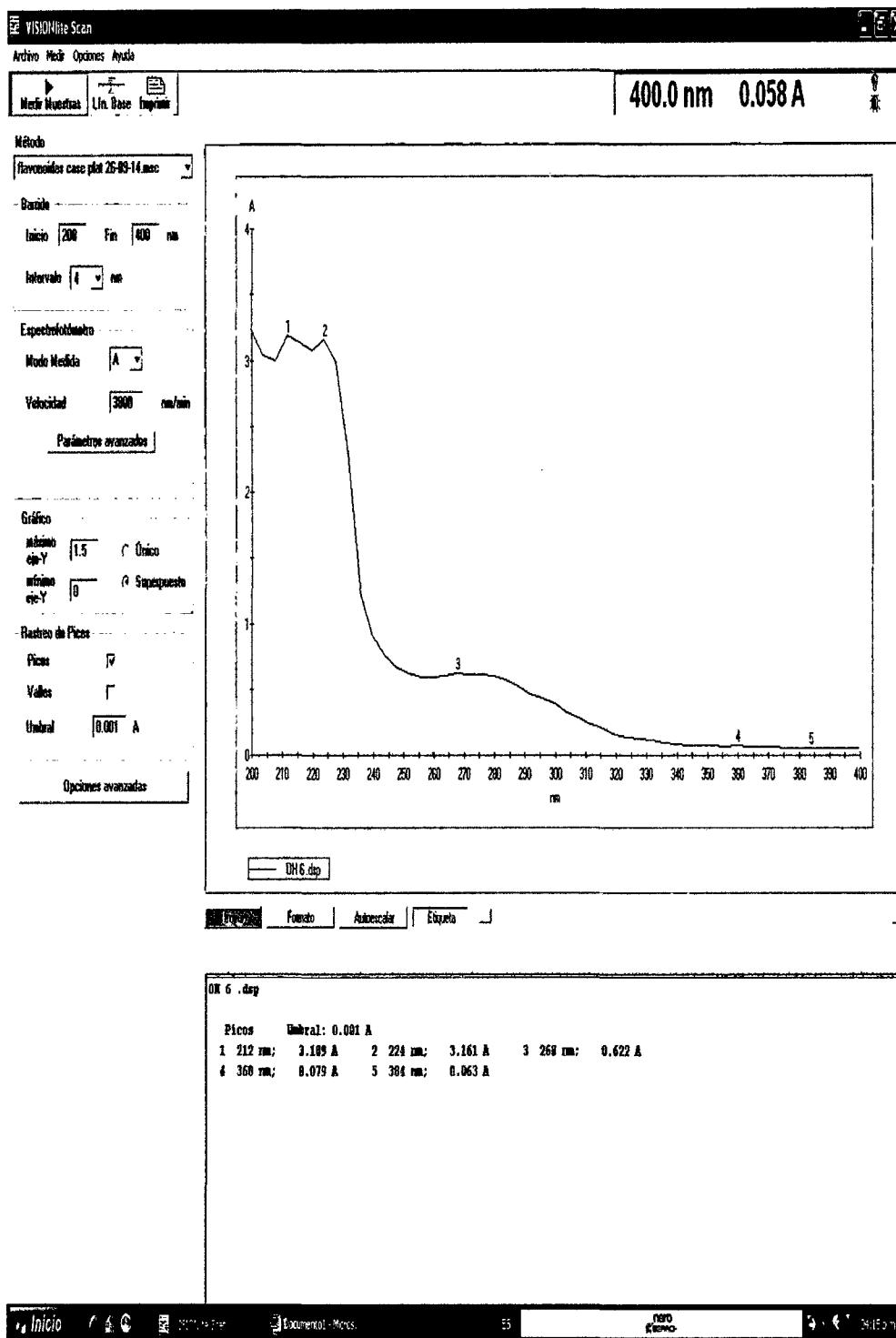
Fig.Nº19. Espectro de Absorción de la fracción C₅ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

Handwritten signature

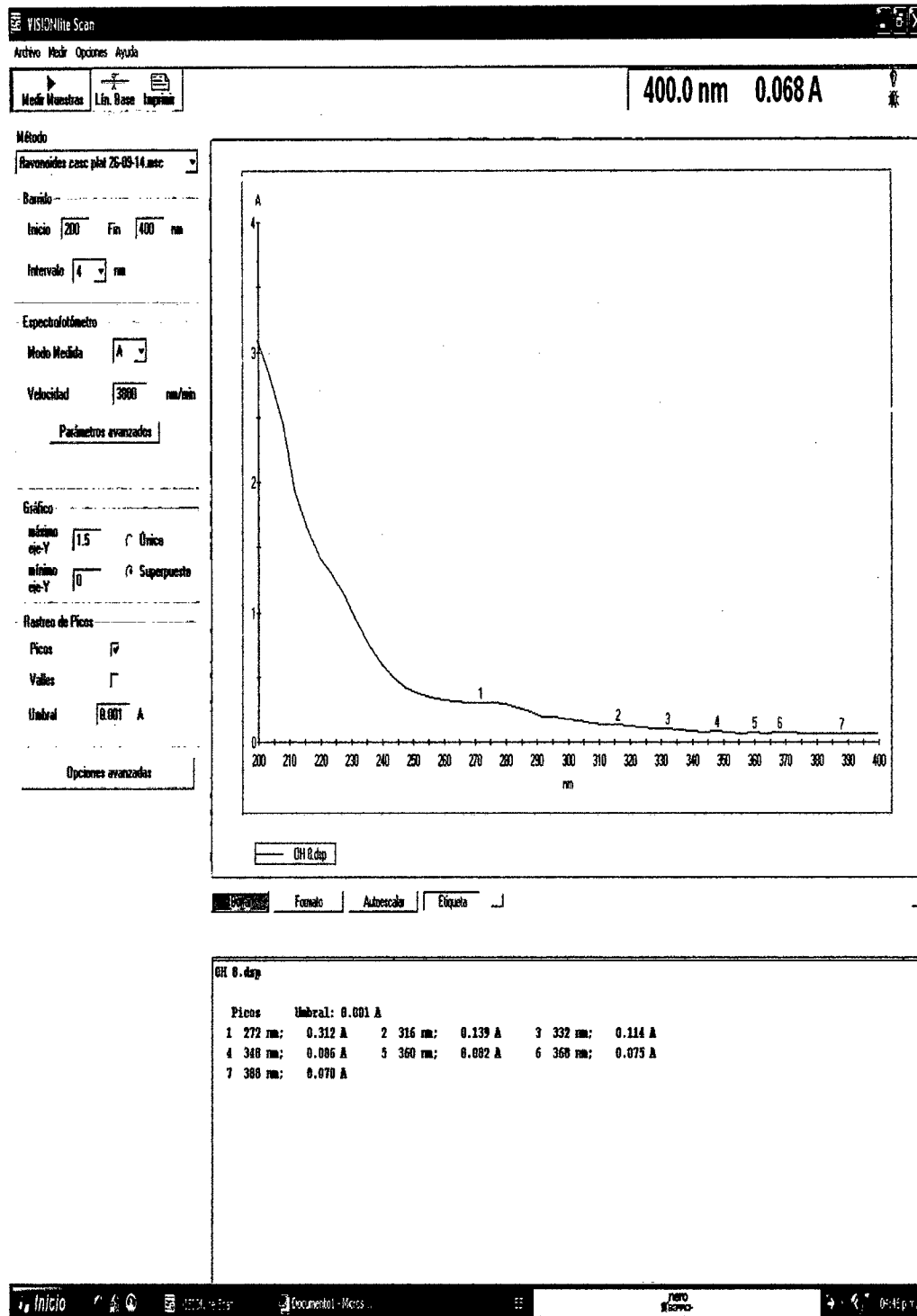
Fig.Nº20. Espectro de Absorción de la fracción C₆ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

