

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



“ANALISIS ESPECTRAL EN EL RANGO ULTRAVIOLETA VISIBLE E
INFRARROJO DE LOS EXUDADOS DE *Eucalyptus globulus Labill*, *Corymbia
citriodora Hook*, *Araucaria heterophylla*, *Mangifera indica L.*, *Hymenaea
courbaril L.* QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DEL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR”

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

WILLIAM TRINIDAD SALMERON MARTINEZ

CARLOS ISIDRO SANCHEZ CAMPOS

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN QUIMICA Y FARMACIA

MARZO 2017

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MAESTRO CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

MAE. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

DIRECCION DE PROCESOS DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

TRIBUNAL EVALUADOR

**COORDINADORA DEL AREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS
FARMACEUTICOS Y COSMETICOS:**

Lic. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez

**COORDINADORA DEL AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS
NATURALES:**

Lic. Rina Antonieta Toledo Mendoza

DOCENTE ASESOR:

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro padre celestial por siempre estar de nuestro lado a lo largo de la carrera y trabajo de graduación.

Lic. Henry Hernández, por su dedicatoria brindada hacia nosotros, por ser nuestro tutor apoyándonos con sus enormes conocimientos.

Lic. Jorge Carranza, por sus consejos a lo largo del trabajo de graduación y por siempre dar su mano en apoyo hacia nosotros en la realización de cada actividad

Licda. Zenia Ivonne de Márquez y Licda. Rina Antonieta Toledo, nuestras queridas asesoras de área por sus consejos, correcciones y tiempo dedicado.

MSc. Cecilia Gallardo de Velásquez, directora de trabajos de graduación, por sus consejos y correcciones, por ser siempre una persona en quien se puede confiar en cualquier adversidad

Y a todas las personas que nos motivaron y apoyaron en nuestro trabajo de graduación.

Isidro y William

DEDICATORIA

A Dios, por darme la bendición de culminar mi carrera porque solo él conoce los anhelos de mi corazón, por estar conmigo en cada decisión tomada por fortalecer mi corazón y por enseñarme a ser fuerte con cada adversidad.

A mi mami, Concepción Campos quien a lo largo de mi vida ha estado a mi lado siendo mi mejor apoyo. Te Amo profundamente.

A mi hermana, Judith Sánchez por sus consejos, por cada palabra de aliento brindada cuando existían momentos difíciles ella siempre estuvo conmigo dándome esa palabra que necesitaba para salir adelante.

A mi sobrino Diego Sánchez, mi niño que siempre con sus abrazos y ternura me hacía sentir fuerte, tú has sido un motivo para mi superación.

A mi maestro. Lic. Henry Hernández, por el apoyo ofrecido en la elaboración de este trabajo de graduación y gracias por brindarme la oportunidad de aprender de sus conocimientos.

A mis amigos: Isaías Chacón, Oscar Mena, Noé García, Oscar Tejada, Wilber Serrano, Salvador Cañas, y muchos más ¡Gracias por motivarme y estar siempre en las buenas y malas conmigo! Se les quiere mucho.

A mi compañero de Tesis, William Salmerón quien merece una mención especial, por haberme permitido trabajar junto a él en este proyecto de gran importancia para ambos. ¡Se te aprecia mi hermano!

Isidro Sánchez

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso que siempre se ha mantenido a mi lado durante este largo camino, brindándome sabiduría y fuerza para nunca caer, y tener siempre mis objetivos bien definidos.

A mi madre Carmen Dinora Martínez Chicas que sin duda alguna ha sido mi pilar, durante toda mi vida y la mejor mamá del mundo. Corrigiéndome y apoyándome siempre de la mejor manera posible, por mantenerse a mi lado desde el cielo proporcionándome su apoyo y su enorme amor de madre que cada día percibo.

A mi padre José Trinidad Salmerón que sin su ayuda jamás hubiese cumplido mis sueños, por darme su confianza y apoyo en cada momento y tener la paciencia para mantenerse siempre conmigo apoyándome.

Mis hermanos Luis Alfredo Salmerón Martínez, Melida Salmerón Matinés, Yefry Adonis Iglesias Martínez y a mi abuela Guillermina Salmerón, que aprecio y quiero muchísimo por ser un motor extra en mi vida.

Mis amigos Oscar mena, Salvador cañas, Josué Isaías y Noé Martínez que nos ha tocado vivir esta hermosa aventura juntos y que son indudablemente unos excelentes amigos y compañeros, Además un aprecio muy especial a mi queridísima amiga Liduvina Guerrero que tiene un papel muy importante en todo esto, siempre estaré agradecido por su sincera amistad.

Al Licenciado Henry Hernández, que me brindó la oportunidad de trabajar con él, ayudándonos con sus amplios conocimientos y experiencias.

Por último y no el menos importante, mi querido compañero, amigo, hermano y colega de batalla Isidro Sánchez, que hemos tenido la oportunidad de tener muchas experiencias juntos que se quedan marcadas en la memoria y en el corazón.

William Salmerón

INDICE GENERAL

	N° Pag
RESUMEN	
CAPITULO I	
1.0 Introducción	vx
CAPITULO II	
2.0 Objetivos	
CAPITULO III	
3.0 Marco Teórico	20
3.1 Monografía de <i>Eucalyptus globulus Labill</i>	20
3.2 Monografía de <i>Corymbia citriodora Hook</i>	23
3.3 Monografía de <i>Araucaria heterophylla</i>	25
3.4 Monografía de <i>Mangifera indica L.</i>	27
3.5 Monografía de <i>Hymenaea courbaril L.</i>	30
3.6 Exudados vegetales	34
3.6.1 Definición de exudados vegetales	34
3.6.2 Composición química general de los exudados vegetales	34
3.6.3 Clasificación general de los exudados vegetales	34
3.7 Métodos de Extracción de exudados vegetales	35
3.7.1 Método primitivo	36
3.7.2 Sistema Hugues	36
3.7.3 Sistema Eurogem o Borehole	37
3.7.4 Sistema de pica corteza con estimulación química	38
3.8 Métodos instrumentales	39
3.8.1 Radiación Electromagnética	39
3.8.2 Espectroscopia	41
3.9 Radiación Ultravioleta	42
3.9.1 Fundamentos básicos de la Espectroscopía UV-visible	43

3.9.2 Equipamiento: Espectrofotómetro Shimadzu uv-1800	43
3.10 Método de espectroscopia infrarroja	44
3.10.1 Fundamento teórico	44
3.10.2 Equipamiento: espectrofotómetro infrarrojo iraffinity-1	47
CAPITULO IV	
4.0 Diseño metodológico	50
4.1 Tipo de Estudio	50
4.2 Investigación Bibliográfica	50
4.2.1 Universo	50
4.2.2 Muestra	51
4.2.3 Recolección de las muestras de exudados	51
4.3 Parte experimental	52
4.3.1 Caracterización Organoléptica	52
4.3.2 Pruebas de solubilidad	52
4.3.3 Tratamiento de las muestras para Ultravioleta Visible	54
4.3.3.1 Operación del Equipo	56
4.3.4 Tratamiento de las muestras para Infrarrojo	57
4.3.4.1 Operación del Equipo Espectrofotómetro infrarrojo	58
CAPITULO V	
5.0 Resultados e Interpretación de Resultados	61
CAPITULO VI	
6.0 Conclusiones	152
CAPITULO VII	
7.0 Recomendaciones	155
Bibliografía	
Anexos	

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°	Pág. N°
1 Métodos generales de análisis químicos.	44
2 Solventes orgánicos para pruebas de solubilidad.	48
3 Identificación de tubos de ensayo para pruebas de solubilidad con diferentes solventes.	59
4 Ensayos de solubilidad con diferentes solventes.	60
5 Etiqueta de identificación.	70
6 Características organolépticas de los exudados vegetales.	71
7 Ensayos de solubilidad de muestras Eucalyptus globulus Labill	72
8 Ensayos de solubilidad de muestras Corymbia citriodora Hook.	73
9 Ensayos de solubilidad de las muestras de Araucaria heterophylla	73
10 Ensayo de solubilidad de las muestras de Hymenaea courbaril L.	74
11 Ensayos de solubilidad de las muestras de Mangifera indica L.	74
12 Descripción de solubilidad según la USP 30.	75

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

- 1 Longitudes de onda del espectro electromagnético.
- 2 Transiciones electrónicas de los orbitales moleculares
- 3 Recolección de muestras representativas de especies de árboles para la identificación botánica.
- 4 Identificación Botánica de las especies recolectadas en el Jardín Botánico la Laguna.
- 5 Codificación de Muestras para el análisis.
- 6 Tratamiento de muestras para Ultravioleta Visible.
- 7 Instrumento de Análisis en el Ultravioleta-visible
- 8 Utilización del Espectrofotómetro Shimadzu UV-1800
- 9 Especificaciones del equipo espectrofotómetro Shimadzu UV-1800
- 10 Método de "Thin Film sólido"
- 11 Instrumento de Análisis en el Infrarrojo
- 12 Especificaciones del equipo espectrofotómetro infrarrojo con transformada de fourier Shimadzu IRAFFINITY-1
- 13 Tablas de correlación Espectroscopia Infrarroja según Química Orgánica de Morrión y Bord Quinta Edición.
- 14 Muestras, Materiales, equipos, reactivos y solventes

ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
IR	Infrarrojo
FT-IR	Espectrofotómetro Infrarrojo Transformada de Fourier.
UV	Ultravioleta
UV-Vis	Ultravioleta Visible
λ	Longitud de Onda
Nm	Nanómetros
Cm	Centímetros
LFQA	Laboratorio Físico Químico de Aguas
G	Gramos
mL	Mililitros
Mx	Muestra
cm-1	Centímetro elevado a menos uno
IR-Medio	Infrarrojo medio
IR-Cercano	Infrarrojo cercano
N	Orbital no enlazante
π^*	Orbital Antienlazante
Π	Orbital enlazante
μm	Micrómetro
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
Min	Minutos
Mg	Miligramos
μg	Microgramos
msnm	Metros sobre el nivel del mar

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en realizar el análisis espectral por Espectroscopia Infrarroja por transformada de Fourier y Espectroscopia Ultravioleta visible, en exudados cinco especies vegetales, siendo estos *Eucalyptus globulus* Labill, *Corymbia citriodora* Hook, *Araucaria heterophylla*, *Mangifera indica* L., *Hymenaea courbaril* L. Para corroborar que la especie fuese la correcta se realizó una investigación de campo donde se tomaron muestras representativas de los árboles que posteriormente fueron trasladadas a la Asociación Jardín Botánico La Laguna donde expertos del área confirmaron la identidad de las especies. Se realizó la toma de muestra, a partir de la corteza de estos árboles que se encuentran ubicados en el campus central de la Universidad de El Salvador.

Las muestras que se analizaron fueron, ocho exudados de *Eucalyptus globulus* Labill, diez de *Corymbia citriodora* Hook, nueve de *Araucaria heterophylla*, seis de *Mangifera indica* L. y una muestra de *Hymenaea courbaril* L. una vez recolectadas se analizaron en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, durante el período de agosto-octubre de dos mil dieciséis, aplicando el método de Espectrofotometría Infrarroja de transformada de Fourier en el rango de IR-intermedio ($500-4000\text{ cm}^{-1}$) y Espectroscopia Ultravioleta visible (200-800 nm), obteniéndose un espectro UV-Vis y un espectro IR por cada exudado haciendo un total de 68 análisis, con el objetivo principal de obtener los espectros y compararlos contra tablas de correlación,

Se llevaron a cabo pruebas de solubilidad en diferentes solventes, polares, no polares y de mediana polaridad, encontrando que en el alcohol 90° presentan una mayor solubilidad, siendo este el solvente seleccionado para las diferentes pruebas realizadas.

Se realizó el tratamiento de las muestras para el análisis UV-Visible, llevando a cabo diferentes ensayos de diluciones para realizar las lecturas en el Espectrofotómetro UV-Visible, se realizó un acoplamiento espectral que consiste en analizar el espectro más representativo de cada una de las especies, se interpretaron los espectros obtenidos encontrándose bandas de absorción en longitudes de onda específicas.

El análisis Infrarrojo es el que proporciona mayor información de los posibles grupos funcionales de una muestra de composición desconocida, Se realizó el tratamiento de cada una de las muestras a través del método "film sólido" y se obtuvieron los espectros en la región del IR intermedio, se realizó el acoplamiento espectral para posterior analizar el espectro representativo de cada especie, luego los espectros obtenidos se compararon con las cartas de correlación, encontrando bandas de absorción característicos de cierto grupos orgánicos.

En los resultados se demostró que es útil aplicar estos métodos de Espectroscopia para el análisis de muestras desconocidas de exudados de árboles, quedando este estudio como una base y que sea de utilidad para futuras investigaciones.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

Los exudados vegetales son mezclas naturales sólidas o semisólidas químicamente complejas de origen vegetal, son producidos por células y se forman sobre la superficie de las plantas, usualmente como el resultado de una herida producida, pueden tener una apariencia física y propiedades muy similares, pero estructuras moleculares diferentes.

La presente investigación está orientada al análisis espectral en el rango ultravioleta visible (200 nm y 800 nm) y en la región del espectro infrarrojo intermedio (4000 a 500 cm^{-1}) de los exudados de ocho especies de *Eucalyptus globulus Labill*, diez de *Corymbia citriodora Hook*, nueve de *Araucaria heterophylla*, seis de *Mangifera indica L.* y una especie de *Hymenaea courbaril L.*

De esta manera se obtiene un espectro ultravioleta visible y un infrarrojo de cada exudado haciendo un total de 68 análisis a los cuales se les realizó su respectiva interpretación contra cartas de correlación, la falta de información en este tipo de trabajos hace la necesidad del estudio presente y de esta manera queda vigente esta base de datos para futuras investigaciones.

Para identificar las muestras se realizó una investigación de campo durante la segunda semana del mes de agosto del año 2016 donde se recolectaron las especies en estudio y posteriormente se les realizó el secado a temperatura ambiente durante 15 días. Luego se trasladaron a la Asociación Jardín Botánico la Laguna donde expertos del área realizaron la identificación de las especies *Eucalyptus globulus Labill*, *Araucaria heterophylla*, *Hymenaea courbaril L.*; *Corymbia citriodora*, *Mangifera indica L.*, también se determinó la solubilidad de los exudados en solventes polares, no polares y de mediana polaridad.

Posterior a la identificación se llevó a cabo la recolección de los exudados de las cinco especies en el Campus Central de la Universidad de El Salvador

durante el periodo de agosto a octubre del año 2016, lo cual se realizó mediante una pequeña incisión con un instrumento corto punzante a una altura de 100 cm de la base, se colocó un recipiente de metal, sujetado en el tronco del árbol a través de una franja de tela, para recolectar las muestras, se mantuvo por un tiempo aproximado de 2 días, luego se colocó en un recipiente de vidrio color ámbar de capacidad de 100 gramos debidamente identificado con código lugar y fecha.

La cantidad de muestra recolectada fue de aproximadamente 75 g se trasladó y almaceno a temperatura ambiente de 22°C en el laboratorio de análisis físico Químico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia y posteriormente se realizaron los análisis correspondientes.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar espectralmente en el rango ultravioleta visible e infrarrojo los exudados de *Eucalyptus globulus* Labill, *Corymbia citriodora* Hook, *Araucaria Heterophylla*, *Mangifera indica* L., *Hymenaea courbaril* L. que se encuentran dentro del campus central de la Universidad de El Salvador.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1** Realizar la identificación botánica de cinco especies vegetales.
- 2.2.2** Recolectar los exudados de los arboles *Eucalyptus globulus* Labill, *Corymbia citriodora* Hook, *Araucaria heterophylla*, *Manguifera indica* L., *Hymenaea courbaril* L.
- 2.2.3** Determinar la solubilidad de los exudados recolectados en solventes polares, no polares y de mediana polaridad.
- 2.2.4** Obtener los espectros de absorción de los exudados en el rango ultravioleta visible (200-800 nm) y en la región del infrarrojo intermedio (500-4000 cm^{-1})
- 2.2.5** Comparar los espectros Infrarrojos y ultravioleta obtenidos con tablas de correlación.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0. MARCO TEORICO

3.1 Monografía de *Eucalyptus globulus Labill*

Nombre científico: *Eucalyptus globulus Labill*

Familia: Myrtaceae

Sinónimos: Eucalipto gigante, Eucalipto azul, alcanfor, Eucalipto común



Figura N° 1. Árbol de *Eucalyptus globulus Labill*

Hábitat

Árboles nativos de Australia y Tasmania, se conocen más de 500 especies. En América Latina se cultiva en climas tropicales, subtropicales y templados desde California hasta Argentina: en Guatemala *E. globulus* se cultiva en clima templado de 1500-2700 msnm. (5)

Descripción botánica

Eucalyptus globulus es de 75-90 m de alto (Ver figura N° 1), corteza azul grisácea, se pela en cierta época del año, hojas con capa cerosa blanca, cuando jóvenes son opuestas, oblongas, 7 a 15 cm de largo (Ver figura N° 2); cuando adultas son alternas. Inflorescencia axilar, solitaria, con botones

sésiles, flores 3-4 cm de ancho, masa prominente de estambres. Fruto cónico, 2-3 cm de ancho, con orilla, numerosas semillas 3 mm de largo. (21)



Figura N° 2. Hojas de *Eucalyptus globulus* Labill

Composición Química

El fruto, las hojas y el tallo contienen: aceites esenciales, flavonoides, glicósidos saponínicos, sesquiterpenlactonas, taninos, triterpenos. La raíz contiene: flavonoides, glicósidos saponínicos, sesquiterpenlactonas, taninos y triterpenos.