Handwritten signature

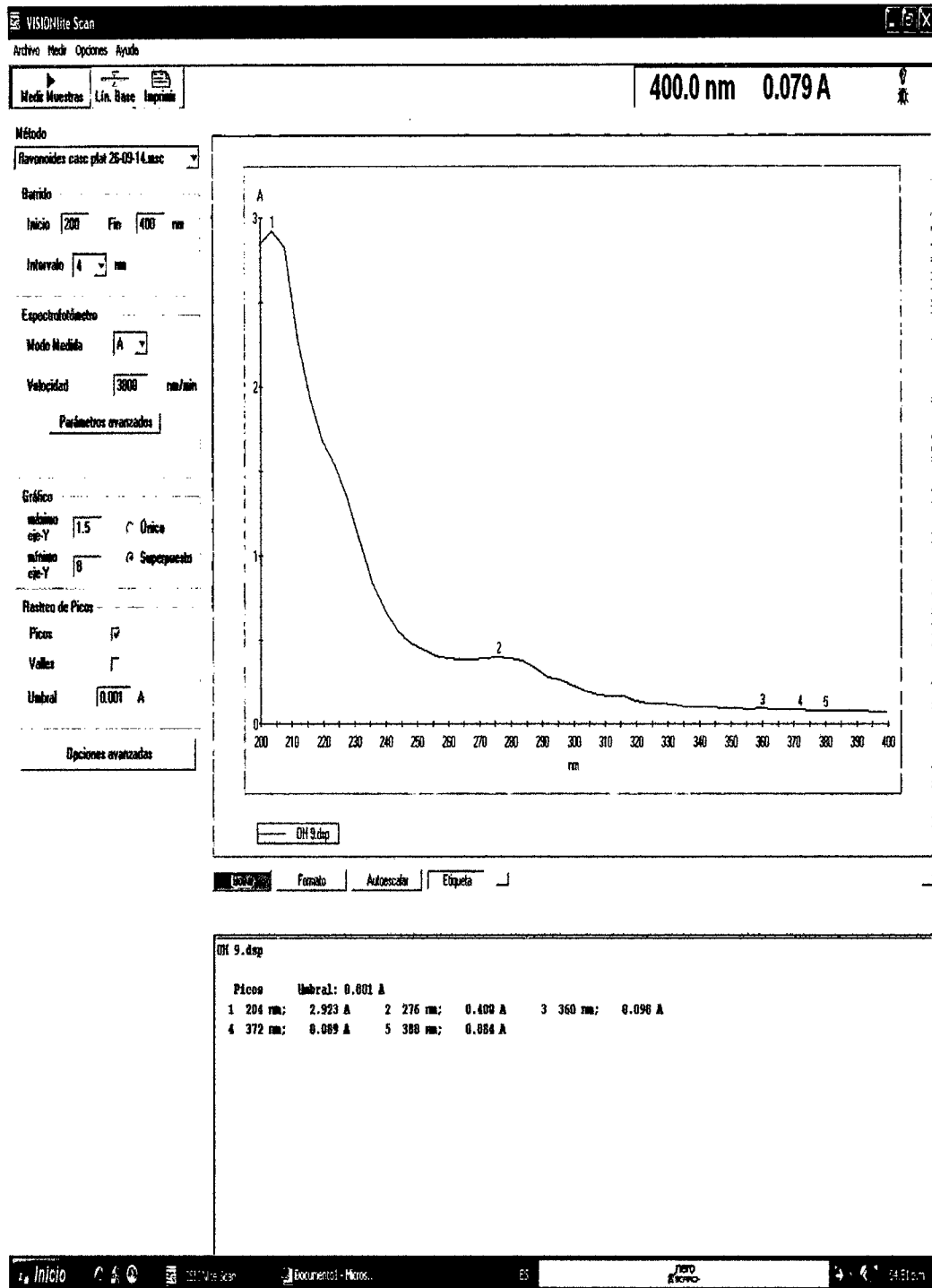
Fig.N°21. Espectro de Absorción de la fracción C₇ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

Handwritten signature

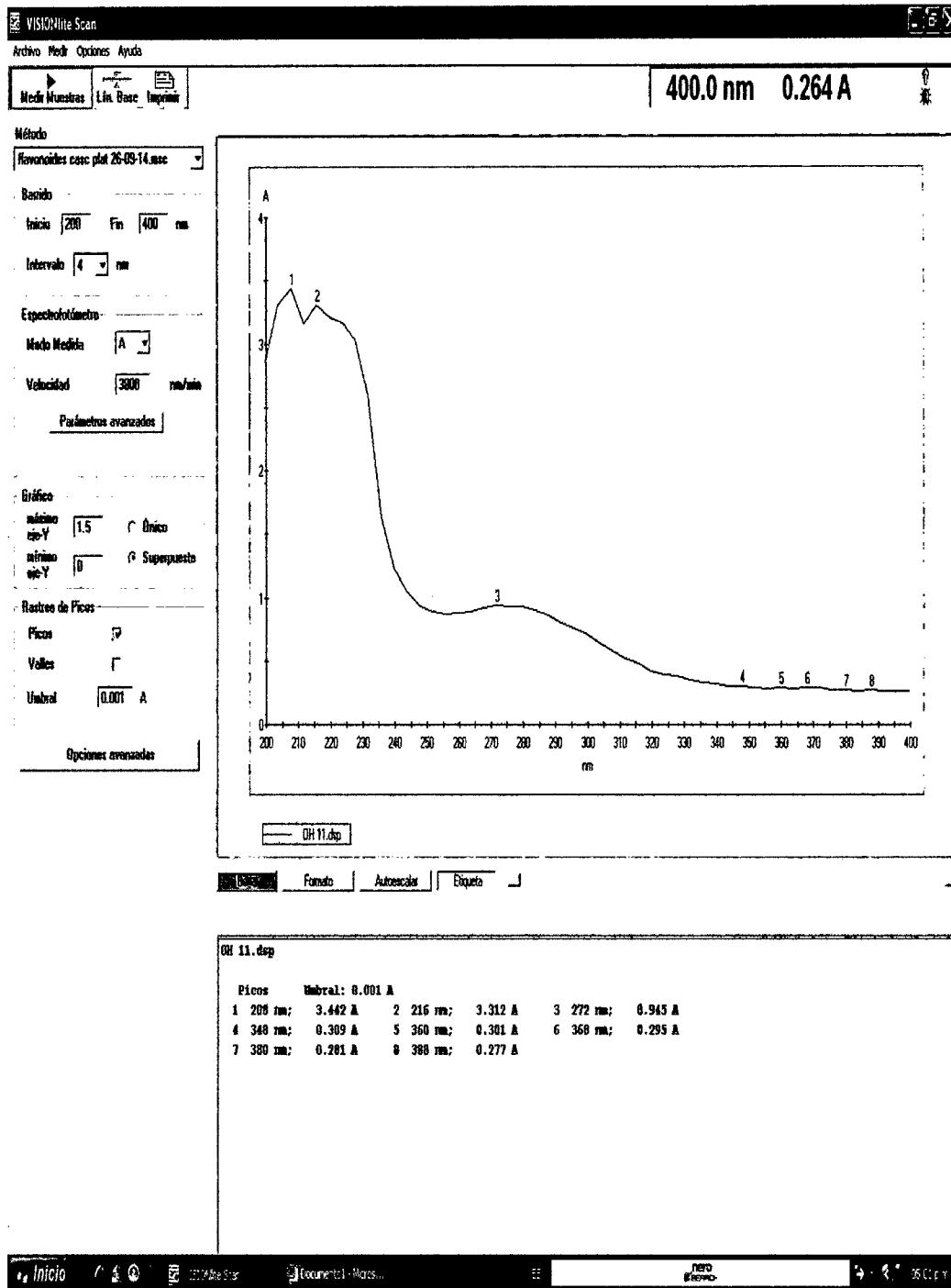
Fig.N°22. Espectro de Absorción de la fracción C₈ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

[Handwritten signature]

Fig.N°23. Espectro de Absorción de la fracción C₉ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico

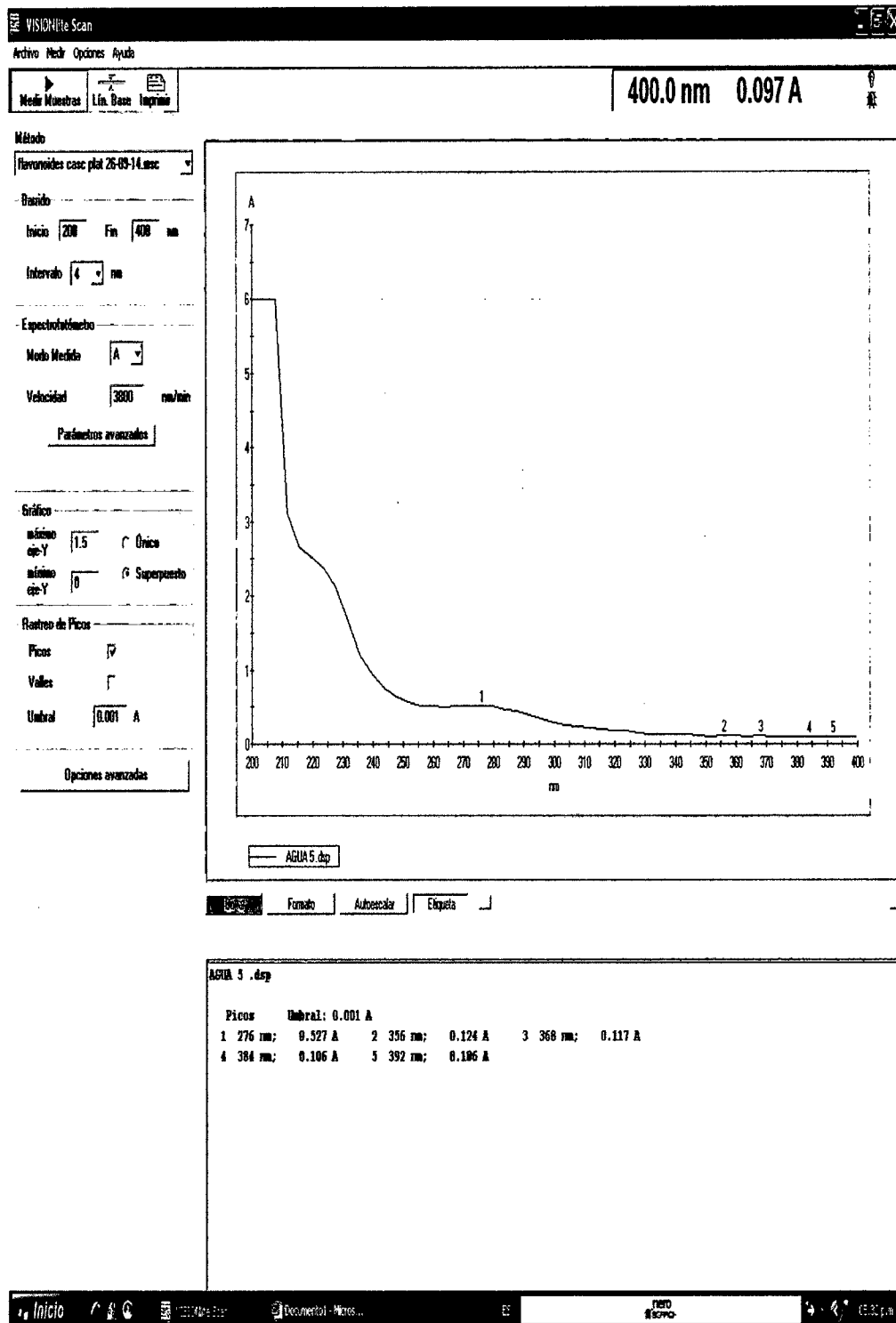


Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

[Handwritten signature]

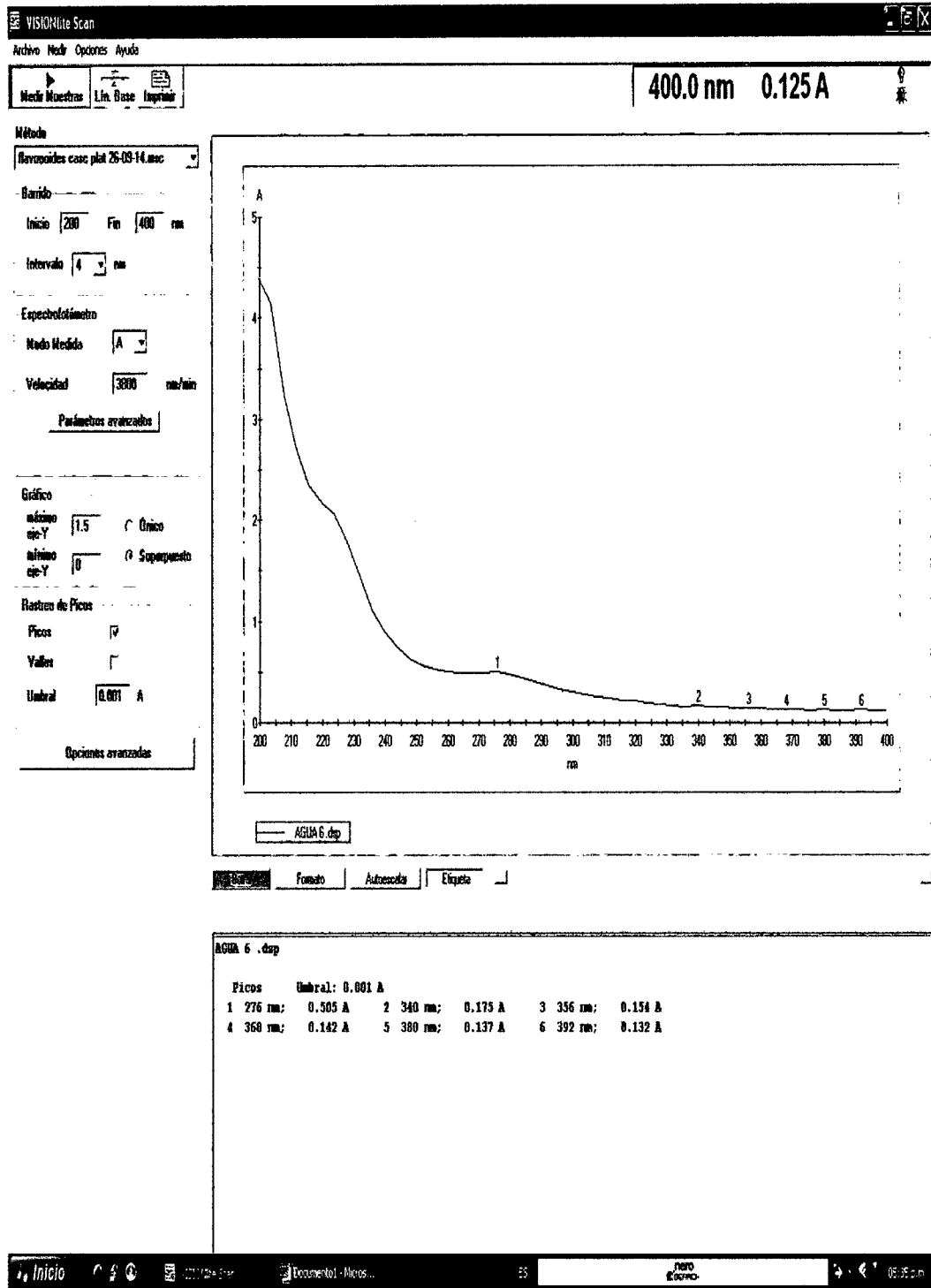
De las cinco fracciones solubles en agua bidestilada se obtuvo lecturas correspondientes a flavonoides en las fracciones siguientes:

Fig.Nº24. Espectro de Absorción de la fracción D₄ soluble en agua bidestilada de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



100167

Fig.Nº25. Espectro de Absorción de la fracción D₅ soluble en metanol de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánico



Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

Handwritten signature

Tabla N°8. Lecturas de los espectros obtenidas en las fracciones solubles en metanol y agua bidestilada de la CCR de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánica

Fracciones de <i>Musa cavendishii</i> provenientes de la CCR		Lecturas (nm)		Resultado
Solubles en metanol	C ₁	268	320	Flavonoide
	C ₂	276	325	Flavonoide
	C ₃	272	316	Flavonoide
	C ₄	280	328	Flavonoide
	C ₅	280	315	Flavonoide
	C ₆	268	326	Flavonoide
	C ₇	272	305	Flavonoide
	C ₈	276	317	Flavonoide
	C ₉	272	320	Flavonoide
Solubles en agua bidestilada	D ₁	----	----	No es Flavonoide
	D ₂	268	----	No es Flavonoide
	D ₃	278	----	No es Flavonoide
	D ₄	276	314	Flavonoide
	D ₅	276	320	Flavonoide

Fuente: Resultados obtenidos en el presente estudio.

f.10. Aplicación de los flavonoides hallados en un derivado lácteo.

El extracto de cáscara de plátano orgánico fue adicionado a yogurt en una cantidad de 1, 2, 3, 5, 7, 9 y 11 gramos por litro de producto para seleccionar las mejores muestras, empleando un panel entrenado constituido por 7 jueces entrenados (ver apéndice).

En la tabla de ranking con un nivel de significación de 5% ($p < 0,05$), para ($t-1=6$) tratamientos y siete repeticiones, le correspondió el par 14-35.

De acuerdo a los resultados totales por cada tratamiento, se observó que el primero con 9 puntos fue el mejor, indicando aceptación; mientras que resultados superiores a 35 puntos fueron estadísticamente significativos y se rechazaron, con un nivel de confianza de 95%.

Además no hubo diferencia significativa entre el segundo, tercero y cuarto tratamiento, adicionados con 2 gramos, 3 gramos y 5 gramos por litro de extracto de cáscara de plátano de seda orgánico soluble en etanol.

g) DISCUSIÓN

La piel del plátano representó el 40% de peso en la fruta fresca (Anhwange et al., 2008 citado por Fatemeh et al 2012)⁵¹; sin embargo en nuestros experimentos cuando la fruta estuvo en estado pintón la cáscara correspondió al 36,90% del material mientras que en plátanos más maduros la cáscara perdió peso y sólo correspondió al 23,18%.

S. Nagarajaiah y J. Prakash (2011) hallaron al determinar la composición proximal de las cáscaras de plátano de las variedades Pachabale, Yelakkibale y Nendranbale, que el contenido de humedad inicial de las muestras estudiadas fue de 82,6% a 88,9%; mientras que los otros constituyentes oscilaron de acuerdo a los porcentajes siguientes: proteína (de 4,6% a 7,7%), extracto etéreo (de 5,13% a 11,26%), cenizas (de 8,9% a 12,96%) y carbohidratos (de 9,8% a 41,9%). En nuestro caso el contenido de humedad, extracto etéreo y ceniza expresados en porcentaje estuvieron dentro del rango reportado por dichos investigadores; la proteína total fue ligeramente menor al rango (4,19% en base seca) pero el extracto libre de nitrógeno fue superior al rango alcanzando 67,43% (en base seca).

En la obtención del extracto de las cáscaras de plátano de seda de producción orgánica, se procesó la muestra en estado fresco empleando etanol por siete días; sin embargo S. Nagarajaiah y J. Prakash (2011) secaron primero la muestra a 50°C para posteriormente molerla y almacenarla en jarras a 4°C⁵².

En otra investigación los residuos de plátano y de otros materiales fueron macerados en metanol al 80%, obteniéndose rendimientos entre 8,89g/100g y

⁵¹ Fatemeh, S., Saifullah, R, Abbos F., and M. Azah. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours. International Food research Journal ,2012,19(3):1041-1046.

⁵² Shyamala Bellur Nagarajaiah and Jamuna Prakash. Chemical composition and antioxidant potential of peels from three varieties of banana. As.J.Food Ag-Ind.2011,4(01),31-46.

29,9g/100g de materia seca⁵³; en nuestro caso se obtuvo un rendimiento de 8,18g/100g, que se puede indicar está cercano al primer valor reportado en la bibliografía.

Es importante la preparación de la muestra para conseguir el éxito de la extracción de los compuestos fitoquímicos, ya que se encuentran en bajas concentraciones (Kartal et al., 2007 citado por Nor Adlin BT MD Yusoff, 2008), así como del método de proceso.

Los investigadores indican que lo óptimo es procesar material fresco para hacer el análisis fitoquímico, que si la muestra es secada, éste proceso se deberá hacer cuidadosamente para evitar cambios en el material en estudio (Harborne, 1998; citado por Nor Adlin BT MD Yusoff, 2008).

Las reacciones de la marcha fitoquímica indicaron que en las cáscaras de plátano de seda (*Musa cavendishii*) orgánica se encuentra:

Compuestos fenólicos>Flavonoides=Taninos=Glicósidos=Triterpenos y ésteres

Cabe indicar que los compuestos fenólicos se reportaron como metabolitos presentes en el plátano en proporción mayor en la cáscara (907 mg/100g de materia seca) que en la pulpa (232 mg/100g de materia seca)⁵⁴.

Por otro lado Verde⁵⁵ y colaboradores especificaron que en la pulpa fresca de plátano hallaron compuestos fenólicos en una cantidad de 30 a 60 mg/100 g de materia fresca.

⁵³ Bushra S., Faraog, A., Asi, M., y S.Shahid. Potencial antioxidante de extractos de residuos agro alimentarios: estabilización de aceite de maíz. Dialnet 2008, vol 59 (2):205-217.

⁵⁴ Someya, S., Yoshiki, Y. and K. Okubo. Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). Food chemistry. 2002,79:351-354.

⁵⁵ Verde, C., Forster, M., Rodríguez-Delgado, M., Rodríguez-Rodríguez, E., and C. Díaz. Content of free phenolic compounds in bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. European Food Research and Technology. 2003,217(4):287-290.