El aceite de *E. globulus* tiene cineol (70-90%), α -pineno (24%), aromandreno (1%), borneol, canfeno, cariofileno, citral, eudesmol, felandreno, fenchona, mirceno, sabineno, terpineol, timol, alcoholes sesquiterpenicos. Aldehídos (valeriánico, butílico, caproico), alcoholes (etílico, amílico, isoamilico) α - y β -tujona, verbenona, fenoles y terpenos (10, 21)

Sitosterol, ácido ursólico, taninos ácido elágico y gálico, principios amargos, ceras, resinas, y aceites esenciales. 1,8-cineol, mentol, mirceno, y pineno, eucaliptol, aromadendrina, p-mentano-cis-3.8-diol, geraniol. (21)

Actividad biológica.

La tintura de hoja de *E. globulus* es activa contra *Candida albicans*, *E. Coli*, *S. aureus*, *S. pyogenes*. La decocción de la hoja no tiene actividad antidermatofílica. Su aceite esencial es repelente de áfidos y mosquitos. (21)

La aplicación del eucalipto pasa desde la incorporación de su esencia en caramelos y pastillas para calmar la tos e irritaciones de garganta, hasta su aprovechamiento en humidificadores y en forma de vahos para proteger y descongestionar las vías respiratorias. ⁽¹⁶⁾

Es un específico en el tratamiento del sistema respiratorio; su actividad se resume fácilmente como antiséptica, expectorante y balsámica. El aceite esencial que contiene en abundante cantidad (0.3 a 3.5%) le proporciona efecto antiséptico in vitro como bactericida, bacteriostático y fungicida sobre numerosos gérmenes. ⁽¹⁶⁾

El eucaliptol (1,8 %) aumenta la capacidad pulmonar en cuadros congestivos al reducir la tensión superficial en los alveolos sin generar alteraciones morfológicas. Estas cualidades, comprobadas clínicamente, hacen recomendable el empleo del eucalipto en bronquitis, asma, catarro común, gripe, faringitis y laringitis. El aceite esencial liberado en los pulmones es un potente preventivo del desarrollo de cuadros infecciosos, mejorando la secreción de las mucosas. Se utiliza como coadyuvante en el tratamiento de la tuberculosis, frente a cuyo bacilo se muestra activo, así como frente a virus de hidrofobia que inactiva en un tiempo de 10 a 12 horas. ⁽¹⁶⁾

En la práctica empírica se comporta como hipoglucemiante debido a la sinergia de sus principios activos, que por separado no están dotados de dicha cualidad. Experimentalmente ha podido demostrarse como su actividad sobre las enzimas hepáticas acelera el metabolismo de algunos medicamentos. ⁽¹⁶⁾

Otros usos populares

La madera es dura y pesada (densidad 0.7-1.1), arde en forma constante, se usa para hacer leña, carbón, postes, pulpa de papel y en carpintería. Las flores son melíferas, por lo que las visitan las abejas.

3.2 Monografía de *Corymbia citriodora* Hook

Nombre científico: *Corymbia citriodora* Hook

Sinónimo científico: *Eucalyptus citriodora* Hook

Familia: Mirtáceas (Myrtaceae)

Sinónimos: Eucalipto limón, Eucalipto aromático.



Figura N° 3. Árbol de *Corymbia citriodora* Hook

Origen y distribución

Originaria de Queensland, Australia, es cultivada en regiones tropicales del continente americano. Existen más de 500 mil especies. *C. citriodora* se cultiva como árbol maderable ya que resisten a la pudrición y las termitas; también es útil para la producción de miel de abejas por su sabor agradable. ⁽²¹⁾

Descripción botánica

C. citriodora es un árbol medianamente grande corteza lisa y brillante (Ver figura N° 3), laminas juveniles 3-6 cm de longitud, oblongas a lanceoladas, a

veces peltadas hojas pecioladas, lamina de 10 a 16 cm de longitud, 1 o 2 cm de ancho, angostamente lanceoladas, glabras con fuerte olor a limón, inflorescencia en corimbo terminal (Ver figura N° 4), pedúnculos hasta 7 mm de longitud, terctes, umbelas con 3 a 5 flores, botones florales hasta 12 mm de longitud y 7 mm de ancho, ovoides, pedicelados, opérculo hemisférico, más corto que el tubo de caix, fruto hasta 1 cm de longitud, 1 cm de ancho, urseolado, estrechándose en un corto y contraído cuello, valvas encerradas, sus hojas tienen marcado olor a limón maduro. (21)



Figura N° 4. Hojas y fruto de *Corymbia citriodora* Hook

Composición química

Sitosterol, ácido ursólico, taninos, ácido elágico y gálico, principios amargos, ceras resinas, citronelal (98%), p-cimeno, 1,8-cineol, mentol, mirceno y pineno, eucalipto, aromadendrina, p-mentano-cis-3,8-diol, geraniol. (21)

Usos científicos recomendados

Como antiséptico pulmonar, tos, bronquitis, como expectorante, hipoglucémico, antibacteriano, anticandidiasis, antihelmíntico, en heridas como cicatrizantes, amigdalitis, en laringitis. De 2-3 gramos/taza en decocción 3 veces al día para inhalaciones para la sinusitis, es útil en caso de reumatismo. (21)

3.3 Monografía de *Araucaria heterophylla*

Nombre científico: *Araucaria heterophylla*

Familia: Araucariaceae

Sinónimos: *Araucaria excelsa*, *Araucaria*, Pino de la isla Norfolk.

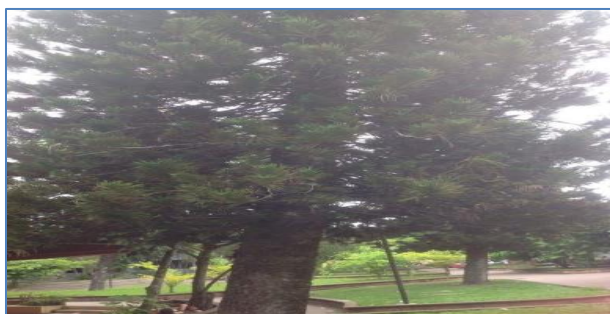


Figura N° 5. Árbol de *Araucaria heterophylla*

Descripción botánica

Árbol de porte cónico que puede llegar a 70m de altura (Ver figura N° 5). Tronco recto con ramas dispuestas en verticilos, horizontales. Hojas juveniles de 8-12mm de longitud (Ver figura N° 7), puntiagudas, blandas, curvadas, decurrentes, de color verde brillante. Hojas adultas imbricadas, de forma ovalo-triangular, curvadas, de unos 6mm de longitud y 3-6mm de anchura, con la punta dura. Frutos de 1kg de peso (Ver figura N° 6). Se reproduce mediante semillas, o bien esquejes con ayuda de hormonas de enraizamiento y calor de fondo. ⁽¹⁴⁾

Altura de 60 a 80 pies. La uniformidad de la corona es dosel simétrico con un contorno regular (o liso), la forma de la corona es columnar; piramidal, densidad de la corona abierta. Tasa de crecimiento es rápida, tipo de hoja es simple. Margen foliar entero, La forma de la hoja es lineal; con forma de aguja (filiforme) Venación foliar: paralelo; Longitud de hoja: menos de 2 pulgadas. ⁽³⁾



Figura N° 6. Fruto de *Araucaria heterophylla*



Figura N° 7. Hoja de *Araucaria heterophylla*

Distribución y hábitat

Araucaria heterophylla (sinónimo *A. excelsa*) es una conífera distintiva, miembro de la Antigua y ahora distribuida familia Araucariaceae. Como su nombre vernáculo, Norfolk Island Pine implica, el árbol es endémico de Norfolk Island, una pequeña isla en el Océano Pacífico. Entre Australia, Nueva Zelanda y Nueva Caledonia. El género *Araucaria* se produce a través del Pacífico Sur, especialmente concentrado en Nueva Caledonia (unos 700 km al norte de Norfolk Isla), donde se encuentran 13 especies estrechamente relacionadas y de apariencia similar. Lo es a veces Llamado "pino estrella", "árbol de triángulo" o "árbol de Navidad vivo", debido a su forma simétrica. (23)

Cultivo

La apariencia distintiva de este árbol, con sus ramas ampliamente espaciadas y contorno simétrico y triangular, lo ha convertido en una especie cultivada popular, ya sea como un solo árbol o en avenidas. Cuando el árbol alcanza la madurez, la forma puede llegar a ser menos simétrica. (3)

3.4 Monografía de *Mangifera indica* L.

Nombre científico: *Mangifera indica* L.

Familia: Anacardiaceae

Sinónimos: Mango, melocotón de los trópicos.



Figura N° 8. Árbol de *Mangifera indica* L.

Origen y distribución

La planta es nativa del Asia Tropical seguramente en una región comprendida entre el Pie de Monte al Este de la India y el Vietnam. Crece espontáneamente en Ceilán. Era ya cultivada por el hombre hace 4000 años. No se sabe cómo ni cuándo este delicioso fruto llegó a la América Tropical para quedarse. Las semillas se han esparcido por todas partes y se encuentra el mango hasta en las montañas más apartadas. Además, aparte de Centro América y México, se encuentra en las Antillas mayores y menores, La Florida, América Tropical continental y los trópicos del viejo mundo. (21)

Descripción Botánica

Es un gran árbol, a veces de 20 m de altura o más, con el tronco de hasta 2.5 m de diámetro (Ver figura N° 8), las ramas extendidas y las ramillas fuertes y lampiñas. Corteza café oscura internamente café amarillenta, exudando una resina rosácea. Las hojas son pecioladas, oblongo-lanceoladas, son usualmente angostas de 10 a 20 cm de largo, subcoriáceas, agudas, o conspicuamente acuminadas en el ápice, angostándose en la base, glabras. (21)

Las flores son de color verde blanquesinas o amarillentas, en muy grandes panículas; sépalos de 2.5 mm de largo; pétalos de 5 mm de largo. Estambres fértiles de 1 a 2 usualmente con cuatro estaminodos presentes. El fruto (Ver figura N° 9) varía en gran medida, verdes y amarillos, usualmente manchados de rojo o rosados. (21)

Composición química

Las hojas contienen del 43-46% de ácido euxantínico, euxanthanon, ácido hipúrico, ácido benzoico y tanino. La resina del fruto contiene mangifereno, ácido mangiférico, mangiferol, azufre, 7 veces más potasio que sodio. En el fruto se encuentran carbohidratos, proteínas, vitaminas A, B1, B5, B6 y en mayor concentración vitamina C. Tiene hierro, sodio, magnesio, fosforo, y calcio. (21)

Actividad biológica

Se ha comprobado científicamente que las hojas de la especie tiene efectos antibacterianos: *E. coli*, *S.typhi*, *S. dysenteriae*, *s. neumoniae*. Antiinflamatorio por su alto contenido de vitamina P, que refuerza la resistencia capilar. La decocción o maceración de 30 gramos de corteza o de hoja en un litro de agua es diurética. (21)

Usos científicos recomendados

Como antihelmíntico, la semilla y también como astringente; en dolor de dientes, hipertensión, diarreas y fiebres, tos, tónico, indigestión, bronquitis. (21)



Figura N° 9. Fruto de *Mangifera indica*

Toxicidad.

El contenido en quercetina libre puede pasar a la decocción y esta es responsable de actividad mutagénica. Se considera que existe una potencialidad de toxicidad por la alta frecuencia de contaminación con micotoxinas. La hoja, rama y corteza presentan algunos constituyentes tóxicos que pueden ocasionar irritación de la mucosa gástrica y renal. (21)

La DL50 por vía intraperitoneal es de 2.32 0.35 g/Kg. La toxicidad subcrónica evidenció que la dosis máxima de 25g/Kg administrando por vía oral, no produjo muerte alguna al cabo de 28 días de administración, ni se evidenciaron cambios histopatológicos en los 60 días consecutivos atribuibles a la administración del preparado. (21)

La toxicidad subcrónica se estudió administrando el cocimiento de la hoja por vía oral e intraperitoneal, cada 12 horas, en ratones albinos suizos de ambos sexos. (21)

3.5 Monografía de *Hymenaea courbaril* L.

Nombre científico: *Hymenaea courbaril* L.

Familia: Fabaceae

Sinónimos: Copinol (ES); algarrobo (PA); courbaril (PA); cuapinol (CR); guapinol (CR, GU, HO, NI); hoja de cuchillo (GU); laka (Moskitia-HO); locust (BE); nancitón (NI); pacay (Petén GU); palca (Copán-HO); palito colorado (GU, HO)



Figura N° 10. Árbol de *Hymenaea courbaril* L.

Descripción Botánica

Árbol de tronco bajo y copa deprimida, las hojas compuestas de 2 hojuelas imitan el casco de venado. Los frutos son vainas cortas y gruesas, color oscuro, que encierran varias semillas envueltas en un polvo blanco. ^(1,6)

Forma de un árbol hermoso, grande y robusto, subcaducifolio, de 10 a 25 m (hasta 40 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 1.5 m. (Ver figura N° 10)

Copa / Hojas. Copa redondeada muy densa, ampliamente extendida, con follaje denso verde claro y brillante. Hojas alternas, compuestas por un par de folíolos opuestos, de 5 a 10 cm de largo incluyendo el pecíolo, con algunos puntos aceitosos. (6)

Tronco / Ramas. Tronco derecho, a veces cubierto en la base por una excreción gomosa amarillina; algunas veces desarrolla contrafuertes. Ramas gruesas ascendentes. (6)

Corteza. Externa ligeramente escamosa a lisa, parda grisácea. Interna rosada cambiando a ligeramente parda, fibrosa, de sabor astringente. Grosor total: 10 a 20 mm. (6)

Flor(es). Flores grandes blanco verdosas, extendidas, perfumadas, de 3.5 cm de diámetro. Se presentan en cimas densas terminales pubescentes de 10 a 15 cm de largo; cáliz verde crema, tubular carnoso en forma de campana y 5 pétalos blancos con puntos morenos, erguidos y extendidos, que apenas sobresalen del cáliz. (6)

Fruto(s). Vaina indehiscente, ligeramente aplanada, de 10 a 17.5 cm de largo por 4 a 6.5 cm de ancho, sumamente leñosa, verdosa a moreno oscura, con pulpa harinosa, dulce y comestible. Cuando secas exudan una resina pegajosa y fragante. El fruto contiene 3 ó 4 semillas y permanece largo tiempo en el árbol (7 a 10 meses). (Ver figura N°11)



Figura N° 11. Fruto de *Hymenaea courbaril* L.

Semilla(s). Semillas oblongas achatadas, pardas y duras, de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, cubiertas por una pulpa gruesa, dulce y olorosa de color amarilla. Raíz. Sistema radical extendido.

Distribución y hábitat

Árbol nativo de América tropical, originario de México y las Antillas. Se extiende desde el centro de México hasta Perú, Bolivia, Brasil y la Guyana Francesa y a lo largo de las Antillas desde Cuba y Jamaica a Trinidad y Tobago. ⁽¹⁾

Prospera en terrenos degradados y malos aunque prefiere tierras húmedas y fértiles. Crece cerca de ríos o corrientes de agua, sobre lomeríos y pendientes. Su mejor crecimiento ocurre donde hay una precipitación de 1,900 a 2,150 mm/año, pudiendo crecer en áreas con sólo 1,200 mm/año. Su temperatura media anual va de 20 a 30 °C. Se desarrolla en suelos de origen volcánico y aluvial, con pH de 4.8 a 6.8. Suelos: arenoso, poroso, amarillo, rojizo-arcilloso.

Composición química

Las hojas contienen sesquiterpenlactonas y glicósidos saponínicos. La corteza contiene sesquiterpenlactonas, flavonoides, taninos, triterpenos y glicósidos saponínicos. La raíz contiene: Alcaloides, sesquiterpenlactonas, taninos y glicósidos saponínicos. ⁽¹⁵⁾

Usos

Aromatizante. El producto del copinol es la resina que exuda del tronco y ramas. Se usa como incienso y se le llama, incienso o goma de tierra, incienso de petapa, resina de Cuapinole, Goma Animé de México, Nere, Copal de Brasil o Copal de Pará, Succino o ámbar del país. A veces se ha encontrado hasta un barril de goma alrededor de un árbol. Es seca, blanquecina, transparente, brillante, de sabor parecido a la trementina y de olor agradable cuando se quema. ⁽¹⁾

Usos terapéuticos populares: Antidiarreico, Antiparasitario intestinal, Contra infecciones renales y para curar granos y úlceras. (15)

Medicinal. El pericarpio del fruto contiene resina con propiedades purgantes. El cocimiento de la corteza se usa para controlar parásitos intestinales, indigestión y curar infecciones urinarias. Un linimento hecho con la corteza y resina en polvo se usa para tratar úlceras o salpullido. La resina se quema y se aspira como remedio para aliviar el asma y catarro. Se ha reportado su uso para combatir el reumatismo, estreñimiento, enfermedades venéreas. (1, 6)

Otros usos

En El Salvador tiene usos tradicionales como los horcones, vigas y travesaños para hacer el poyetón de la cocina en viviendas rurales. También es usada específicamente para cabos de herramientas y cachas de armas y cuchillos. Otro uso económicamente importante son las artesanías, fabricadas en El Salvador o a veces incluso importadas de Nicaragua. Son típicas todo tipo de piezas torneadas, vajillas, adornos, dulceras, floreros, copas, candeleros, etc. Se utiliza también para leña y carbón. La resina de color ámbar que mana del tronco y ramas se usa como incienso y en preparados medicinales, pero principalmente como base en la elaboración de barnices.

Actividad antimicrobiana y toxicidad.