S. Nagarajaiah y J. Prakash (2011) halló polifenoles en un rango de 200 a 850 mg equivalentes a ácido tánico/100g de muestra de cáscara de plátano, habiendo diferencias según la variedad. En las muestras analizadas en este trabajo de investigación se halló presencia de flavonoides en los extractos obtenidos principalmente en metanol pero también en etanol y en agua, aunque de 20% a 30% menos; así como una importante actividad antioxidante. Un reporte de Apriasari (2014) indica haber hallado ácido ascórbico, β -caroteno, licopeno, flavonoides, saponinas, alcaloides y taninos⁵⁶ en cáscaras de plátano *Musa sp.*

Al respecto Bushra (2008) y col., concluyeron que una mayor cantidad de compuestos fenólicos, flavonoides y flavonoles en un residuo agroindustrial como el del plátano, poseía mayor capacidad para secuestrar radicales e inhibir la oxidación del ácido linoleico⁵⁷.

Por otro lado los resultados fitoquímicos dependerían no solo de la madurez del cultivar, origen geográfico de la planta, estación de crecimiento, condiciones de almacenaje post cosecha, o de la técnica de procesamiento de la muestra⁵⁸; sino también de la polaridad del solvente empleado, el tiempo de almacenaje, la naturaleza química de la sustancia, presencia de compuestos de interferencia así como el tamaño de partícula (Naczk y Shahidi, 2004, citado por Nor Adlin BT MD Yusoff, 2008).

Otro resultado de la investigación de Nor Adlin BT y MD Yusoff (2008) es la correlación que indican existiría entre los compuestos fenólicos totales y el contenido de

⁵⁶ Apriasari Maharani laillyza, Iskandar, and Eo Suhartono. Bioactive compound and antioxidant activity of metanol extract Maui bananas (*Musa sp*) stem . *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 2014, vol 4 (2).

⁵⁷ Bushra S., Farzoq, A., Asi, M., y S.Shahid. Potencial antioxidante de extractos de residuos agro alimentarios: estabilización de aceite de maíz. *Dialnet* 2008, vol 59 (2):205-217.

⁵⁸ Shixin, D., Brett, J., West, C., & J. Jarakal. A quantitative comparison of phytochemical components in global noni fruits and their commercial products. 2010. *Food chemistry*, 12, 267-270.

minerales de 8 cultivares de *Musa sp*, siendo el más importante el potasio⁵⁹; en nuestro caso el contenido de cenizas totales fue superior a 9% en base seca, tan importante como el contenido de fibra total.

Al aplicar la técnica de cromatografía en capa fina analítica, los componentes se separaron mejor en la mezcla diclorometano/metanol en la proporción de 1:1; observándose la presencia de polifenoles y flavonoides al hacer uso de los reveladores; lo que se comprobó al hacer las lecturas de absorbancia en las fracciones obtenidas por cromatografía de capa fina a escala preparativa, encontrándose picos correspondientes a flavonoides.

Por otro lado el mayor rendimiento obtenido en los extractos deshidratados y obtenidos por cromatografía en columna rápida fueron 30,5% en metanol y 23,8% en agua bidestilada. S. Nagarajaiah y J. Prakash (2011) trabajaron también con extractos obtenidos en metanol, agua y etanol; reportando que el extracto en etanol poseía la mayor actividad para la remoción de radicales libres. Es posible obtener mayor actividad antioxidante en los extractos solubles en agua porque los antioxidantes son solubles en agua y en disolventes polares, por la gran afinidad de los hidroxilos al agua formando puentes de hidrógeno mientras que los otros compuestos poseen grupos ácidos siendo esta la condición que los hace especialmente afines al agua⁶⁰.

En nuestra investigación los componentes de ambos extractos fueron separados en forma óptima al emplear diclorometano/metanol en la proporción 2:1 mediante cromatografía de capa fina a escala preparativa. En el extracto soluble en agua

⁵⁹ Nor Adlin BT MD Yusoff. Correlation between total phenolics and mineral content with antioxidant activity and determination of bioactive compounds in various local bananas (*Musa sp*), thesis, 2008, Suecia.

⁶⁰ Espinoza Cumbicus Johanna Del Cisne. Potencial de los subproductos de cacao (*Theobroma cacao L*) y banano (*Musa sapientum*) como fuente de fibra dietaria antioxidante. Tesis. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador, 2014, 49 pág.

bidestilada se separó 5 fracciones y en el extracto soluble en metanol se separaron 9 fracciones; hallándose los valores de Rf de cada una de las 14 fracciones en total.

Al desarrollar las lecturas de las fracciones en el espectrofotómetro con arreglo de diodo se obtuvo los espectros de las fracciones solubles en metanol. Las lecturas de longitud de onda de los espectros fueron comparados con el compendio de los espectros publicados por T.J. Mabry et al⁶¹, proponiéndose las siguientes estructuras en base a los resultados obtenidos que se citan a continuación.

Estructuras propuestas:

En las fracciones de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánica, provenientes de la cromatografía de columna rápida solubles en metanol se detectó:

Fracción C₁. Con Rf de 0,0229, las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:

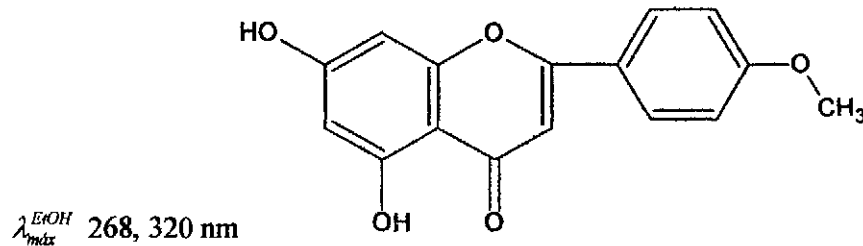
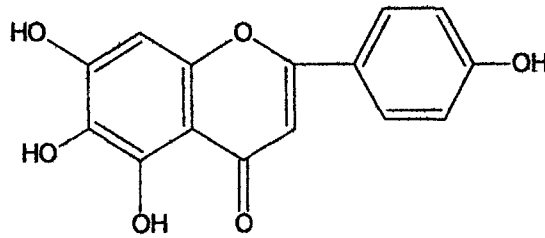


Fig.Nº26. 5,7-dihidroxi-4'-metoxi flavona

Según el espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es de una flavona, proponiéndose la estructura de la figura Nº26.

Fracción C₂. Con Rf de 0,0459, las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:

⁶¹ Mabry T.J., Markham K.R. and M.B. Thomas. The systematic identification of flavonoids. Ed. Springer-Verlag, Berlín, 1970.

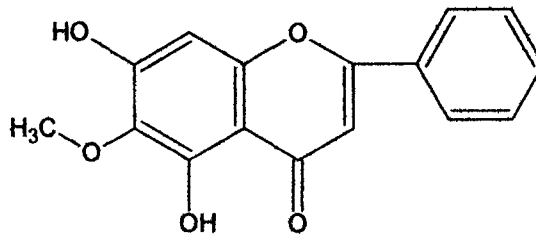


$\lambda_{m\acute{a}x}^{EtOH}$ 276, 325 nm

Fig.N°27. 4',5,6,7-tetrahidroxiflavona

En base al espectro en etanol el esqueleto b\asico que corresponde a esta fracci\on es de una flavona, proponi\endose la estructura de la figura N°27.

Fracci\on C₃. Con R_f de 0,2471, las lecturas en el espectro UV-visible m\aximas fueron:

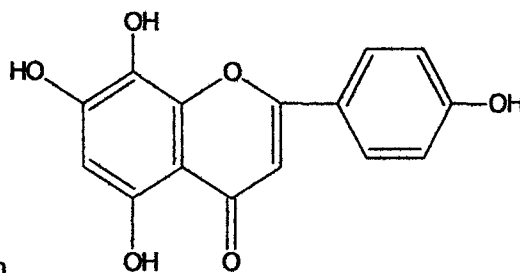


$\lambda_{m\acute{a}x}^{EtOH}$ 272, 316 nm

Fig.N°28. 5,7-dihidroxi-6-metoxiflavona

Seg\un el espectro en etanol el esqueleto b\asico que corresponde a esta fracci\on es una flavona, proponi\endose la estructura de la figura N°28.

Fracci\on C₄. Con R_f de 0,2988, las lecturas en el espectro UV-visible m\aximas fueron:

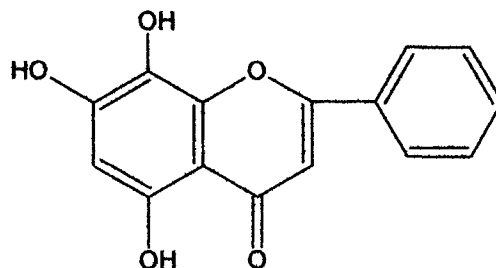


$\lambda_{m\acute{a}x}^{EtOH}$ 280, 328 nm

Fig.N°29. 4',5,7,8-tetrahidroxiflavona

De acuerdo al espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es de una flavona, proponiéndose la estructura de la figura N°29.

Fracción C₅. Con Rf de 0,3333 las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:

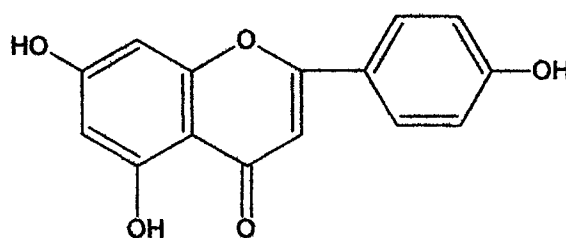


$\lambda_{máx}^{EtOH}$ 280, 315 nm

Fig.N°30. 5,7,8-trihidroxi flavona

En base al espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es de una flavona, proponiéndose la estructura de la figura N°30.

Fracción C₆. Con Rf de 0,35057 las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:

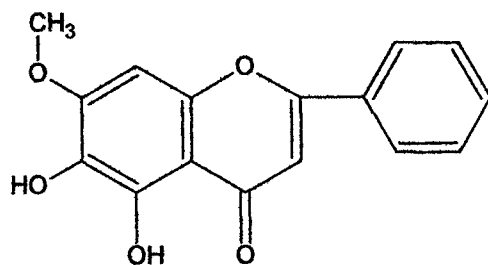


$\lambda_{máx}^{EtOH}$ 268, 326 nm

Fig.N°31. 4',5,7-trihidroxi flavona

De acuerdo al espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es una flavona, proponiéndose la estructura de la figura N°31.

Fracción C₇. Con Rf de 0,5229 las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:

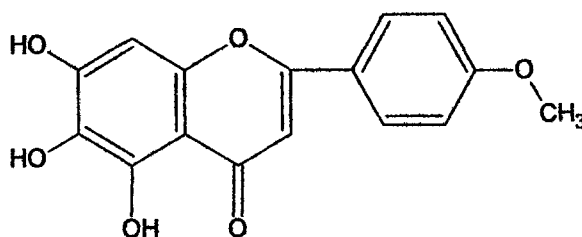


$\lambda_{m\acute{a}x}^{EtOH}$ 272, 305 nm

Fig.N°32. 5,6-dihidroxi-7-metoxiflavona

Según el espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es de una flavona, proponiéndose la estructura de la figura N°32.

Fracción C₈. Con R_f de 0,7068 las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:

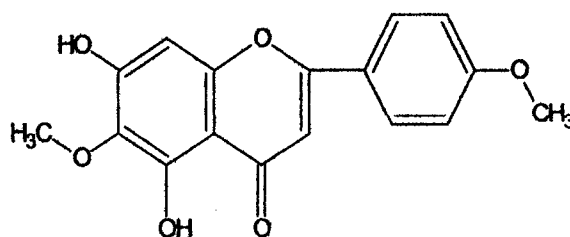


$\lambda_{m\acute{a}x}^{EtOH}$ 276, 317 nm

Fig. N°33. 5,6,7-trihidroxi-4'-metoxiflavona

De acuerdo al espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es de una flavona, proponiéndose la estructura de la figura N°33.

Fracción C₉. Con R_f de 0,7413 las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:



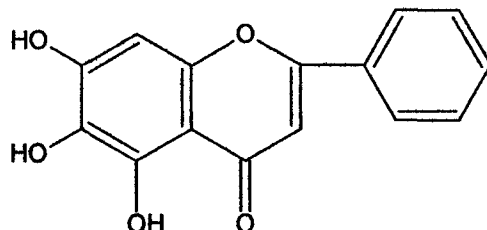
$\lambda_{m\acute{a}x}^{EtOH}$ 272, 320 nm

Fig.N° 34. 5,7-dihidroxi-4',6-dimetoxiflavona

En base al espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es de una flavona, proponiéndose la estructura de la figura N°34.

En las fracciones D₄ y D₅ de *Musa cavendishii* variedad de seda orgánica soluble en agua bidestilada que provenían de la CCR se obtuvo los siguientes resultados.

Fracción D₄. Con R_f de 0,6853 las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:

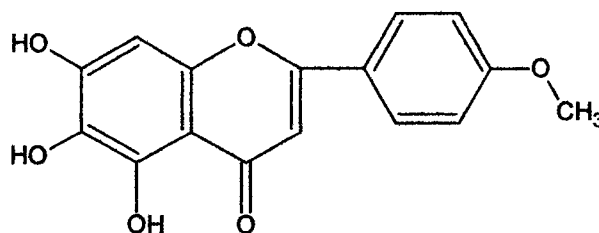


$\lambda_{m\acute{a}x}^{EtOH}$ 276, 314 nm

Fig.N°35. 5,6,7-trihidroxi-2-fenilflavona

De acuerdo al espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es de una flavona, proponiéndose la estructura de la figura N°35.

Fracción D₅. Con R_f de 0,8146 las lecturas en el espectro UV-visible máximas fueron:



$\lambda_{m\acute{a}x}^{EtOH}$ 276, 320 nm

Fig.N°36. 5,6,7-trihidroxi-4'-metoxiflavona

Según el espectro en etanol el esqueleto básico que corresponde a esta fracción es de una flavona, proponiéndose la estructura de la figura N°36.

Sojo et al⁶²., hallaron elevada cantidad de flavonoides totales en solventes tales como metanol, etanol y agua, consiguiendo mayor actividad antioxidante en el extracto acuoso; pero no habiendo diferencia significativa entre los extractos solubles en metanol y etanol. En nuestro caso se ha detectado flavonoides en las fracciones solubles en metanol y solubles en agua bidestilada; pero en las fracciones solubles en metanol todas éstas contuvieron diferentes flavonoides, mientras que en las fracciones solubles en agua bidestilada los flavonoides estuvieron presentes solamente en la fracciones D₄ y D₅. Estos investigadores (Sojo y col., 2000) hallaron en la cáscara los siguientes compuestos: dopamina, flavanona glicósido-naranja y flavonol glicósido-rutina (10mg/100g) en diferentes estados de madurez de las muestras que ensayaron.