Los extractos acuoso y etanólico de hojas, acuosa y etanólico de corteza y etanólico de raíz fueron efectivos en la inhibición de los cultivos de *Staphylococcus aureus*, siendo el más eficaz, el etanólico de corteza. Las pruebas de toxicidad de los extractos etanólico y acuosos, demostraron mucha toxicidad para los peces pues la mayoría murió en 12 horas.

3.6 Exudados vegetales.

3.6.1 Definición de exudados vegetales.

Los exudados vegetales son mezclas naturales sólidas o semisólidas químicamente complejas de origen vegetal. La proporción de los compuestos puede variar según el clima, la época del año y otros factores. Los exudados son producidos por células y se forman sobre la superficie de las plantas, usualmente como el resultado de una herida producida a la planta, pueden tener una apariencia física y propiedades muy similares, pero estructuras moleculares muy diferentes. (2)

Algunos de los exudados de mayor importancia por su valor económico o tradicional son las gomas como el chicle, el caucho y el látex; las resinas de coníferas para elaboración de trementina o de burseras como el copal, la mirra y el incienso; los aceites esenciales de lináloe, los taninos para la curtiduría, entre otros. La diversidad de especies arbóreas de coníferas y latifoliadas o de hoja ancha tropicales y de clima templado que producen resinas y gomas, su extracción y aprovechamiento tienen una vasta perspectiva.

3.6.2 Composición química general de los exudados vegetales.

Generalmente son mezclas más o menos complejas de ácidos y alcoholes resínicos, resinotanoles, ésteres, resenos y los componentes más habituales podemos encontrar la Podofilotoxina, ácido benzoico, ácido coniferílico, ácido levopimárico, ácido abietílico, ácido cinámico y vainillina.

3.6.3 Clasificación general de los exudados vegetales.

Gomas: Son mezclas de polisacáridos de alto peso molecular solubles en agua o dispersables en agua. El ejemplo más famoso es probablemente la goma arábica de la especie Acacia. (2)

Resina: Son mezclas insolubles en agua compuestas en mayor parte por terpenos (derivados orgánicos compuestos de componentes de isopreno), o se definen también como los compuestos químicos extraídos en la fase orgánica. La fosilización vuelve a las resinas extremadamente resistentes a la disolución, y cada uno de estos materiales es referido usualmente como fósiles de resinas o inapropiadamente en el sentido general como ámbar. (2)

Goma-resina: Es una mezcla de componentes como terpenos y carbohidratos. Se obtiene del árbol por medio de incisiones longitudinales en el tronco, fluye abundantemente, tiene color rojizo y cuando se seca con el sol se vuelve quebradiza, formando así masas irregulares que se recogen para su utilización.

Bálsamos: Oleorresinas ricas en ácido benzoico, ácido cinámico, ácido salicílico y sus ésteres. (2)

Látex: Son usualmente fluidos lechosos consistentes de pequeñas gotas de compuestos orgánicos suspendidos o dispersados en un medio acuoso. (2)

Oleorresina: Son una mezcla de aceites esenciales y terpenos insolubles en agua. (2)

3.7 Métodos de extracción de exudados vegetales

Los ancestrales usos que han tenido los extractos vegetales han motivado el desarrollo de las técnicas necesarias para su extracción. (2, 22)

El fundamento de su extracción se basa en realizar incisiones sobre el tronco del árbol, provocando la secreción natural de los extractos procedente de las células. Las técnicas utilizadas tradicionalmente son compatibles con la vida del árbol y permiten su extracción durante varios años. A continuación se describen las utilizadas en los dos últimos siglos en los que el aprovechamiento se ha

realizado de una forma muy planificada y en un ámbito geográfico muy amplio en nuestro país. (9, 22)

3.7.1 Método primitivo

El método primitivo consistía en realizar incisiones longitudinales lo más amplias y profundas posible en el tronco del árbol, la miera se deslizaba hacia la base del árbol y ahí se recogía en un pequeño hueco que previamente se había excavado en el suelo. Con esta técnica se obtenía un producto de baja calidad, ya que se mezclaba con residuos como arena, acículas o restos de corteza. (Ver figura N° 12) (7, 22)



Figura N° 12. Método primitivo

3.7.2 Sistema Hugues.

A mediados del siglo XIX se introdujo en España el 'Sistema Hugues', un método procedente de Francia que se utilizó hasta mediados del s. XX. (8)

En este método, las incisiones se realizaban desprendiendo finas láminas de madera de forma longitudinal, sin profundizar demasiado en el tronco, con una

herramienta denominada “hacha gubia, rubia o azuela”, consiguiendo así que por los canales resiníferos puestos al descubierto fluyera la miera. Era necesario un descortezado previo del árbol y la miera se recogía en potes de barro. (Ver figura N° 13)



Figura N° 13. Sistema Hugues

3.7.3 Sistema Eurogem o Borehole.

Fue un sistema experimental que consistía en realizar entalladuras circulares con una fresa especial accionada con una herramienta eléctrica con batería y aplicar estimulante químico. Para recoger la miera se coloca una pieza de plástico en forma de embudo que aísla la albura descubierta quedando fija a ella y sobre la que se colocan bolsas de plástico flexible. (Ver figura N° 14)



Figura N° 14. Sistema Eurogem o Borehole

3.7.4 Sistema de pica de corteza con estimulación química.

Desde mediados de los años 50 se fue experimentando con nuevas técnicas para corregir las imperfecciones del sistema Hugues. ⁽¹³⁾

En resumen las ventajas del método pica de corteza (Ver figura N° 15), frente al método Hugues son las siguientes:

- a) Hace compatible el aprovechamiento de extractos con su explotación maderera. ⁽¹³⁾
- b) Logra una productividad más alta para el operario, al ser mayor el espaciamiento entre picas, lo que permitía explotar un mayor número de pinos.
- c) El operario realiza un menor esfuerzo físico al dar las picas, pues no hay que arrancar madera y la altura de las entalladuras es mayor. ⁽¹³⁾



Figura N° 15. Sistema de pica de corteza con estimulación química.

3.8 Métodos instrumentales.

Cuadro N° 1. Métodos generales de análisis químicos.

Método	
Instrumental	Clásico
Espectroscópicos	Gravimetría
Térmicos	Volumetría
Separación	
Electrométricos	

3.8.1 Radiación Electromagnética.

Es la energía que se transmite por el espacio a enormes velocidades, adopta muchas formas (Ejem. Luz, Calor, Rayos, UV, etc.)

La radiación electromagnética es una combinación de campos magnéticos y eléctricos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro, existen métodos de análisis tanto clásicos como instrumentales. ⁽¹⁷⁾

a. Características de la Radicación Electromagnética. ⁽¹⁰⁾

- Longitud de onda.
- Frecuencia.
- Velocidad.
- Amplitud.
- No necesita medio de propagación.
- Comportamiento Dual: Onda y Partícula.

b. La Luz como una onda.

Una onda es una perturbación de alguna propiedad de un medio que se propaga a través del espacio transportando energía, el medio perturbado puede ser de naturaleza diversa como aire, agua, un trozo de metal o el vacío. ⁽¹⁸⁾

La luz de la radiación electromagnética puede ser percibida por el ojo humano, la luz visible señala específicamente la radiación del espectro visible.

c. Los parámetros de las ondas son. ⁽¹⁰⁾

- Amplitud. Valor máximo que adquiere una variable en un fenómeno oscilatorio.
- Velocidad de Propagación. Espacio recorrido por la onda en la unidad de tiempo, la velocidad de propagación varía en función del medio, como es el caso de la onda mecánica.
- Longitud de onda. Distancia entre dos puntos cuyos estados de movimiento es idéntico, como por ejemplo crestas o valles adyacentes.
- Periodo. Es el tiempo empleado por cada partícula en un oscilación completa.
- Frecuencia. Numero de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en una unidad de tiempo.

Para las ondas electromagnéticas la velocidad de propagación en el vacío es constante, se representa por la letra “c” la cual presenta un valor de 30000000000 cm/ seg

Cuando la radiación electromagnética interacciona con átomos y moléculas, ya no aplica la teoría ondulatoria, actúa como partícula, a la que llamamos fotones, por lo tanto la energía del fotón es proporcional a la frecuencia de la radiación electromagnética. ⁽¹⁰⁾

d) Energía.

La energía de los fotones también se relaciona con la longitud de onda de la radiación. Como la velocidad de la luz puede medirse según la ecuación: $C = \lambda \cdot \nu$ entonces, la energía de un fotón puede calcularse a partir de la siguiente ecuación $E = (h \cdot c) / \lambda$ (las unidades de energía pueden ser ergios o Joule. Seg)

3.8.2. Espectroscopia.

Medición e interpretación de fenómenos de absorción, emisión y dispersión de radiación electromagnética que ocurre en átomos, moléculas u otras especies químicas la absorción y emisión están asociadas a los cambios de estado energéticos (Ver figura N ° 16). (19)

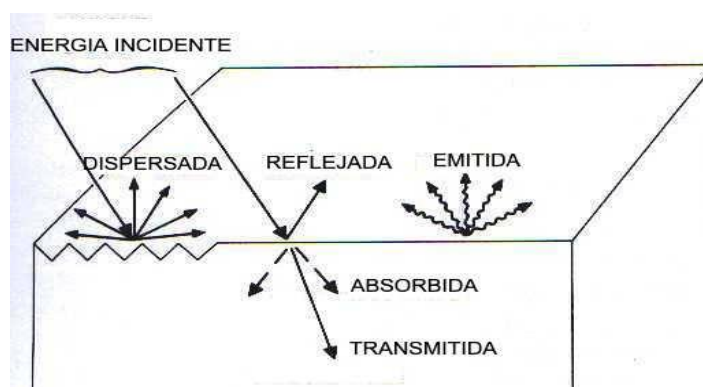


Figura N° 16. Grafico del comportamiento de los fenómenos de absorción, emisión y dispersión.

Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética, del conjunto de ondas electromagnéticas, tratándose de un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro, a la radiación electromagnética que emite o absorbe una sustancia, dicha radiación sirve para identificar la sustancia de manera análoga a una huella dactilar. (17, 18)

Cuanto más larga la longitud de onda de la luz visible tanto más rojo el color. Asimismo las longitudes de onda corta están en la zona violeta del espectro (Ver anexo N° 1).

Espectroscopia ultravioleta visible

UV-Visible. Transiciones electrónicas entre los orbitales atómicos y moleculares. La luz visible es una pequeña región del espectro electromagnético cuyas ondas tienen una longitud que va desde los 780 nanómetros de la luz roja a unos 380 en la violeta. ⁽¹⁷⁾

Esta pequeña región del espectro es la luz que percibe el ojo humano y nos permite ver los objetos. La luz blanca es el conjunto de todas las longitudes de onda del espectro visible en proporciones iguales. Cada longitud de onda corresponde a un color diferente. ⁽¹⁷⁾

a. Luz Visible. El ojo humano percibe estos colores por la radiación electromagnética con longitud de onda entre 400 y 700 nm, siendo estos los originados en el arco iris. ⁽¹⁰⁾

3.9 Radiación Ultravioleta.

Los rayos UV son parte del espectro electromagnético, son aquellos que tienen longitudes de onda que van entre 200-400 nanómetros (nm).

Dentro de los rayos UV se reconocen tres regiones espectrales: UV-A (320-400nm), UV-B (280-320nm), UV-C (200-280nm).

b. La absorción en el Ultravioleta Visible. ⁽¹⁰⁾

En espectroscopia UV-Vis se irradian las moléculas con luz de energía suficiente para provocar transiciones electrónicas, es decir promover un electrón desde un orbital de baja energía a uno vacante de alta energía.

3.9.1 Fundamentos básicos de la Espectroscopía UV-visible.

El principio de la espectroscopia ultravioleta-visible involucra la absorción de radiación ultravioleta-visible por una molécula, causando la promoción de un electrón de un estado basal a un estado excitado. La longitud de onda comprende entre 160 y 780 nm. (17, 18, 19)

La absorción de radiación UV-visible por una especie se da en dos etapas:

- Excitación electrónica
- Relajación.

Puede ser por: (10)

- Emisión de calor
- Reacción fotoquímica
- Emisión de fluorescencia / fosforescencia

Las bandas que aparecen en un espectro UV-visible son anchas, ya que se superponen transiciones vibracionales y electrónicas. La excitación corresponde a los electrones de enlace, por ello los picos de absorción pueden correlacionarse con los tipos de enlaces. Por este motivo la espectroscopia UV-visible es válida para identificar grupos funcionales en una molécula. (25)

Transiciones electrónicas posibles entre los orbitales (Ver anexo N° 2). La radiación UV-Vis produce las transiciones $n \rightarrow \pi^*$ y de $\pi \rightarrow \pi^*$

3.9.2 Equipamiento: Espectrofotómetro Shimadzu uv-1800

- Generalidades

Espectrofotómetro UV-Vis de 1nm de ancho de banda, eficiencia en la lectura, confiabilidad da datos en una unidad compacta con atributos de un equipo de primera línea. Pantalla de cristal líquido con un menú sencillo (ver anexo N° 3).

Rango de longitud de onda de 190-1100 nm con un ancho de banda espectral mejor que 1nm. Puede ser usado de forma independiente o conectado con una PC. Tiene puerto USB (Ver anexo N°7 y N°9). ⁽¹⁰⁾

3.10 Método de espectroscopia infrarroja

3.10.1 Fundamento teórico.

La espectroscopia infrarroja (IR) refiere a la medida de la absorción de diversas frecuencias de la radiación del IR sólidos, líquidos, o gases. Una molécula puede absorber la radiación del IR debido a cambios vibracionales que se producen dando movimientos de estiramiento y de flexión (tijera, oscilatorio, torcer, maneado).

La región infrarroja del espectro electromagnético abarca la radiación con números de onda comprendidos entre 12.800 a 10 cm^{-1} , que corresponden a longitudes de ondas de 0.78 a 1.000 μm . Tanto desde el punto de vista de las aplicaciones como de la instrumentación, es conveniente dividir el espectro infrarrojo en tres regiones denominadas infrarrojo cercano, medio y lejano; las 36 técnicas y aplicaciones de los métodos basados en cada una de las tres regiones del espectro infrarrojo difieren considerablemente. ⁽⁴⁾

La aparición en la última década de equipos de espectroscopia Infrarroja de transformada de Fourier relativamente baratos, ha aumentado notablemente el número y tipo de aplicaciones de la radiación del infrarrojo fundamental. ⁽⁴⁾

La razón de este incremento radica en el aumento de la relación señal/ruido y de los límites de detección, en un orden de magnitud e incluso mayor que puede conseguirse con los instrumentos con interferómetros, los cuales se utilizan en análisis tanto cualitativos como cuantitativos.

También han empezado a parecer aplicaciones de esta región espectral en los estudios microscópicos de superficies, análisis de sólidos mediante reflectancia total atenuada.

Tanto desde el punto de vista de las aplicaciones como de los instrumentos, es conveniente subdividir el espectro infrarrojo en tres regiones denominadas: infrarrojo cercano, medio y lejano.

Hasta la fecha, la gran mayoría de las aplicaciones analíticas se han restringido al uso de una parte de la región del infrarrojo medio comprendida entre los 4000 y los 400 cm^{-1} (de 2.5 a $25\text{ }\mu\text{m}$). Sin embargo en la literatura analítica actual se van encontrando un número creciente de aplicaciones de la espectroscopia infrarroja cercana y lejana. (17, 18, 25)

La espectroscopia infrarroja tiene una gran aplicación en el análisis cualitativo y cuantitativo. Su principal utilización ha sido la identificación de compuestos orgánicos, que por lo general presentan espectros complejos en el infrarrojo medio con numerosos máximos y mínimos que resultan útiles al efectuar comparaciones.

En muchos casos, el espectro infrarrojo medio de un compuesto orgánico proporciona una huella única, con unas características que se distinguen fácilmente de los modelos de absorción de otros compuestos; sólo los isómeros ópticos absorben exactamente de la misma forma. (25)

Para que una molécula absorba radiación infrarroja debe experimentar un cambio neto en el momento dipolar como consecuencia de su movimiento vibratorio o rotatorio, pudiendo así actuar recíprocamente, el campo alternativo de la radiación, con la molécula, y causar cambios en su movimiento.

Cuando la frecuencia de la radiación iguala a la frecuencia de una vibración o rotación natural de la molécula, ocurre una transferencia de energía que da como resultado un cambio en la amplitud de la vibración molecular y por tanto absorción de la radiación. El análisis por espectroscopia de absorción infrarroja se aplica principalmente en el campo de la elucidación de estructuras y en la determinación de las fuerzas de enlace, así como en los controles de calidad e identidad y para seguir procesos de reacción. Además de su aplicación como herramienta para el análisis cualitativo, las medidas en el infrarrojo también están encontrando un uso cada vez mayor en el análisis cuantitativo. (19)

En este caso, su elevada selectividad a menudo hace posible la cuantificación de una sustancia en una mezcla compleja, no siendo necesario una separación previa. El principal campo de aplicación de este tipo de análisis se halla en la cuantificación de contaminantes atmosféricos que provienen de procesos industriales.

Otra utilización importante de la espectroscopia de absorción en el infrarrojo es como sistema de detección en cromatografía de gases, donde su potencial para la identificación de compuestos se combina con la notable capacidad de separación de los componentes de mezclas complejas que presentan la cromatografía de gases.

Análisis cualitativo. Para la identificación de los compuestos orgánicos es muy generalizado y común el uso de espectroscopia infrarroja mediano por los químicos analistas.

La aparición de este tipo de instrumentos revoluciono la manera en que los químicos identifican muestras. En el análisis cualitativo con un instrumento de espectroscopia es un proceso que consta de dos etapas.

La primera etapa implica la determinación de los grupos funcionales y la segunda etapa consiste en la comparación detallada del espectro del compuesto desconocido con los espectros de compuestos puros que contienen todos los grupos funcionales que encontrados en la primera etapa. (4)

En este caso es particularmente útil la región de la huella dactilar, comprendida entre $1,200\text{cm}^{-1} - 600\text{cm}^{-1}$, en esta región en donde los compuestos orgánicos presentan sus picos característicos.

Aplicaciones cualitativas

El centro de frecuencias y la intensidad relativa de las bandas de absorción pueden ser utilizadas para identificar grupos funcionales específicos presentes en una sustancia desconocida. Una sustancia además puede ser identificada comparando su espectro en el IR-Medio con un juego de espectros patrones y determinar cuál es el que presenta mayor coincidencia. (10)

3.10.2 Equipamiento: espectrofotómetro infrarrojo iraffinity-1

- Generalidades (10)

El Shimadzu IRAffinity-1, instrumento de espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier. Se diseña para la alta sensibilidad y los usos versátiles del IR en farmacia, industria, el ambiente, la investigación y la educación (ver anexo N°11).

La sensibilidad de este sistema es alta. La razón de la relación señal/ruido, una medida para la calidad de un instrumento de FTIR, es 30000:1. Por ejemplo, con una resolución de hasta 0.5cm^{-1} , el área de aplicación de FTIR se puede ampliar a la interpretación de las estructuras finas rotatorias de gases.

Los procesos patentados para la optimización del interferómetro, tal como ADA (alineación dinámica avanzada) y FJS aseguran la operación estable y reproductiva del instrumento. Esta es la razón por la cual el IRAffinity-1 requiere solamente tiempos cortos del calentamiento.

El interferómetro es protegido contra humedad por la óptica sellada, el sistema de sequía automático y la capa protectora de humedad en el divisor de viga higroscópico.

El IRAffinity-1 se sitúa en una pequeña huella de espacio. No obstante, hay bastante sitio para un compartimiento de la muestra estándar que pueda incorporar los accesorios numerosos y, de esta manera, ofrezca a usuarios la flexibilidad posible más grande para muchos diversos usos. ⁽¹⁰⁾

Cuando un accesorio está instalado en el IRAffinity-1, el software de IR Solution indica con el número de identificación correspondiente que el tipo se despliega y sugiere un sistema conveniente del parámetro. El instrumento de FTIR es controlado vía PC por una conexión del USB (ver anexo N° 12).

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0. DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de Estudio.

El estudio a realizar es de tipo prospectivo, experimental y transversal.

- **Estudio Prospectivo** debido que se dejará un antecedente bibliográfico, el cual podrá utilizarse como insumo en futuras investigaciones.
- **Experimental** se realizó una investigación teórica y práctica de los exudados de cinco especies de árboles, y porque se efectuaron ensayos en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la universidad de El salvador.
- **Estudio transversal** la investigación se realizó en un periodo de tiempo el cual es de agosto a octubre de 2016.

4.2 Investigación Bibliográfica.

La investigación se realizó en las siguientes bibliotecas:

- Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Central de la Universidad de El Salvador
- Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas
- Universidad Alberto Masferrer.
- Jardín Botánico La Laguna.
- Internet

4.2 Investigación de Campo.

4.2.1 Universo:

Las especies vegetales que se encuentran en el Campus de la Universidad de El Salvador.

4.2.2 Muestra:

Muestra: Dirigido a los exudados clasificados de la siguiente manera: 8 de *Eucalyptus globulus* Labill, 9 de *Araucaria heterophylla*, 10 de *Corymbia citriodora* Hook, 6 de *Mangifera indica* L y 1 de *Hymenaea courbaril* L.

Para realizar una correcta identificación botánica de las especies seleccionadas, se recolectaron las muestras del Campus Central de la Universidad de El Salvador, las cuales se trasladaron hacia el Jardín Botánico La Laguna (ubicado en la Urbanización La Laguna, Antiguo Cuscatlán, La Libertad), en la cual se llevó a cabo la identificación por parte de los expertos, obteniéndose sus nombres científicos. (Ver anexo N°4)

4.2.3 Recolección de las muestras de exudados:

Las exudados se recolectaron directamente de los troncos de las especies seleccionadas, realizando una incisión en la corteza de árbol a una altura de 100 cm a partir de la base del tronco con un instrumento corto-punzante, se colocó un recipiente de metal, sujetado en el tronco del árbol a través de una franja de tela para recolectar las muestras, las cuales se mantuvieron por un tiempo aproximado de 2 días, luego se verificó que las muestras no tuviesen restos de insectos, corteza o algún otro tipo de suciedad, estas fueron removidas adecuadamente, luego las muestras se colocaron en un frasco de vidrio color ámbar de capacidad de 100 mL, con tapa de color blanco, se colocó su respectiva etiqueta a cada frasco con la información siguiente: fecha, Lugar, hora, nombre del colector y número de codificación de muestra; Luego se trasladaron al laboratorio Físicoquímico de aguas de la Facultad de Química y Farmacia, donde se almacenaron a temperatura ambiente de 22°C, para posteriormente realizar los análisis. (Ver anexo N°3 y N°5)

4.3 Parte experimental.

4.3.1 Caracterización Organoléptica.

Se determinaron las características organolépticas de los exudados: color, olor a través de bibliografía constatada en libros y trabajos de investigación comparándola con una inspección visual.

4.3.2 Pruebas de solubilidad.

Todos los ensayos de solubilidad se llevaron a cabo a temperatura ambiente (22°C) y en tubos suficientemente grandes para lograr observar su solubilidad en dos solventes polares, tres de mediana polaridad y cinco no polares. (20)

Cuadro N° 2. Solventes orgánicos para pruebas de solubilidad.

Solventes polares	Solvente de mediana polaridad	Solvente no polar
Acetona	Éter etílico	Benceno
Alcohol etílico 90°	Cloroformo	n-hexano
-----	Dicloro-metano	Tetracloruro de carbono
-----	-----	Tolueno
-----	-----	Éter de petróleo

Procedimiento para solubilidades

1. Identificar 10 tubos de ensayo según cuadro N° 3.
2. Pesar en un vidrio de reloj limpio y seco 1.0 gramo de cada exudado.
3. Colocar 1.0 gramo en el tubo N° 1 previamente identificado.
4. Pesar en un beaker limpio y seco 0.9 gramos de solvente.
5. Incorporar el solvente al gramo de exudado.
6. Tapar el tubo de ensayo.
7. Agitar en el ultrasonido por 10 minutos.

8. Ver solubilidad, si el resultado es muy soluble documentar, si el resultado es negativo en muy soluble proseguir agregando más solvente.
 9. Pesar 9.1 gramos de solvente e incorporar este solvente en el tubo N°1.
 10. Tapar el tubo de ensayo y agitar en el ultrasonido por 10 min.
 11. Ver solubilidad, si el resultado es Fácilmente soluble documentar, si el resultado no es fácilmente soluble agregar más solvente.
 12. Pesar 20.0 gramos de solvente e incorporar en el tubo N° 1.
 13. Tapar el tubo de ensayo y agitar en ultrasonido por 10 min.
 14. Ver solubilidad. Si el resultado es Soluble documentar, si el resultado es no soluble proseguir agregando más solvente.
 15. Si el resultado es “n” soluble proseguir agregando más solvente según cuadro N° 4.
- * Seguir el mismo procedimiento para los demás solventes a utilizar, Acetona, etanol, benceno, n-hexano, tetracloruro de carbono, tolueno, éter de petróleo, éter etílico, cloroformo, Dicloro-metano.

Cuadro N° 3. Identificación de tubos de ensayo para pruebas de solubilidad con diferentes solventes.

Identificación de tubos	Solvente	Identificación	Solvente
1	Acetona	6	Tolueno
2	Alcohol etílico	7	Éter de petróleo
3	Benceno	8	Éter etílico
4	n-hexano	9	Cloroformo
5	Tetracloruro de Carbono	10	Dicloro metano

Cuadro N°4. Ensayos de solubilidad con diferentes solventes.

Descripción	N° de ensayo.	Gramos de muestra	Descripción de solubilidad	Gramos de disolvente
Solvente x	1	1.0	Muy soluble	0.9
			Fácilmente soluble	9.1
			Soluble	20.0
			Moderadamente soluble	50.0
			Poco soluble	125.0

4.3.3 Tratamiento de las muestras para Ultravioleta Visible. (Ver anexo N°6)

- Tratamiento de las muestras *Corymbia citriodora* Hook y *Eucalyptus globulus* Labill para su lectura en el equipo SHIMADZU UV-1800.
1. Pesar en un beaker de 30 mL 0.0125 gramos de muestra en balanza analítica.
 2. Agregar 20 mL de Alcohol etílico 90° y agitar en ultrasonido por 10 min.
 3. Filtrar la solución obtenida con papel filtro poro grueso y recibir en balon volumétrico de 50.0 mL.
 4. Llevar a volumen con alcohol etílico el balon volumétrico de 50.0 mL y homogenizar la solución.
 5. Tomar una alícuota de 1.0 mL con una micropipeta volumétrica y transferir en balon de 25.0 mL.

6. Llevar a volumen con alcohol etílico 90° y homogenizar la solución para obtener una concentración de 0.01 µg/mL.
7. Proceder a la lectura en el rango de 200-800 nm en Espectrofotómetro SHIMADZU UV-1800

- Tratamiento de las muestras *Araucaria Excelsa* y *Hymenaea courbaril L.*, para su lectura en el equipo SHIMADZU UV-1800.

1. Pesar en un beaker de 30 mL 0.0125 gramos de muestra en balanza analítica
2. Agregar 20 mL de Alcohol etílico al 90° y agitar en ultrasonido por 10 min.
3. Filtrar la solución obtenida con papel filtro poro grueso y recibir en balon volumétrico de 50.0 mL.
4. Llevar a volumen con alcohol etílico el balon volumétrico de 50.0 mL y homogenizar la solución.
5. Tomar una alícuota de 2.0 mL con una micropipeta volumétrica y transferir en balon de 10.0 mL.
6. Llevar a volumen con alcohol etílico 90° y homogenizar la solución para obtener una concentración de 0.05 µ/mL.
7. Proceder a la lectura en el rango de 200-800 nm en Espectrofotómetro SHIMADZU UV-1800

- Tratamiento de la muestra *Mangifera indica L.* para su lectura en el equipo SHIMADZU UV-1800.

1. Pesar en un beaker de 30 mL 0.0200 gramos de muestra en balanza analítica.

2. Agregar 20 mL de Alcohol etílico al 90° y agitar en ultrasonido por 10 min.
3. Filtrar la solución obtenida con papel filtro poro grueso y recibir en balon volumétrico de 50.0 mL.
4. Llevar a volumen con alcohol etílico al 90° el balon volumétrico de 50.0 mL y homogenizar la solución.
5. Tomar una alícuota de 2.0 mL con una micropipeta volumétrica y transferir en balon de 10.0 mL.
6. Llevar a volumen con alcohol etílico al 90° y homogenizar la solución para obtener una concentración de 0.08 μ /mL.
7. Proceder a la lectura en el rango de 200-800 nm en Espectrofotómetro SHIMADZU UV-1800.

4.3.3.1 Operación del Equipo. (Ver anexo N° 8 y N° 9)

Espectrofotómetro SHIMADZU UV-1800 ⁽¹⁰⁾

1. Encender UPS.
2. Encender Espectrofotómetro UV Visible UV-1800 Shimadzu.
3. Encender CPU.
4. Conectar el equipo UV-Visible a la computadora:
 - a) Presionar “**f4**” para generar el enlace del espectrofotómetro a la PC.
 - b) En la pantalla de inicio del programa UV-Probe presionar la función de trabajo espectro y luego el comando Connect de la barra inferior del programa, esto acepta el enlace del UV con el PC.

Lectura de blanco: Colocar los blancos en las celdas de cuarzo y seguidamente al compartimiento del equipo. Seleccionar el rango de longitud de onda (200-800 nm) y “**dar click**” en Baseline, para correr la línea base del espectro electromagnético. Quitar una de las celdas con blancos del compartimiento (La que está más cerca del analista)

Lectura de muestra: colocar la muestra a analizar en la celda de cuarzo y seguidamente al compartimiento. “**Dar click**” en Star para que se produzca el espectro requerido. Aparecerá en la pantalla el espectro de la muestra.

Impresión del espectro obtenido:

1. Generar vista previa.
2. Seleccionar plantilla.
3. Click en imprimir

4.3.4 Tratamiento de las muestras para Infrarrojo. (Ver anexo N° 10)

Método de "Thin Film sólido" ⁽²⁴⁾

1. Colocar una celda de potasio en la mesa de trabajo y limpiarla con una pequeña cantidad de acetona, la celda debe ser transparente.
2. Colocar alrededor de 100 mg de la muestra en un vaso de precipitado, frasco o tubo de ensayo.
3. Agregar 20 - 30 gotas de acetona para disolver la muestra.
4. Colocar una gota de esta solución en celda de trabajo (Celda de bromuro de plata). Permitir que el disolvente se seque; se observará una película sólida delgada en la celda. Si no se forma, añadir otra gota de la solución y dejar que se seque.

5. Colocar la placa en el soporte de muestras en forma de V en el interior del instrumento, Obtener el espectro de IR.
 - Si los picos son de muy baja intensidad, retire la celda, añadir más de la muestra, dejar que el solvente se seque y volver a ejecutar el FTIR.
 - Si los picos son de una intensidad muy alta, se retira la placa y se limpia. Diluir la solución de muestra con acetona y repetir el proceso anterior. Una vez que se haya obtenido su espectro, se limpian las placas de sal de nuevo con acetona y se devuelven al desecador.

4.3.4.1 Operación del Equipo Espectrofotómetro infrarrojo. (Ver anexo N° 12)

Procedimiento utilizando Espectrofotómetro infrarrojo con transformada de Fourier Shimadzu iraffinity-1 ⁽¹⁰⁾

1. Encender el equipo presionando el botón negro ubicado en el lado inferior derecho.
2. Encender la computadora y dejar que cargue Windows automáticamente.
3. Ingresar al programa IR Solution y aparecerá la pantalla principal.
4. Conectar el programa con el equipo seleccionando el comando Measurement –inicializar.
5. Aparecerá en pantalla una ventana donde se pregunta si se desea remover el último espectro correspondiente al blanco (aire). Seleccionar que SI, para leer el blanco.

Lectura de blanco: Nombrar el blanco y seleccionar el comando BKG, aparece una ventana que nos indica que se prepare el compartimiento (verificar que éste se encuentre vacío) y dar click en aceptar. En pantalla se observa el espectro del aire.

Lectura de muestra: Colocar la muestra en el compartimiento para muestra, nombrarla y seleccionar el comando Sample.

Aparecerá en pantalla el espectro de la muestra.

Impresión del espectro obtenido:

1. Generar una vista previa
2. Seleccionar plantilla
3. Dar click en imprimir

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Con respecto a la identificación botánica de las 5 especies seleccionadas *Corymbia citriodora* Hook, *Eucalyptus globulus* Labill, *Araucaria heterophylla*, *Mangifera indica* L., *Hymenaea courbaril* L.

Se llevó a cabo una investigación previa para determinar las posibles especies que se encontraban a disposición en el Campus Central de la Universidad de el Salvador. Se realizó la recolección de muestras representativa de árboles (Ramas, hojas frutos) las cuales se sometieron a un proceso de secado de quince días a temperatura ambiente, luego se realizó un herbario colocando la muestra vegetal en papel cartulina con dimensiones de 60 cm de alto y 40 cm de ancho donde se presionó la muestra para que no se desprendiera. (Ver anexo N° 3 y N° 4)

Para solicitar la confirmación del nombre científico las muestras fueron trasladadas a las instalaciones de la Asociación Jardín Botánico La Laguna, este procedimiento se realizó en dos ocasiones, en la primera los expertos del lugar utilizaron material de referencia e información bibliográfica para su identificación y los resultados fueron: muestra de *Hymenaea courbaril* L., muestras de *Araucaria heterophylla*, muestras de *Eucalyptus globulus* Labill y una muestra de *Eucalyptus* sp. (Ver figura N° 17 y N° 18).

En la segunda etapa se llevaron otras muestras las fueron identificadas por los expertos como *Mangifera indica* y *Corymbia citriodora* Hook, utilizando el material de referencia que se encuentra en el herbario del Jardín Botánico



Asociación Jardín Botánico La Laguna

Antiguo Cuscatlán, 24 de junio de 2016

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
 Docente Asesor
 Facultad de Química y Farmacia
 Depto. Análisis Químico Instrumental
 Universidad de El Salvador
 Presente.

Aprovecho la oportunidad para saludarlo y desearle muchos éxitos al frente de las actividades que realiza dentro y fuera de su área de trabajo.

Hago de su conocimiento que el día 22 de Junio del presente año, se hicieron presentes a las instalaciones del herbario LAGU, los estudiantes universitarios, Br. Carlos Isidro Campos y William Trinidad Salmerón Martínez, con muestras botánicas, quienes explicaron la necesidad de identificación de estas, para realizar su trabajo de tesis de grado, por tanto los resultados obtenidos, utilizando la literatura correspondiente para tal fin y observación de imágenes tipo para la certera clasificación, son los siguientes.

ESPECIE	FAMILIA	# DE MUESTRAS
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	1
<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco	Araucariaceae	9
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Myrtaceae	8
<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae	1

En tal sentido, se extiende la presente nota, para que los interesados hagan buen uso y para lo que se estime conveniente dentro de su trabajo de grado.

Atte.




Dagoberto Rodríguez Delcid
 Lic. en Biología
 Curador de Herbario



Urbanización Industrial Plan de La Laguna, Antiguo Cuscatlán La Libertad, Tel.(503) 2243 – 7970 / 2243 – 7968
 Email: jardinbotanico@jardinbotanico.org.sv Sitio Web: www.jardinbotanico.org.sv

Figura N° 17. Certificación de género y especie de muestras recolectadas.