También se ha reportado detecciones de quercetina, naringenina y ácido clorogénico empleando HPLC, observándose en este trabajo variación de resultados debido a las diferencias varietales. En la variedad Rasthali se halló mayor concentración de ácido clorogénico y naringenina; mientras que la variedad Karpooravalli presentó mayor concentración de quercetina⁶³. También se ha identificado 3,5,8-trimetil 6,8 dihidroximiricetina y ácido ferúlico⁶⁴. En otra investigación se ha reportado la presencia de galocatequina que se encontró en mayor proporción en la cáscara que en la pulpa, por lo que consideraron que la cáscara aporta mayor capacidad antioxidante por la presencia de esta sustancia.⁶⁵

Otras fuentes indican que las investigaciones efectuadas en cáscara de plátano demostraron asociación positiva entre carotenoides y flavonoides; concluyendo además

⁶².Sojo, M.,Nunez-Delgado, E., Sánchez-Ferrer, A., and F. García-Carmona. 2000. Oxidation of salsolinol by banana pulp polyphenol oxidase and its kinetic synergism with dopamine. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48:5543-5547.

⁶³ Shixin, D., Brett, J., West, C., & J. Jarakal. A quantitative comparison of phytochemical components in global noni fruits and their commercial products. 2010. *Food chemistry*, 12, 267-270.

⁶⁴ Nor Adlin BT MD Yusoff. Correlation between total phenolics and mineral content with antioxidant activity and determination of bioactive compounds in various local bananas (*Musa sp*), thesis, 2008, Suecia.

⁶⁵ Someya, S., Yoshiki, Y. and K. Okubo. Antioxidant compounds from bananas (*Musa cavendish*). *Food chemistry*. 2002,79:351-354.

en base a los resultados obtenidos que la actividad antioxidante de las cáscaras podría estar relacionada con los polifenoles, flavonoides y taninos presentes en el extracto de plátano⁶⁶.

En nuestra investigación se ha hallado en las cáscaras de plátano de seda orgánico de acuerdo a las lecturas máximas de los espectros UV-visible un total de 11 estructuras de flavonas, siendo una de ellas la 5,6,7-trihidroxi-4'-metoxiflavona soluble en metanol y en agua bidestilada, al haberse detectado en la fracción D₅ soluble en agua y en la fracción C₈ soluble en metanol. Las flavonas son compuestos importantes en la alimentación y en la medicina por sus aplicaciones prácticas por lo que sería conveniente verificar las estructuras propuestas con análisis por cromatografía líquida de alta presión HPLC, resonancia magnética nuclear o espectrometría de masas.

En cuanto a la aplicación de los flavonoides hallados en un derivado lácteo tal como el yogurt, se puede indicar que la cantidad de extracto que se utilizó en el primer tratamiento (1g/l) fue estadísticamente significativa y la más aceptada. Los tratamientos segundo, tercero y cuarto no mostraron diferencia significativa entre sí, pero sí mostraron diferencia estadística significativa los tratamientos que contenían de 7g/l, 9g/l y 11g/l, los cuales fueron rechazados.

Es importante considerar que sería posible utilizar mayor dosis de extracto ya que los tratamientos no aceptados contuvieron más de 5g/l de yogurt. Otros ensayos indican que han adicionado entre 1 miligramo y 5 miligramos de residuo de cáscara de plátano/ml de zumo de naranja sin modificar la calidad del producto además de protegerlo de la oxidación⁶⁷.

⁶⁶ Natural extract from whole banana fruit (Musa spp). US20120219510A1. Citado en : www.google.com/patents/US20120219510A1

⁶⁷ Fuente: www.eoi.es/.../escuela-de-organizacion-industrial-reutilizacion-de-los-residuos-del-platano-como-fuente-de-antioxidantes-alimentarios-aplicación-a-zumos-de-frutas-citricas/

Adicionalmente en la evaluación del yogurt con extracto de plátano se pudo observar que el extracto redujo el aroma y la acidez del yogurt, e incrementó su viscosidad.

h) REFERENCIALES

1. Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología. Investigadores brasileños comprueban que las cáscaras de banano sirven para purificar agua. 2011. Disponible en: www.Mineco.gob.es/portal/cite/mineco
2. Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y la Tecnología. Investigadores colombianos desarrollan una hamburguesa a partir de fibra de banano. 2011. Disponible en: www.Mineco.gob.es/portal/cite/mineco
3. Agrocadena de plátano del Ministerio de Agricultura y ganadería. Citado en: www.mag.go.cr
4. Aguilera M., Alanis M., y M. Reza. Comparación de dos métodos de extracción de antocianinas en Ficus caricia variedad Misión. En: VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos; 2005, Guanajuato, México, p.331-339.
5. Alarcón M., López J., Restrepo D. Efecto de la Inclusión de una fuente de fibra dietaria sobre la degradación lipídica y proteica de un producto cárnico tipo hamburguesa. Rev.Chil.Nutr.2014; 41(1):77-84.
6. Antioxidantes en zumo de naranja Citado en: www.eoi.es/.../escuela de organización industrial/reutilizacion-de-los-residuos-del-platano-como-fuente-de-antioxidantes-alimentarios-aplicación-a-zumos-de-frutas-citricas/
7. Apriasari Maharani laillyza, Iskandar, and Eo Suhartono. Bioactive compound and antioxidant activity of metanol extract Mauli bananas (Musa sp) stem. International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, 2014,4 (2).

8. Babu M, Babu A Suriyakala M., and K. Gothandam. Varietal impact on phytochemical contents and antioxidant properties of *Musa acuminata* (Banana). J Pharm. Sci. & Res.2012, Vol.4 (10):1950-5.
9. BADUI SALVADOR. Diccionario de Tecnología de Alimentos. México, Ed. LONGMAN, 1997.
10. Cárdenas F. L. Estudio del mercado de la cadena de plátano. Dirección de promoción de competitividad. Informe final. Disponible en: www.agroaldia.minag.gob.pe
11. Cifuentes F. Alteraciones del equilibrio de potasio: Hipopotasemia. Rev. Clin.Med. Fam.2008; 2(3):129-33.
12. Cuba J. Villanueva C, Mendoza J. Efecto cicatrizante de la savia de plátano *Musa balbisiana* colla en ratas albinas holtzman inducidas a úlcera gástrica. IX Jornadas de investigación en salud y V Jornadas científicas sanfernandinas. An.Fac.Med.2007. (68) suppl 1.
13. Data agropecuaria a tu favor. Banano-plátano. Perú exportación abril 2.013 citado en: www.agrodata.com
14. El Plátano de canarias. Disponible en: www.platanodecanarias.net
15. El plátano peruano. Disponible en: www.saboresdelperu.com
16. El plátano. Disponible en: www.gestion.pe
17. Escudero E. y Gonzáles P. La fibra dietética. Nutr. Hosp. 2006; 21(Supl 2) 61-72.
18. ESPINOSA JOHANNA. Potencial de los subproductos de cacao (*Theobroma cacao* L) y banano (*Musa sapientum*) como fuente de fibra dietaria antioxidante. Loja, Universidad Técnica Particular de Loja, 2014.