Asociación Jardín Botánico La Laguna

Antiguo Cuscatlán, 4 de Octubre de 2016

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
 Docente Asesor
 Facultad de Química y Farmacia
 Depto. Análisis Químico Instrumental
 Universidad de El Salvador
 Presente.

Por medio del presente deseo saludarlo y desearle éxito dentro del contexto de las actividades que realiza al frente de tan importante institución nacional.

El día de hoy, en horas de la mañana manifiesto que ha asistido a nuestra institución el estudiante Carlos Isidro Campos con carnet SC11030, con muestras botánicas secas, para el encuentro de los respectivos nombres científicos y familias a las cuales pertenecen.

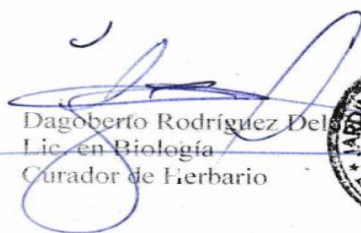
Encontrándose a: *Mangifera indica* L. (ANACARDIACEAE) y *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson (MYRTACEAE).

Comentarle que se utilizó la respectiva literatura especializada tal fin, utilizando:


Berendsohn, W.G., A. K. Gruber & J. A. Monterrosa Salomón. 2012. Nova Silva Cuscatlanica. Árboles nativos e introducidos de El Salvador. Parte 2: Angiospermae – Familias M a P y Pteridophyta. *Englera* 29(2): 1–300.

Ritter, M. 2014. A Field Guide to the cultivated Eucalypts (Myrtaceae) and how to identify them. *Annals of Missouri Botanical Garden*. 99:4. Pag. 642-687.

Atte.



Dagoberto Rodríguez Delgado
 Lic. en Biología
 Curador de Herbario



Urbanización Industrial Plan de La Laguna, Antiguo Cuscatlán La Libertad, Tel.(503) 2243 – 7970 / 2243 – 7968
 Email: jardinbotanico@jardinbotanico.org.sv Sitio Web: www.jardinbotanico.org.sv

Figura N° 18. Certificación de género y especie de muestras recolectadas.

5.2 En cuanto recolección de los exudados de árboles de las especies *Corymbia citriodora* Hook, *Eucalyptus globulus* Labill, *Araucaria heterophylla*, *Mangifera indica* L., *Hymenaea courbaril* L., esta se llevó a cabo en la Universidad de El Salvador, a través de una pequeña incisión en el tronco del árbol realizando una pequeña incisión a una altura de 100 cm a partir de la base del tronco, se extrajeron 8 muestras de *Eucalyptus globulus* Labill, 9 de *Araucaria heterophylla*, 10 de *Corymbia citriodora* Hook, 6 de *Mangifera indica* L. y 1 de *Hymenaea courbaril* L.; las cuales se les asignó un número de codificación y demás datos que se detallan en la etiqueta de identificación.

La recolección de muestra de exudados para el análisis posterior requiere de una cantidad necesaria para las pruebas, además este exudado debe estar libre de materiales que interfieran razón de ello se verificó que el exudado no tuviese restos de insectos, ni suciedades las cuales fueron removidas.

Cuadro N°5. Etiqueta de identificación.

Especie: <i>Corymbia citriodora</i> Hook Familia: Myrtaceae	
Nombre del colector:	_____
Lugar:	_____
Fecha:	_____
Hora:	_____
Cantidad de muestra:	_____
Numero de codificación:	_____

Para obtener la caracterización organoléptica (color, olor y apariencia) se realizó una revisión en libros y trabajos de investigación para obtener la información teórica y luego se realizó la comparación visualizada de cada exudado obteniendo los siguientes resultados (Ver cuadro N° 6)

Cuadro N°6. Características organolépticas de los exudados vegetales.

Especie	Caracterización teórica	Caracterización visualizada
<i>Eucalyptus globulus Labill</i>	El árbol a través de su corteza exuda una resina de consistencia sólida pero fácilmente quebradiza al estar expuesta a la luz solar, color ámbar característico (rojizo) y de olor característico a Eucalipto.	Masa sólida de color ámbar, al exponerse al aire se vuelve quebradiza, olor a Eucalipto.
<i>Corymbia citriodora Hook</i>	Tiene un color rojizo y cuando se seca al sol se vuelve quebradizo, olor característico a Eucalipto.	Sólido de color ámbar oscuro, se vuelve quebradizo al contacto con el aire, olor a Eucalipto.
<i>Araucaria heterophylla</i>	Posee un exudado color ámbar, de consistencia sólida pero quebradiza, tiene un olor parecido al de la colofonia. Es una sustancia sólida de consistencia pastosa que al contacto con el aire es capaz de solidificarse.	Semisólido de color ámbar, al contacto con el aire se solidifica, olor característico un poco irritante.
<i>Hymenaea courbaril L.</i>	Es seca blanquecina, transparente brillante, de sabor parecido a la trementina y de olor agradable cuando se quema.	Masa sólida casi transparente de color ámbar claro, olor un poco agradable.
<i>Mangifera indica L.</i>	Corteza café oscura internamente café amarillenta, exudando una resina rosácea.	Sólido de color ámbar oscuro, se endurece al contacto con la luz y el aire, se vuelve quebradiza y presenta olor característico.

Las características organolépticas (Color, olor y apariencia) al comparar la investigación teórica con la visualizada se puede observar que existen marcadas similitudes.

5.3 En cuanto a los ensayos de solubilidad se realizaron a temperatura ambiente en el Laboratorio Físico Químico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia.

Los resultados obtenidos en los diferentes exudados se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro N°7. Ensayos de solubilidad de muestras *Eucalyptus globulus Labill*

Solvente	<1	1-10	10-30	30-100	100-1000	>10000
Etanol 90°			√			
Acetona			√			
Benceno					√	
Cloroformo				√		
Diclorometano					√	
n-hexano					√	
Tetracloruro de carbono					√	
Éter etílico				√		
Éter de petróleo						√
Tolueno					√	

Términos: Muy soluble (<1); Fácilmente soluble (1-10); Soluble (10-30); Moderadamente soluble (30-100); Poco soluble (100-1000); Insoluble (>10000)

Cuadro N°8. Ensayos de solubilidad de muestras *Corymbia citriodora* Hook.

Solvente	<1	1-10	10-30	30-100	100-1000	>10000
Etanol 90°			√			
Acetona			√			
Benceno					√	
Cloroformo				√		
Diclorometano					√	
n-hexano					√	
Tetracloruro de carbono					√	
Éter etílico				√		
Éter de petróleo						√
Tolueno					√	

Cuadro N°9. Ensayos de solubilidad de las muestras de *Araucaria heterophylla*

Solvente	<1	1-10	10-30	30-100	100-1000	>10000
Etanol 90°		√				
Acetona		√				
Benceno					√	
Cloroformo			√			
Diclorometano					√	
n-hexano					√	
Tetracloruro de carbono					√	
Éter etílico				√		
Éter de petróleo						√
Tolueno					√	

Cuadro N°10. Ensayo de solubilidad de las muestras de *Hymenaea courbaril L.*

Solvente	<1	1-10	10-30	30-100	100-1000	>10000
Etanol 90°			√			
Acetona			√			
Benceno					√	
Cloroformo			√			
Diclorometano					√	
n-hexano					√	
Tetracloruro de carbono					√	
Éter etílico					√	
Éter de petróleo						√
Tolueno					√	

Cuadro N°11. Ensayos de solubilidad de las muestras de *Mangifera indica L.*

Solvente	<1	1-10	10-30	30-100	100-1000	>10000
Etanol 90°		√				
Acetona		√				
Benceno			√			
Cloroformo			√			
Diclorometano			√			
n-hexano			√			
Tetracloruro de carbono			√			
Éter etílico		√				
Éter de petróleo					√	
Tolueno				√		

Las solubilidades se basan de acuerdo a las especificaciones de solubilidad de la USP 30 (Ver cuadro N°12)

Cuadro N°12. Descripción de solubilidad según la USP 30. (20)

Termino descriptivo	Partes del disolvente requeridas para una parte de soluto.
Muy soluble	Menos de 1
Fácilmente soluble	De 1 a 10
Soluble	De 10 a 30
Moderadamente soluble	De 30 a 100
Poco soluble	De 100 a 1000
Muy poco soluble	De 1000 a 10 000
Prácticamente insoluble o insoluble	10 000 o más

De acuerdo a los resultados obtenidos se encuentra que la mayoría de las muestras de los exudados vegetales son solubles en Etanol 90° y en acetona. En cuanto al exudado de *Eucalyptus globulus* Labill; *Hymenaea courbaril* L. y *Corymbia citriodora* Hook mostraron una solubilidad similar en los solventes acetona y alcohol 90° en el término de soluble (De 10 a 30 según la USP).

Los exudados de *Araucaria heterophylla* y *Mangifera indica* L. mostraron una solubilidad mayor en acetona y alcohol 90° en el término fácilmente soluble (De 1 a 10 según la USP). En cada una de las pruebas que se realizó se observó que en el alcohol 90° los exudados mostraron una mejor tendencia en su solubilidad que en los demás solventes, razón de ello este fue el solvente que se utilizó para realizar las diferentes diluciones para análisis en el Espectrofotómetro Ultravioleta Visible.

5.4 Con respecto al análisis por espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier de las muestras, se llevó a cabo el procedimiento descrito en la parte experimental, recolectando la información en la región IR intermedia comprendida desde los 4000 a los 500 cm^{-1} . (17, 18, 19)

Al realizar la toma de muestras, estas fueron transportadas al Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia para ser analizadas en el Espectrofotómetro Infrarrojo de Transformada de Fourier con unidad de Reflectancia Total Atenuada, se llevaron a cabo los 34 análisis indicados en la metodología, obteniéndose un espectro por cada muestra, una vez obtenidos los espectros Infrarrojo por cada especie de árboles se realizó un acoplamiento de espectros, encontrándose en dicho acoplamiento similar transmitancia obtenida, y similitudes en los picos obtenidos, por lo cual se realizó el análisis de un solo espectro que representara a cada especie.

Con la interpretación de los espectros obtenidos en la región del infrarrojo 4000-500 cm^{-1} . Se utilizaron tablas de correlación contenidas en libros de Química Orgánica que muestran las diferentes bandas de absorción infrarroja.

De todas las propiedades de un compuesto orgánico, el espectro infrarrojo es quién da más información acerca de la estructura molecular. Una molécula vibra constantemente; sus enlaces se alargan (y contraen) y se combinan recíprocamente. La absorción de la luz infrarroja produce cambios en las vibraciones de una molécula; la luz que se encuentra más allá del rojo del espectro visible. (12, 25)

El espectro infrarrojo ayuda a conocer la estructura de un compuesto nuevo e informar de los grupos que se encuentran en una molécula, o que no se encuentran en ella. Un grupo de átomos determinado da origen a bandas de absorción características, es decir, un grupo específico absorbe luz de frecuencias determinadas, que son prácticamente las mismas de un compuesto

a otro. Así por ejemplo, el grupo de alcoholes “-OH” absorbe fuertemente a $3200-3600\text{ cm}^{-1}$; el grupo cetónicos $\text{C}=\text{O}$ a 1710 cm^{-1} ; el grupo nitrilo $-\text{C}\equiv\text{N}$ a 2250 cm^{-1} ; el grupo metilo $-\text{CH}_3$ a 1450 cm^{-1} y 1375 cm^{-1} . (Ver anexo N°13)

La interpretación de un espectro infrarrojo no es sencilla: en ciertas bandas pueden estar enmascaradas por el solapamiento de otras. Pueden aparecer sobre tonos (armónicos) a frecuencias exactamente el doble que la banda fundamental. (12)

La banda de absorción de un grupo en particular puede desplazarse por varias características estructurales como conjugación, atracción de electrones por un sustituyente vecino, tensión angular, y pueden confundirse con una banda de un grupo totalmente diferente. (12)

Para lograr interpretar cada uno de los espectros Infrarrojo obtenidos, el registro fue separado en las dos partes que constituye un espectro IR los cuales son la huella dactilar que es única para cada compuesto y que es una de las regiones más difícil de interpretar y la región de diagnóstico donde se muestran los diferentes grupos funciones para su identificación, la separación se realiza a partir de 1500 cm^{-1} (Ver Figura N°19)

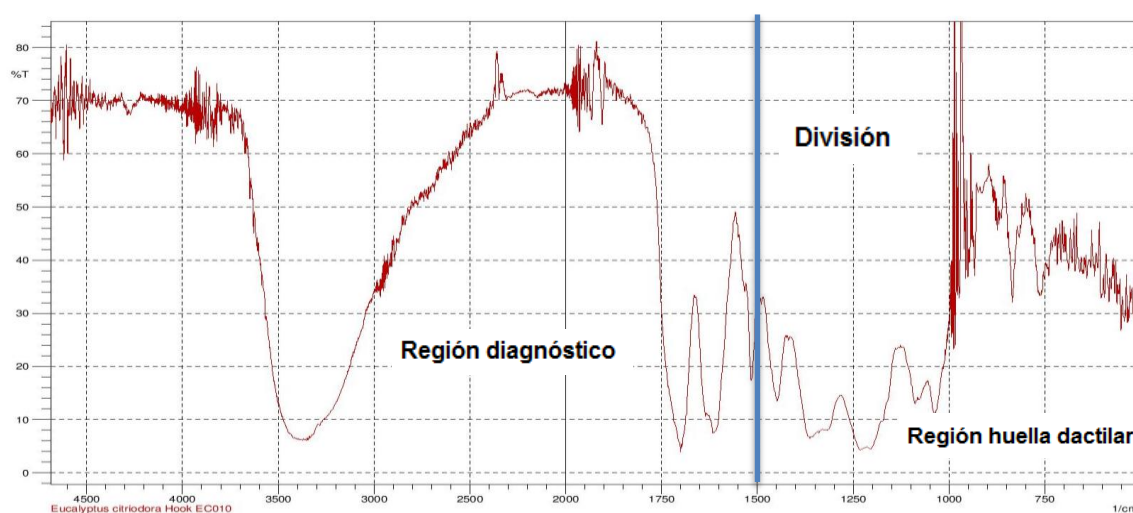


Figura N°19. División del espectro IR en sus dos regiones.

5.4.1. Analisis de *Eucalyptus globulus* Labill.

A continuación se presentan los 8 espectros IR obtenidos de estos exudados.

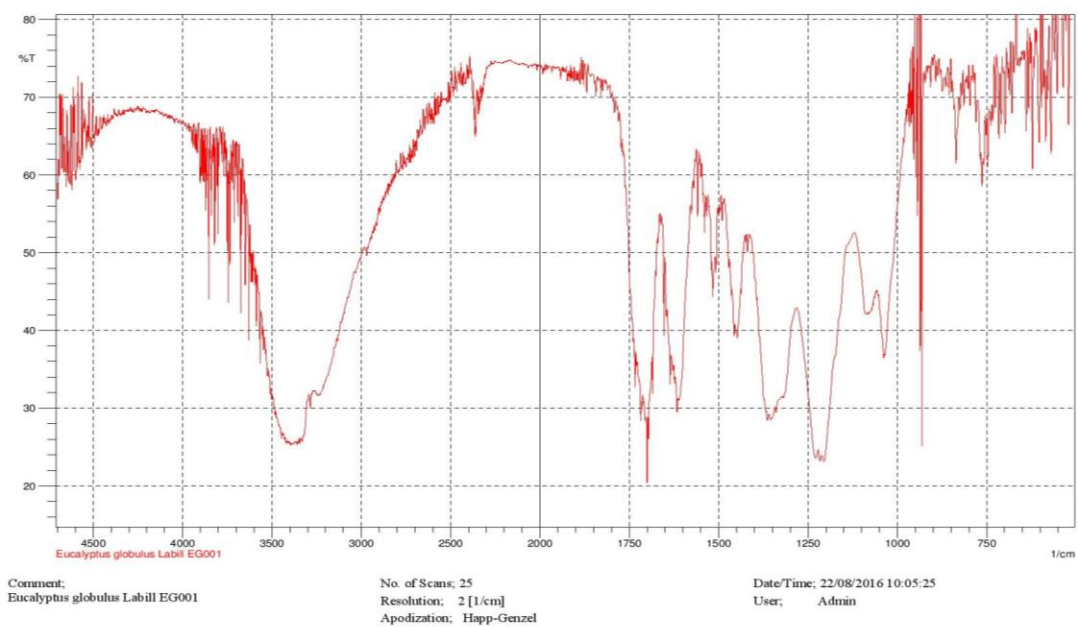


Figura N°20 .Espectro infrarrojo *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG001

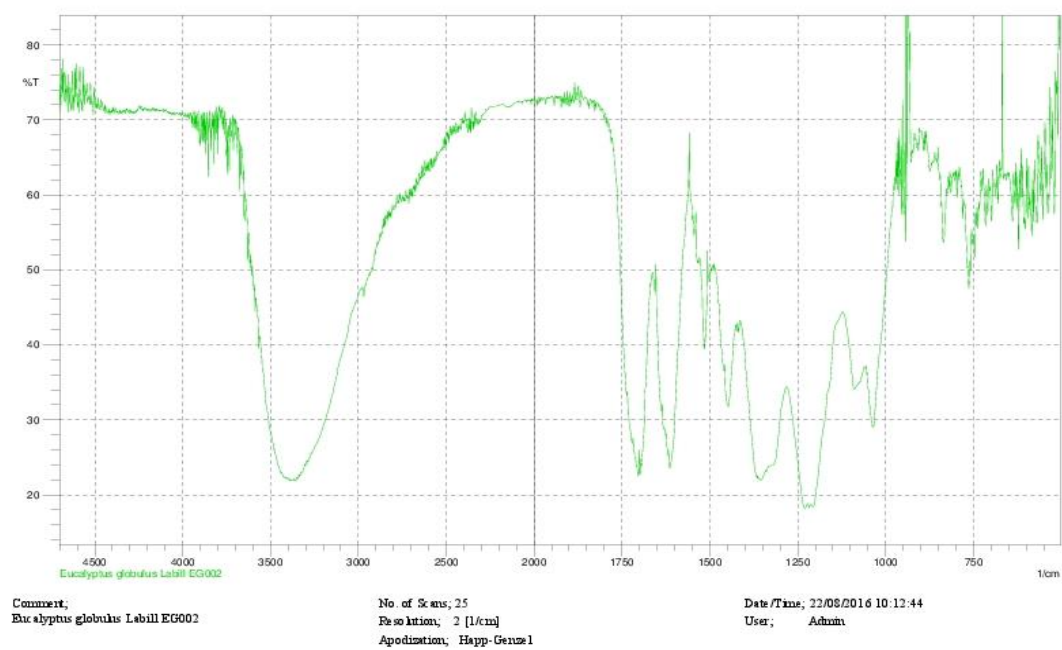
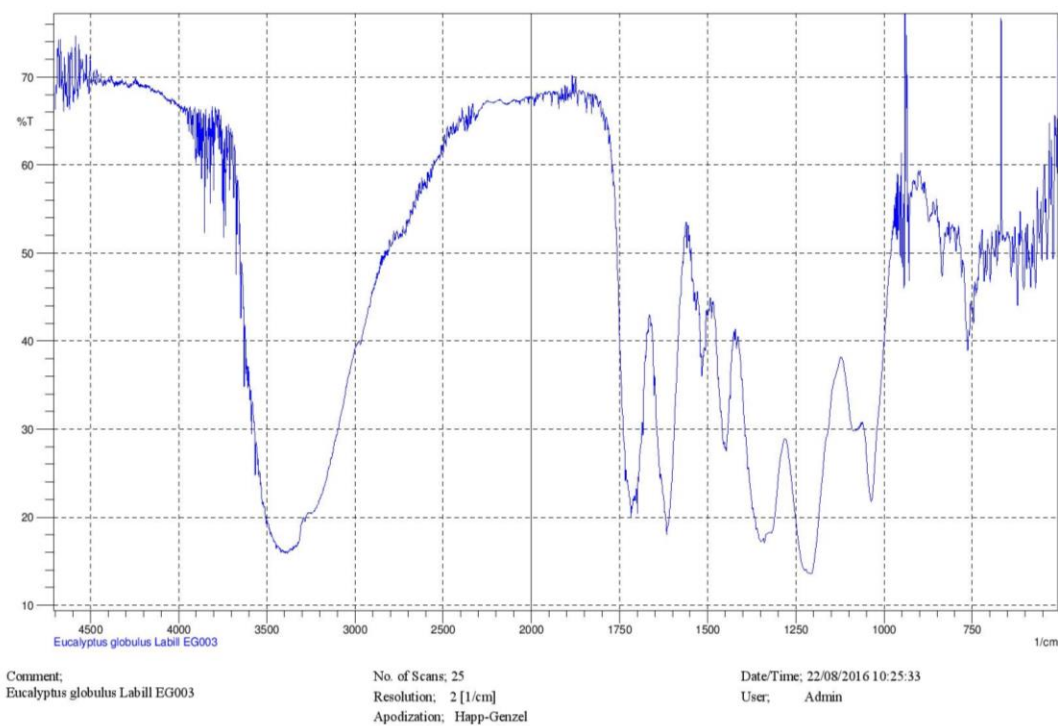
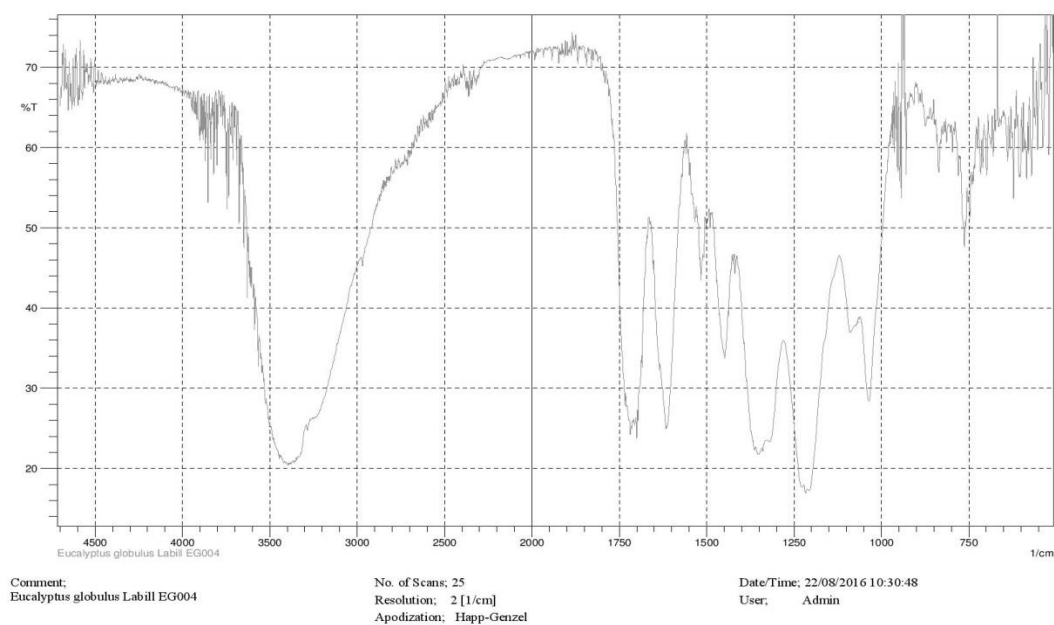


Figura N°21. Espectro infrarrojo *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG002

Figura N°22. Espectro infrarrojo *Eucalyptus globulus Labill* Código: EG003Figura N°23. Espectro infrarrojo *Eucalyptus globulus Labill* Código: EG004

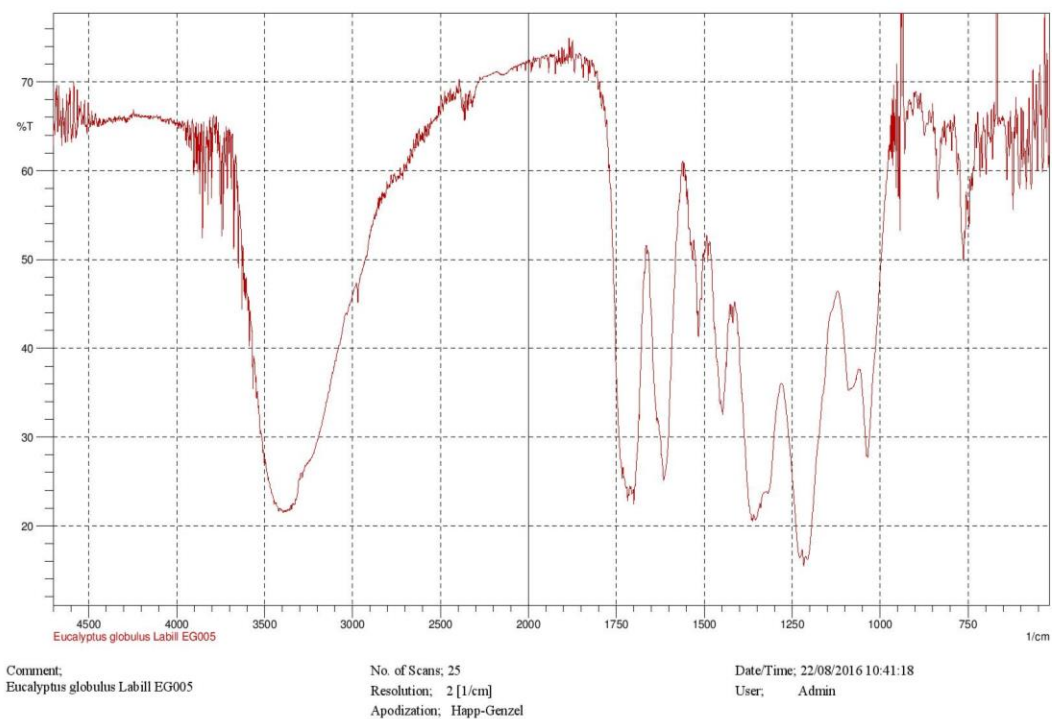


Figura N°24. Espectro infrarrojo *Eucalyptus globulus Labill* Código: EG005

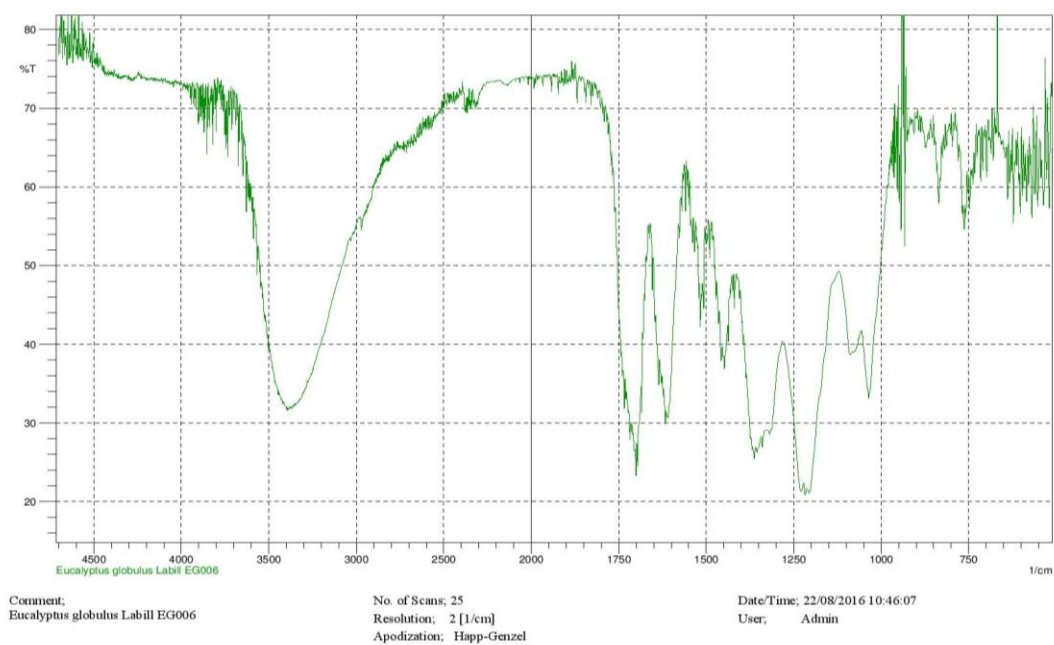


Figura N°25. Espectro infrarrojo *Eucalyptus globulus Labill* Código: EG006

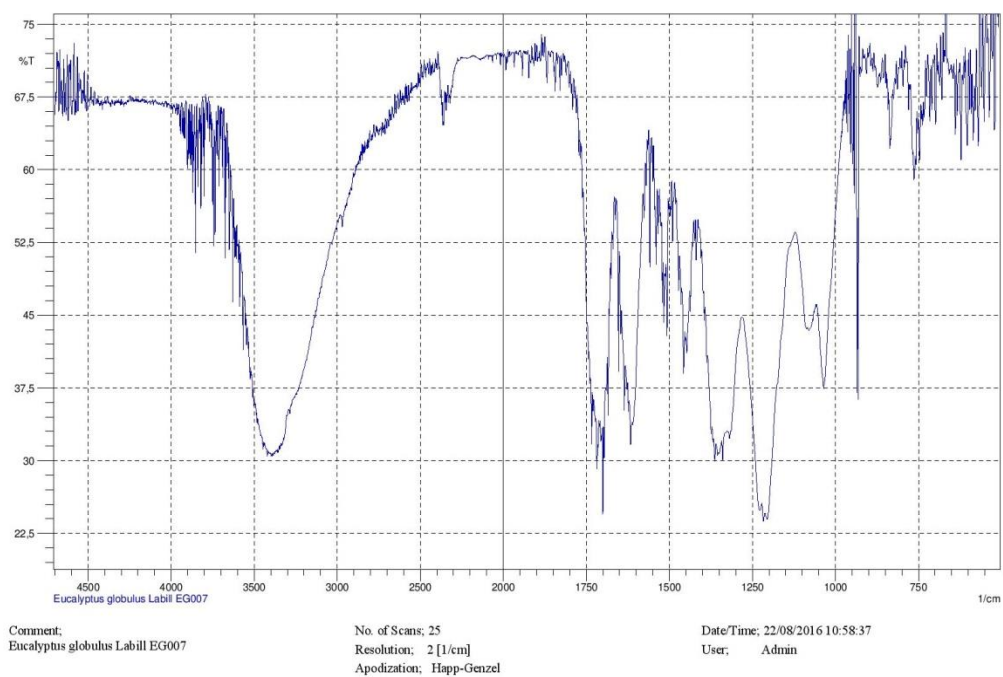


Figura N°26. Espectro infrarrojo *Eucalyptus globulus Labill* Código: EG007

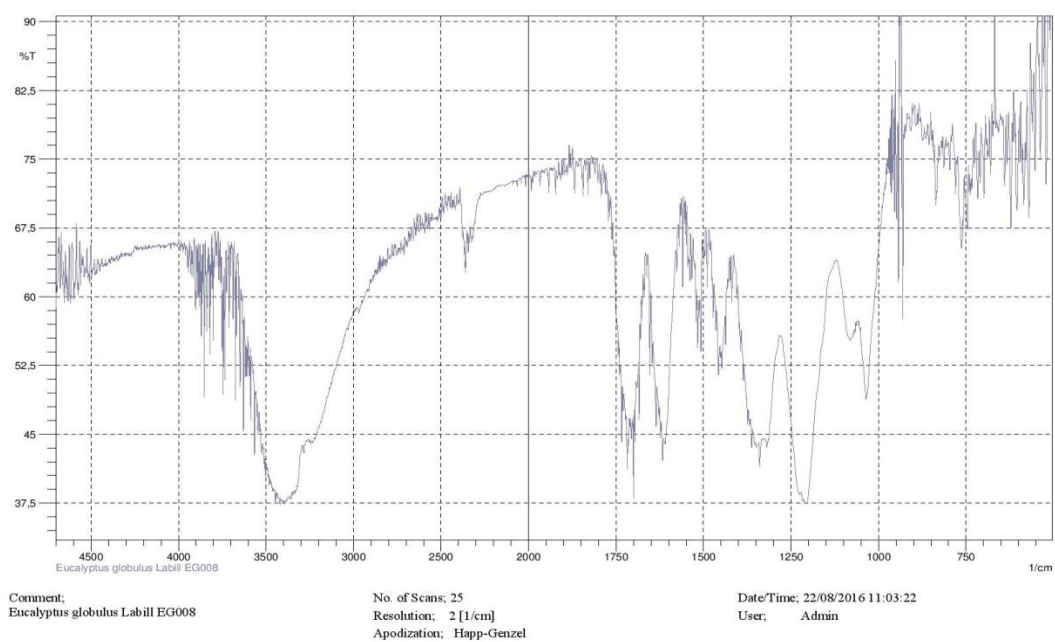


Figura N°27. Espectro infrarrojo *Eucalyptus globulus Labill* Código: EG008

5.4.1.1 Análisis IR de *Eucalyptus globulus Labill.*

En el análisis Infrarrojo de las muestras *Eucalyptus globulus Labill* se obtuvieron un total de 8 espectros IR, de los cuales al realizar un acoplamiento espectral (Ver figura N°28), se puede observar que los resultados obtenidos en relación a sus absorciones son similares y la diferencia es la intensidad de su absorción; se analizó el espectro más representativo (ver Figura N°29), el cual fue la muestra con número de codificación EG003.

Al analizar dicho espectro se observa el alargamiento del grupo -OH en la región de los 3000-3500 cm^{-1} característico de los alcoholes, también en la región de los 1050 cm^{-1} el alargamiento C-O de dichos alcoholes; al seguir con el análisis se observa el alargamiento C=O en la región de los 1710 cm^{-1} característico de aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos; se encuentra además la presencia de una flexión C-H entre los 1200-1400 cm^{-1} y alargamiento C=C de alqueno que aparece entre los 1630 cm^{-1} pero debido a la intensa banda -OH no se puede apreciar la probable presencia de la banda C=C del alqueno que aparecería entre los 3100 cm^{-1} .

Se observa además la presencia del alargamiento C=C de aromáticos entre 1610 y 1502 cm^{-1} pero para demostrar la presencia se debe analizar con mayor detalle la región de los 1800-2000 cm^{-1} aproximadamente; se concluye la posible presencia de alcoholes, compuestos con grupo carbonilo, con posibilidad de anillos aromáticos; que en su estructura hay cadenas C-H saturadas y con dobles enlaces.