19. Fatemeh, S., Saifullah, R, Abbos F., and M. Azah. Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours. International Food research Journal.2012,19(3):1041-1046.
20. Gonzáles M, Gonzáles R y Lobo G. Evaluación de la capacidad antioxidante de la piel de plátano. Adaptación del método TBARS para mejorar su sensibilidad. Libro de comunicaciones del V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Murcia, España, Mayo, 2009.
21. Hernández L. y Vit P. El Plátano. Un cultivo tradicional con importancia nutricional. Rev. Fuerza Farmacéutica, 2009; sept. 2(13).
22. Herrera M. y Colonia L. Jornada de capacitación UNALM-Agrobanco. El plátano.2011. Junín-Perú, 33 págs. Disponible en: www.agrobanco.com.pe
23. Hoyos 1985. El plátano. Citado en www.saber.ula.ve
24. IUPAC. Flavonoides (isoflavonoides y neoflavonoides). Compendium of chemical terminology, 2ºed. 1997.
25. Lewis DA, Fields WN, Shaw GP. A natural flavonoid present in unripe plantain banana pulp (*Musa sapientum* L. var. *paradisica*) protects the gastric mucosa from aspirin-induced erosions. J. Ethnopharmacol. 1999,65(3):283-8.
26. LOCK DE UGAZ, OLGA. Investigación fitoquímica, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 2ª edición 1994.
27. MABRY T.J., MARKHAM K.R. and M.B. THOMAS. The systematic identification of flavonoids. Ed. Springer-Verlag, Berlín, 1970.
28. Metabolismo secundario en plantas. Flavonoides. Disponible en: www.inmortalDNA.com
29. Natural extract from whole banana fruit (*Musa* spp). US20120219510A1. Citado en: www.google.com/patents/US20120219510A1

30. Nor Adlin BT MD Yusoff. Correlation between total phenolics and mineral content with antioxidant activity and determination of bioactive compounds in various local bananas (Musa sp). Thesis, 2008, Sweden.
31. Okumura F., Barbosa M., y E. Gomez. Identificação de pigmentos naturais de espécies vegetais utilizando-se cromatografia em papel. Quimica Nova.2002;v. 25(4):8pag.
32. Olvera-Hernández, V., Aparicio-Trápala, M., Ble-Castillo, J, Muñoz-Cano J, y L Rodríguez-Blanco. Effect of banana resistant starch (Musa cavendish AAA) on metabolic control in wistar rats with a high sucrose diet. Universidad y Ciencia. 2012; 28(1):51-56.
33. Ortiz L, Gonzáles L y M. Gonzáles. Reutilización de los residuos del plátano como fuente de antioxidantes alimentarios, aplicación a zumos de frutas cítricas. Disponible en: www.eoi.es/.../escueladeorganizacionindustrial/reutilizacion-de-los-residuos-del-platano-como-fuente-de-antioxidantes-alimentarios-aplicacion-a-zumos-de-frutas-citricas
34. Ortiz L, Gonzáles L, Gonzáles M. Efecto de la concentración de extractos de piel de plátano con propiedades antioxidantes sobre las características sensoriales del zumo de naranja. Libro de Resúmenes del V Congreso de estudiantes de la Facultad de Química. La Laguna, España, Abril, 2009.
35. Producción de plátano.www.adexdatatrade.com/docinterno/platano-produccion-Robustavalery.nacional.pdf.
36. Producción mundial del cultivo de plátano en el periodo 2013-2011. Citado en: www.agroaldia.com
37. Propiedades de los plátanos. En: www.Botanical-online.com

38. Quiñones M., Miguel M., y A. Aleixandre. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. Nutr.Hosp.2012, vol. 27(1): 76-89.
39. Rivero A. Enciclopedia de los Alimentos. Frutas. 2003. Disponible en: www.mercasa.es
40. Romero-Bastida, C., Zamudio-Flores, P., y Bello-Perez, L. Antimicrobials in oxidized banana starch films, effect on antibacterial activity, microstructure, mechanical and barrier properties. Rev.Mex.Ing.Quím. 2011,10(3):445-53.
41. Shixin, D., Brett, J., West, C., & J. Jarakal. A quantitative comparison of phytochemical components in global noni fruits and their commercial products. 2010. Food chemistry. 12, 267-270.
42. Shyamala Bellur Nagarajaiah and Jamuna Prakash. Chemical composition and antioxidant potential of peels from three varieties of banana. As.J.Food Ag-Ind.2011, 4(01), 31-46.
43. SIMMONDS N.W. Los plátanos. Barcelona, Editorial Blume,1973.
44. Singhal M, Ratra P. Antioxidant Activity, Total Flavonoid and Total Phenolic Content of *Musa acuminata* Peel Extracts. Global Journal of Pharmacology.2013, 7(2):118-122.
45. Socorrás M y Bolet M. Alimentación saludable y nutrición en las enfermedades cardiovasculares. Rev. Cubana Invest. Bioméd. 2010; 29(3):353-63.
46. Sojo, M., Nunez-Delgado, E., Sánchez-Ferrer, A., and F. García-Carmona. 2000. Oxidation of salsolinol by banana pulp polyphenol oxidase and its kinetic synergism with dopamine. Journal of agricultural and food chemistry, 48:5543-5547.

47. Someya, S., Yoshiki, Y. and K. Okubo.2002 .Antioxidant compounds from bananas (*Musa cavendishi*).Food chemistry. 79,351-354.
48. Sultana B., Anwar F. Rafiqueasi M., Ali S., Chatha S. Potencial antioxidante de extractos de residuos agroalimentarios: estabilización del aceite de maíz. Dialnet.2008, vol.59, (3):205-17.
49. Taller manejo integrado del cultivo de plátano. En: www.agrobanco.com.pe
50. Tutel'ian V., Lashneva N. Biological active substance of plant origin. Vopr Pitan. 2.008; 77(1):4-19.
51. Valenzuela A. El chocolate un placer saludable. Rev. Chil.Nutr. vol 34, n°3, sept, 2007.
52. Valerio, R. y De García, E. Transformación genética de plátano (*Musa sp cv Harton*) mediante biobalística aplicada a tejidos meristemáticos.INCI.2008; 33(3):225-31.
53. Verde, C., Forster, M., Rodríguez-Delgado, M., Rodríguez-Rodríguez, E., and C. Díaz. Content of free phenolic compounds in bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. European Food Research and Technology. 2003, 217(4):287-290.

i) APÉNDICE

Resultados de la prueba de ranking para muestras de yogurt adicionado de extracto de cáscara de plátano soluble en etanol

Degustadores entrenados (repeticiones)	Tratamientos (muestras con extracto de cáscara de plátano orgánico soluble en etanol, g/l)						
	1	2	3	5	7	9	11
1	1	2	3	4	5	6	7
2	1	3	2	4	5	6	7
3	2	1	3	4	5	6	7
4	1	2	3	4	5	6	7
5	1	3	2	4	6	5	7
6	2	1	3	4	5	6	7
7	1	3	2	4	5	6	7
Total	9°	15	18	28	36°	41°	49°

Fuente: resultados obtenidos en el presente estudio.
°= (p<0,05)

j)ANEXOS

EXPORTACIONES PLATANOS

4

MES	2,013			2,012		
	FOB	KILOS	PREC. PROM	FOB	KILOS	PREC. PROM
ENERO	8,130,833	11,537,350	0.70	6,840,590	10,340,361	0.66
FEBRERO	7,119,640	9,940,547	0.72	6,217,416	9,267,603	0.67
MARZO	7,012,157	9,799,909	0.72	5,819,406	8,588,632	0.68
ABRIL	8,948,335	12,298,749	0.73	5,592,751	8,191,671	0.68
MAYO				7,900,764	11,527,872	0.69
JUNIO				7,075,582	10,310,589	0.69
JULIO				8,237,288	11,725,494	0.70
AGOSTO				6,569,500	9,455,453	0.69
SEPTIEMBRE				6,215,494	9,003,454	0.69
OCTUBRE				7,727,960	11,183,692	0.69
NOVIEMBRE				5,782,747	8,280,767	0.70
DICIEMBRE				6,891,673	9,894,895	0.70
TOTALES	31,210,965	43,576,555	0.72	80,871,173	117,770,482	0.69
PROMEDIO	7,802,741	10,894,139		6,739,264	9,814,207	
% CRECIMIENTO ANUAL	16%	11%	4%	28%	20%	7%

Fuente: www.agrodataperu.com publicado en abril de 2.013.