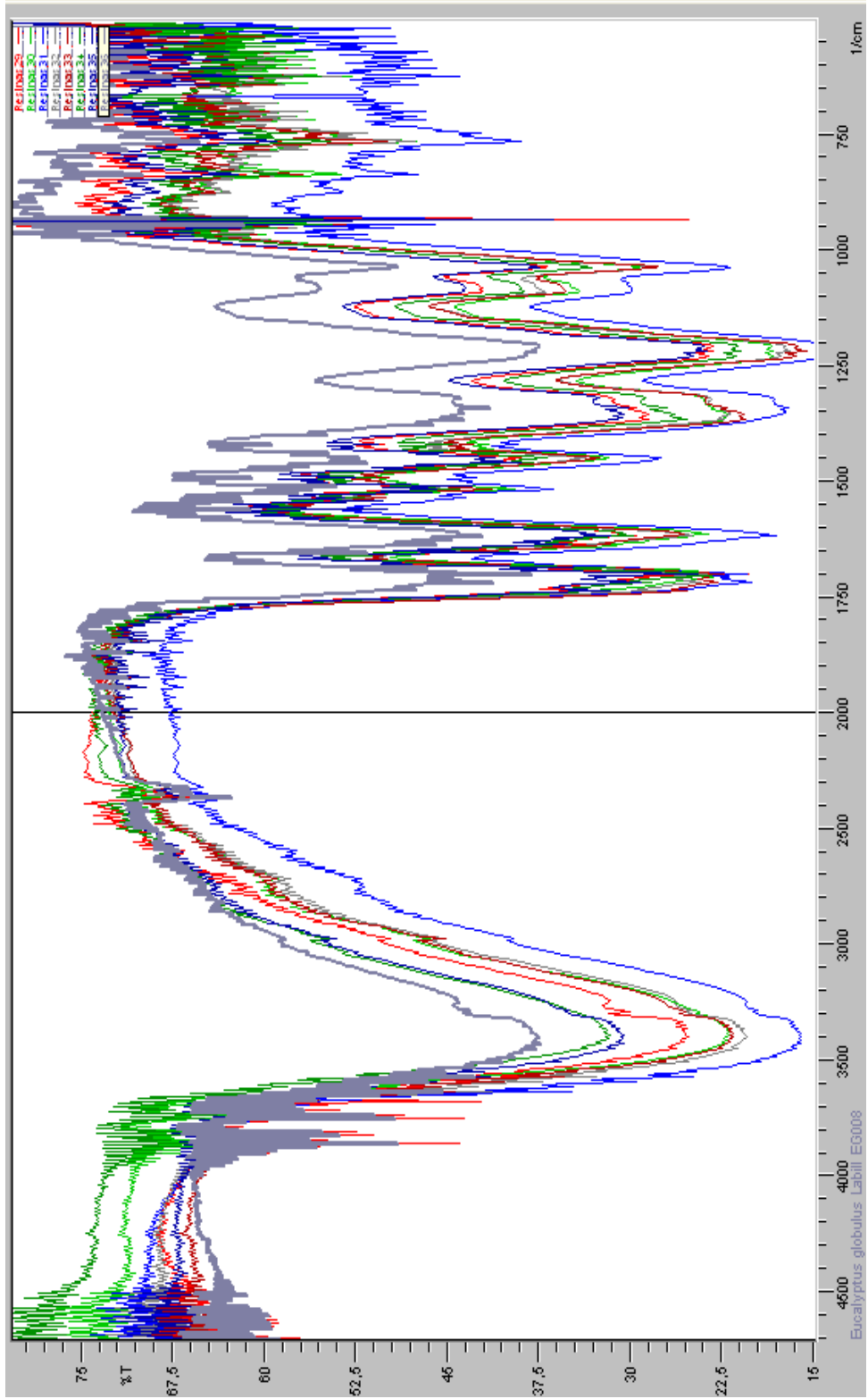


Figura N°28. Acoplamiento espectral IR de las especies *Eucalyptus globulus* Labill.

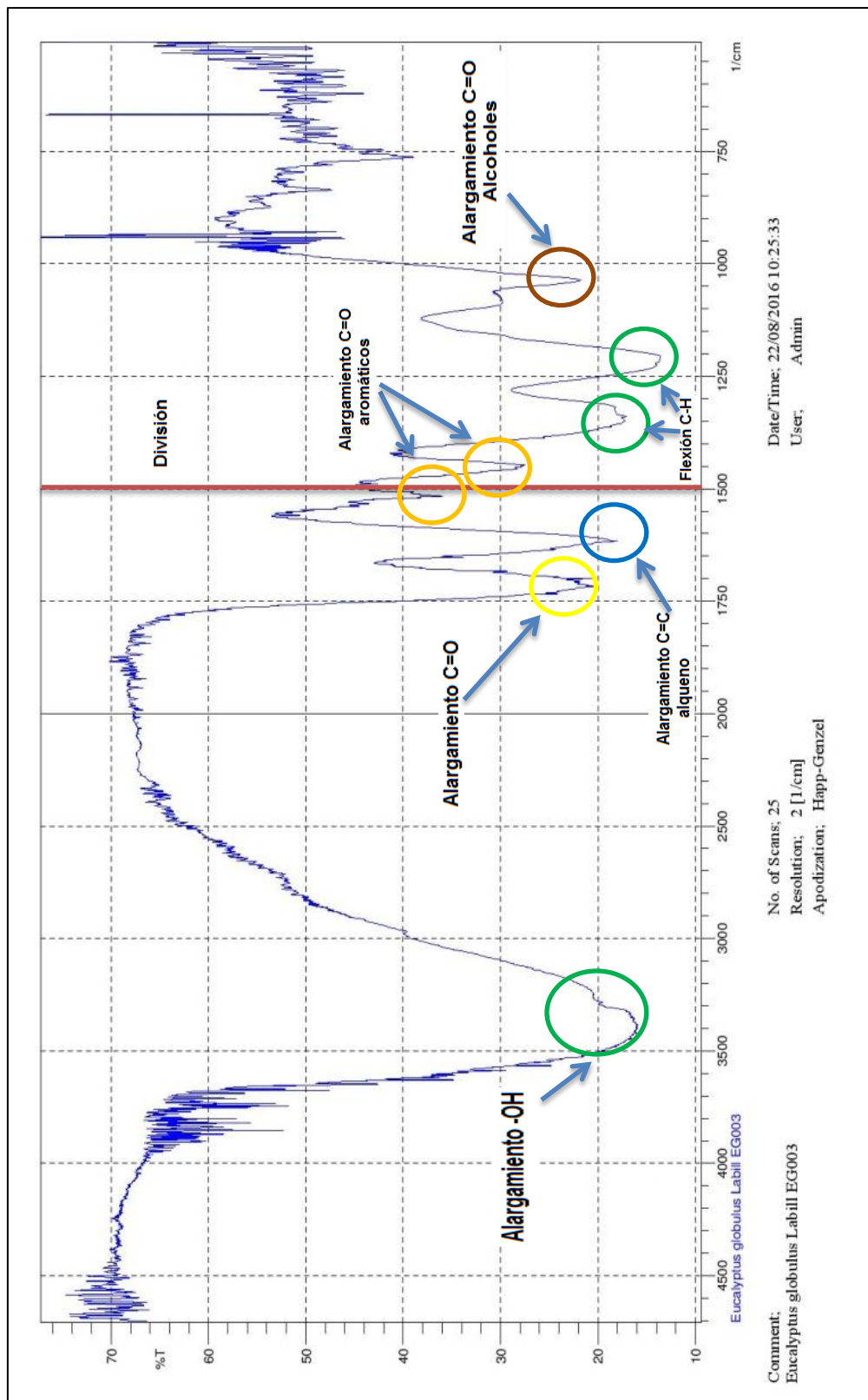


Figura N°29. Espectro infrarrojo representativo de la especie *Eucalyptus globulus* Labill; código EC003 en la región Infrarrojo intermedio 4000-500 cm^{-1} .

5.4.2. Análisis de *Corymbia citriodora* Hook.

A continuación se presentan los 10 espectros IR obtenidos de estos exudados.

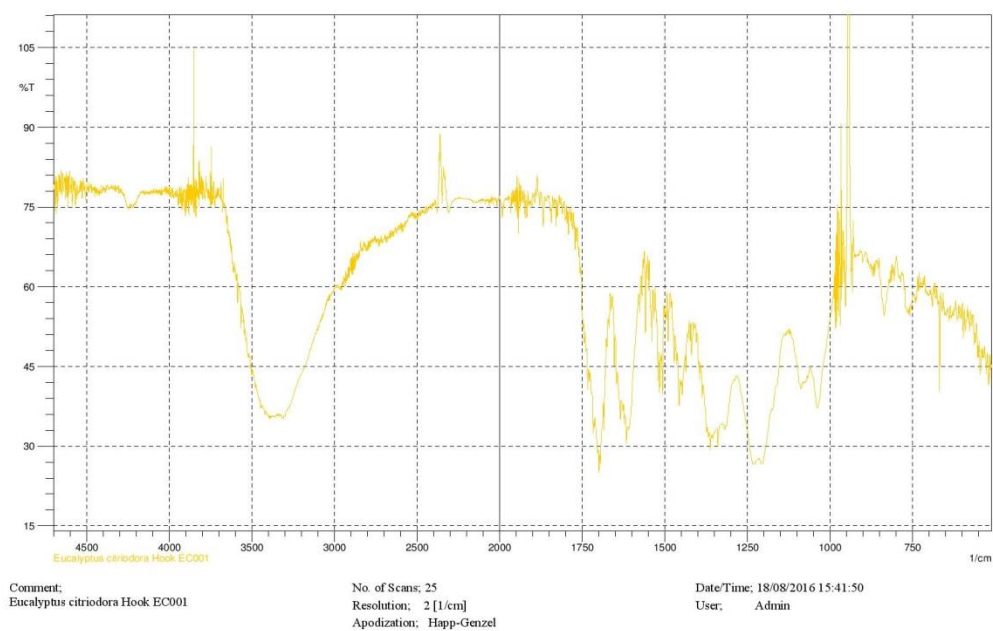


Figura N° 30. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC001

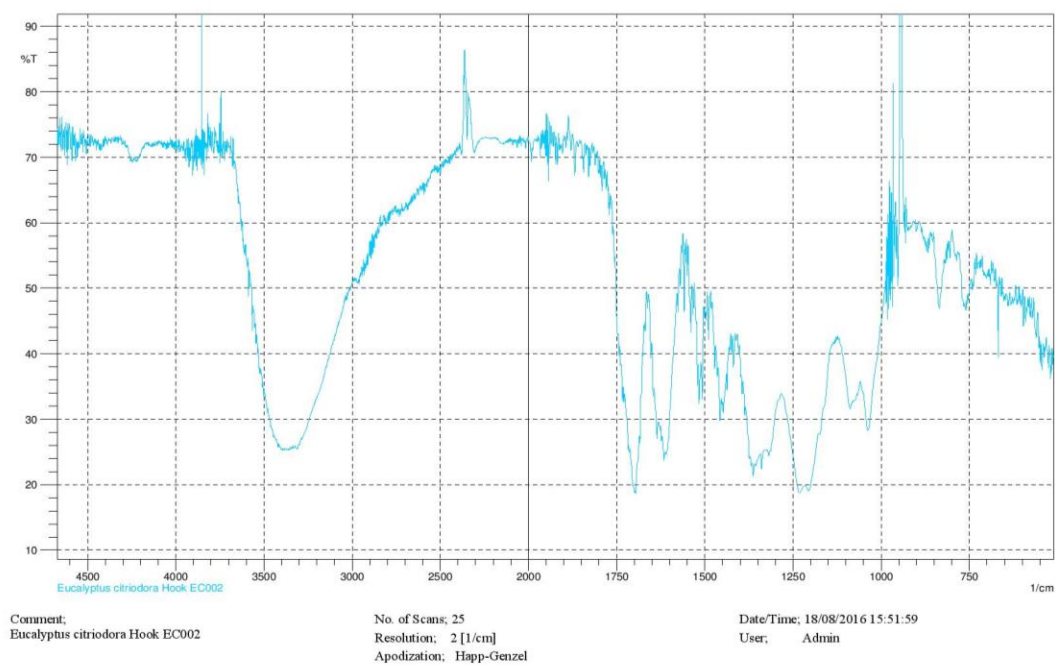


Figura N° 31. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC002

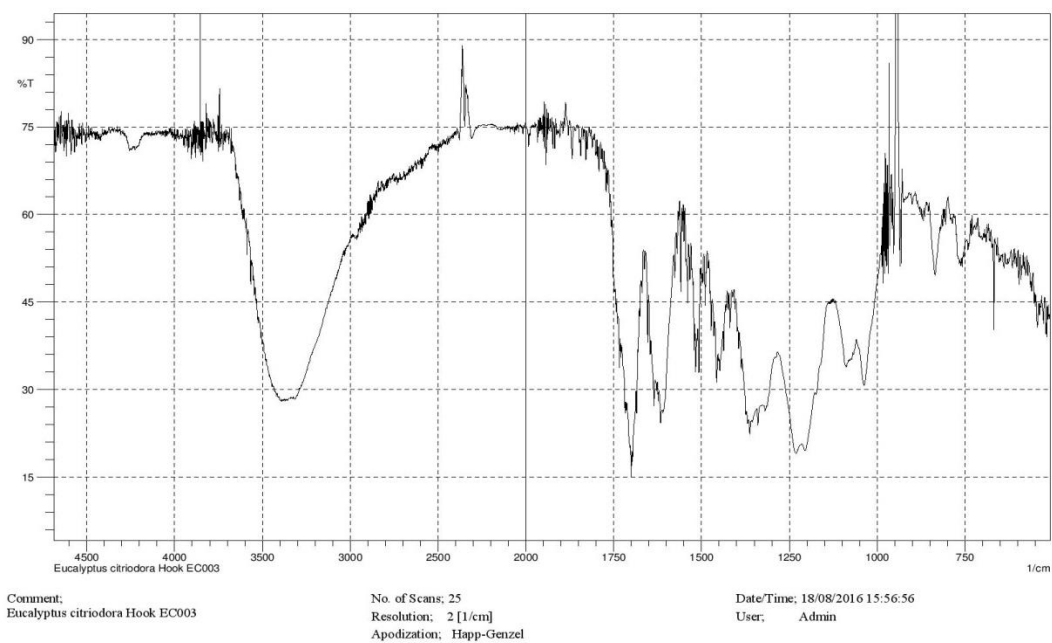


Figura N° 32. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC003

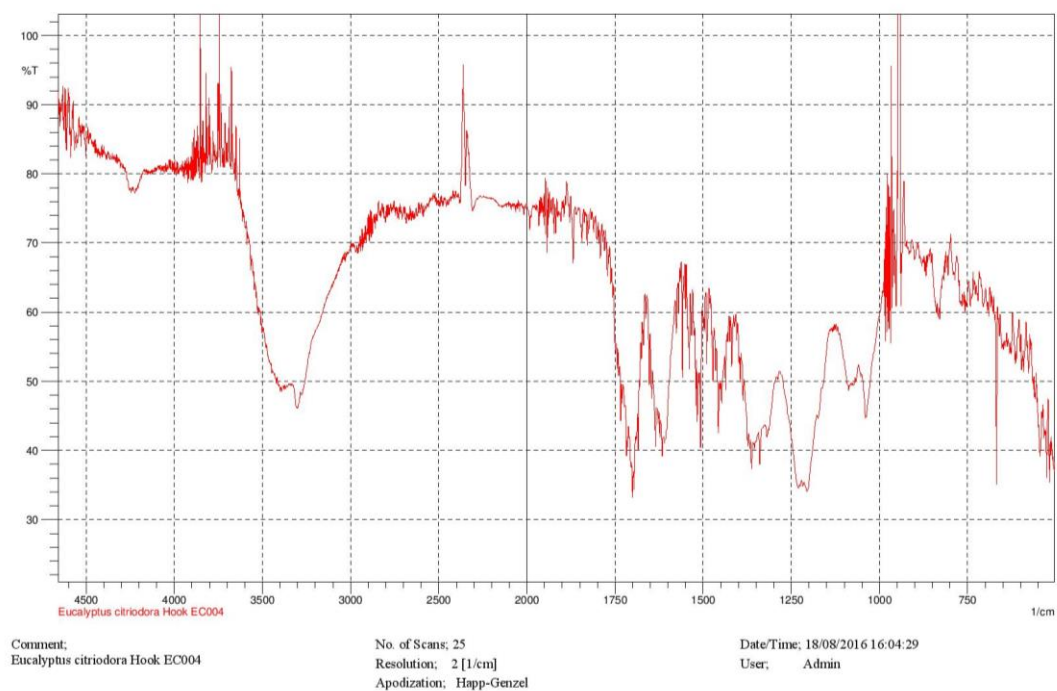


Figura N° 33. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC004

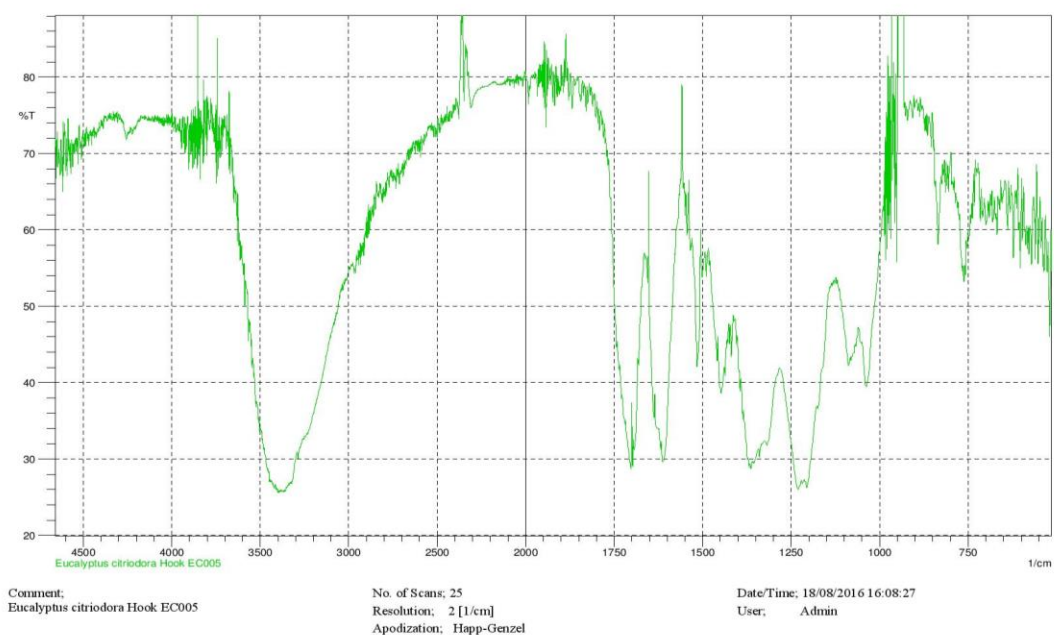


Figura N° 34. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC005

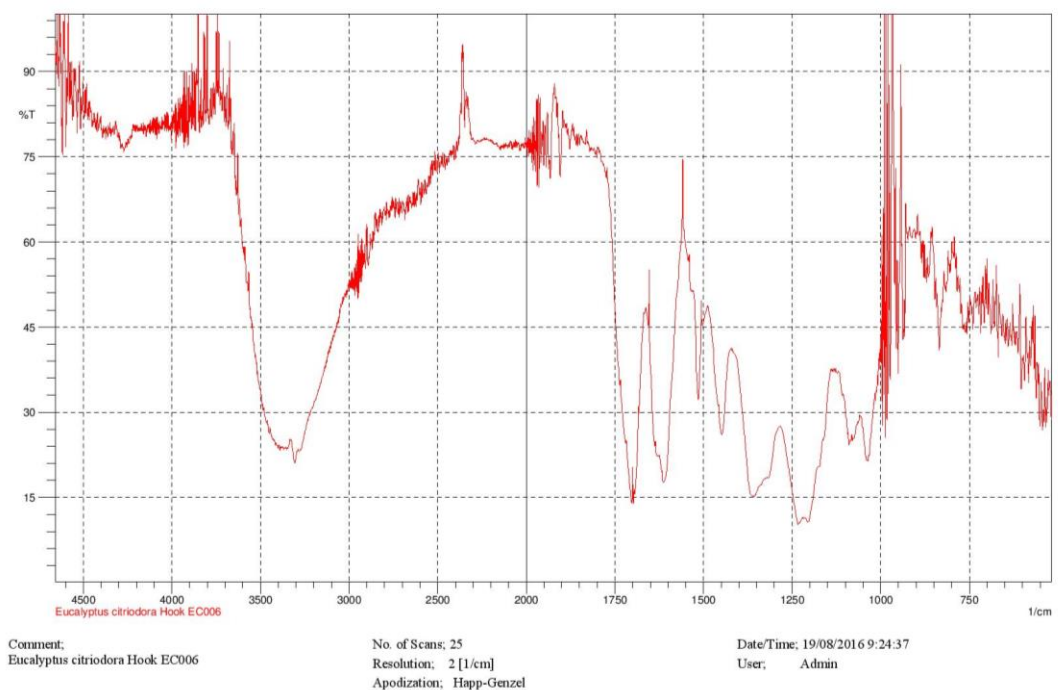


Figura N° 35. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC006

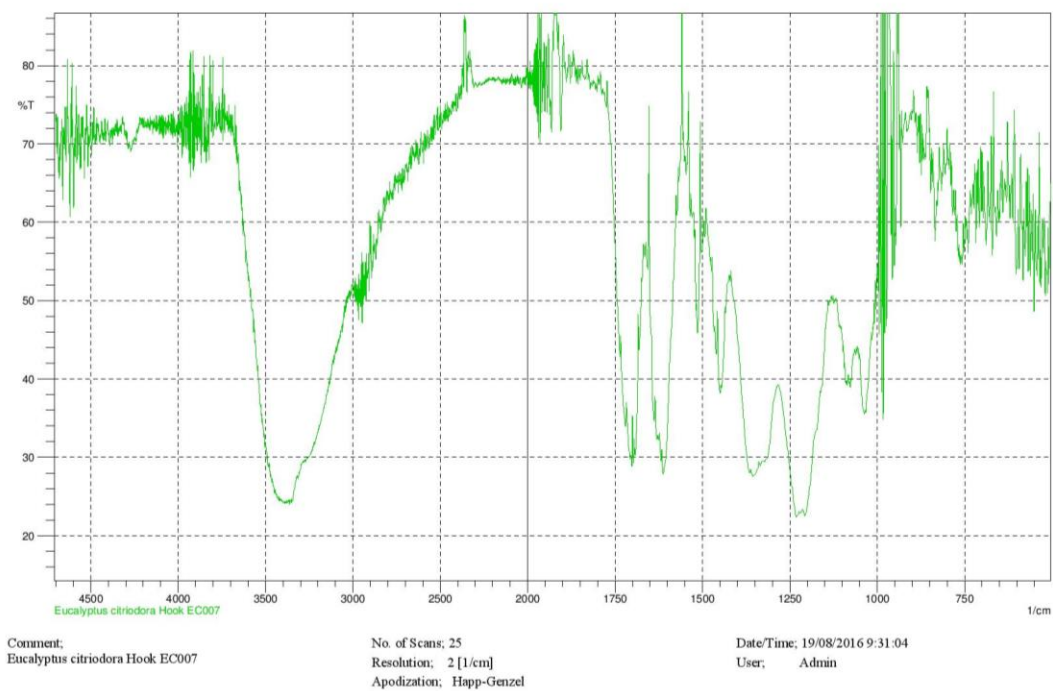


Figura N° 36. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC007

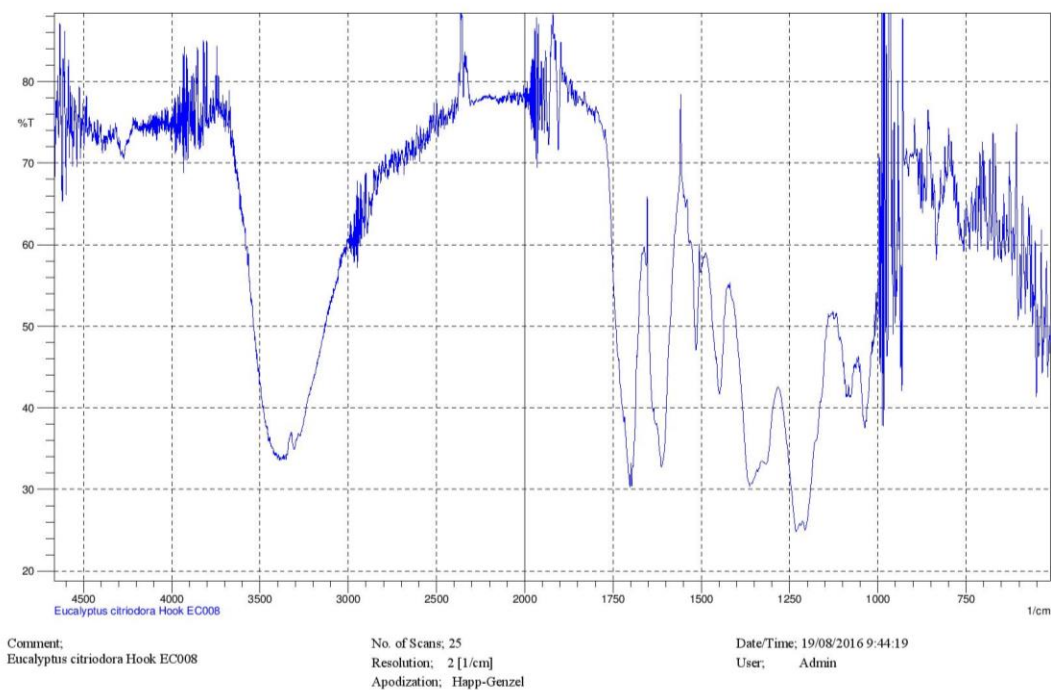


Figura N° 37. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC008

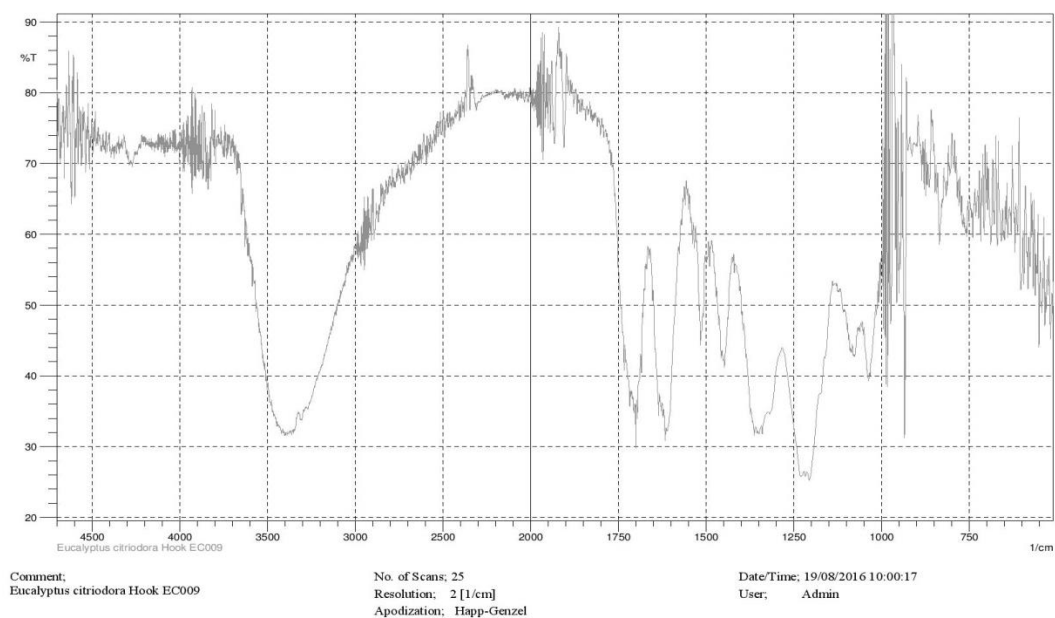


Figura N° 38. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC009

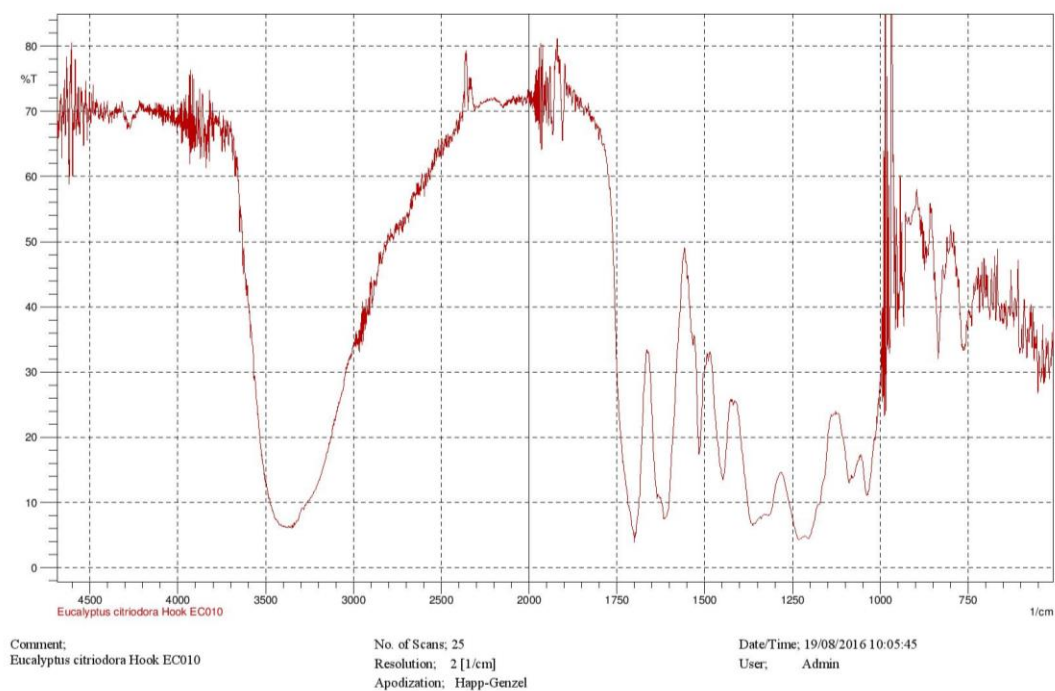


Figura N° 39. Espectro infrarrojo *Corymbia citriodora* Hook Código: EC010

5.4.2.1 Análisis IR de *Corymbia citriodora* Hook

En el análisis de las muestras *Corymbia citriodora* Hook se obtuvieron un total de 10 espectros IR, de los cuales al realizar un acoplamiento espectral, se puede observar que los resultados obtenidos en relación a sus absorciones son similares, con la única diferencia en la intensidad de su absorción. (Ver figura N°40)

Se analizó el espectro más representativo (ver Figura N° 41), el cual fue la muestra con número de codificación EC005; al analizar dicho espectro se observa el alargamiento del grupo -OH en la región de los 3000-3500 cm^{-1} característico de los alcoholes, también en la región de los 1100 cm^{-1} el alargamiento del grupo C-O de dichos alcoholes; al seguir con el análisis se observa el alargamiento del grupo C=O en la región de los 1705 cm^{-1} característico de compuestos con un grupo carbonilo en su estructura; se encuentra además la presencia de una flexión C-H entre los 1200-1380 cm^{-1} y alargamiento del grupo C=C de alqueno que aparece entre los 1650 cm^{-1} pero debido a la banda -OH no se puede apreciar la probable presencia de la banda C=C del alqueno que aparecería entre los 3100 cm^{-1} .

Se observa además la presencia del alargamiento C=C de aromáticos entre 1650 y 1525 cm^{-1} pero para demostrar la presencia se debe analizar con mayor detalle la región de los 1800-2000 cm^{-1} aproximadamente; razón de ellos se concluye la posible presencia de alcoholes, compuestos con grupo carbonilo, con posibilidad de anillos aromáticos; que en su estructura hay cadenas C-H saturadas y con dobles enlaces.

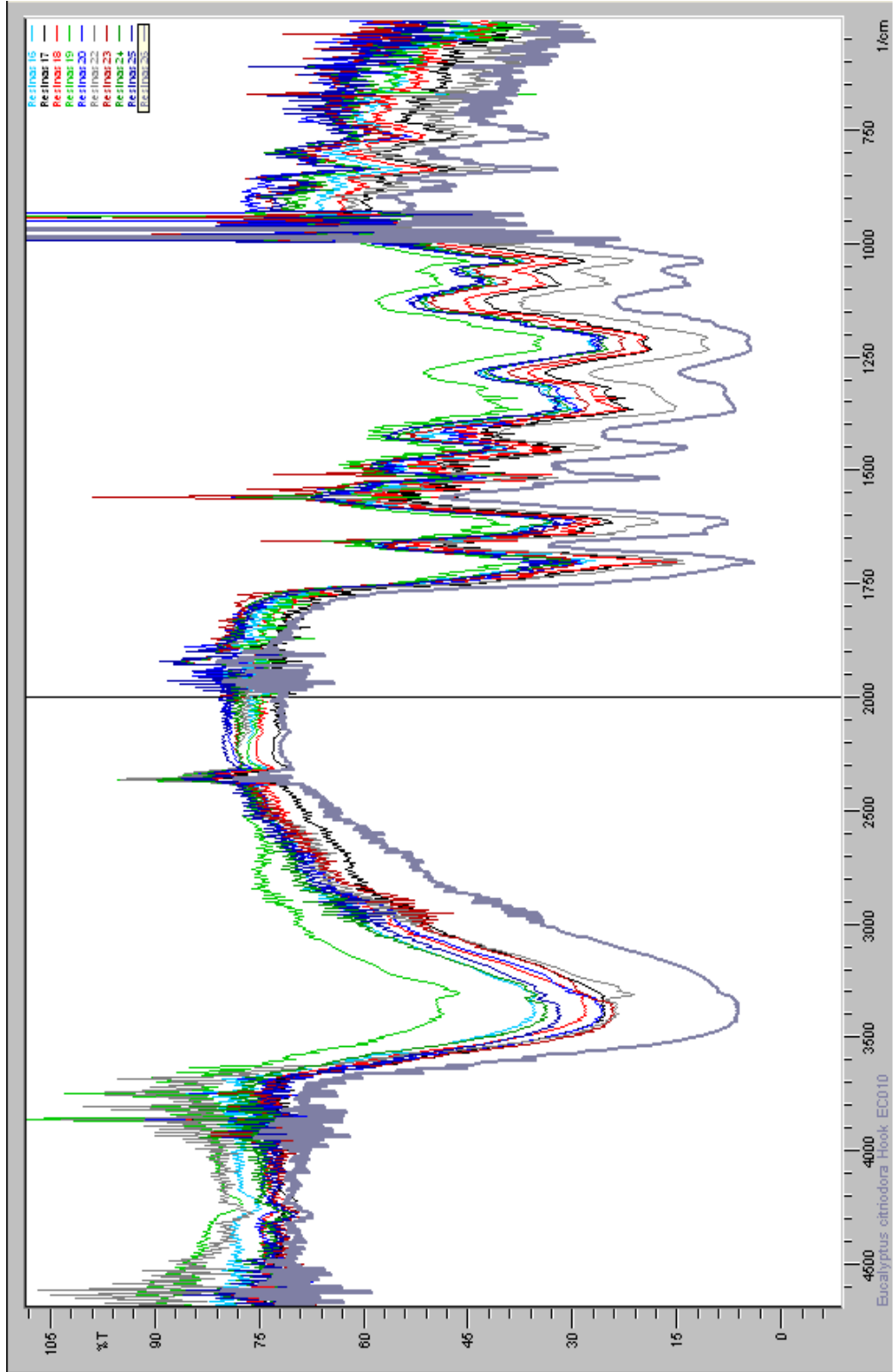
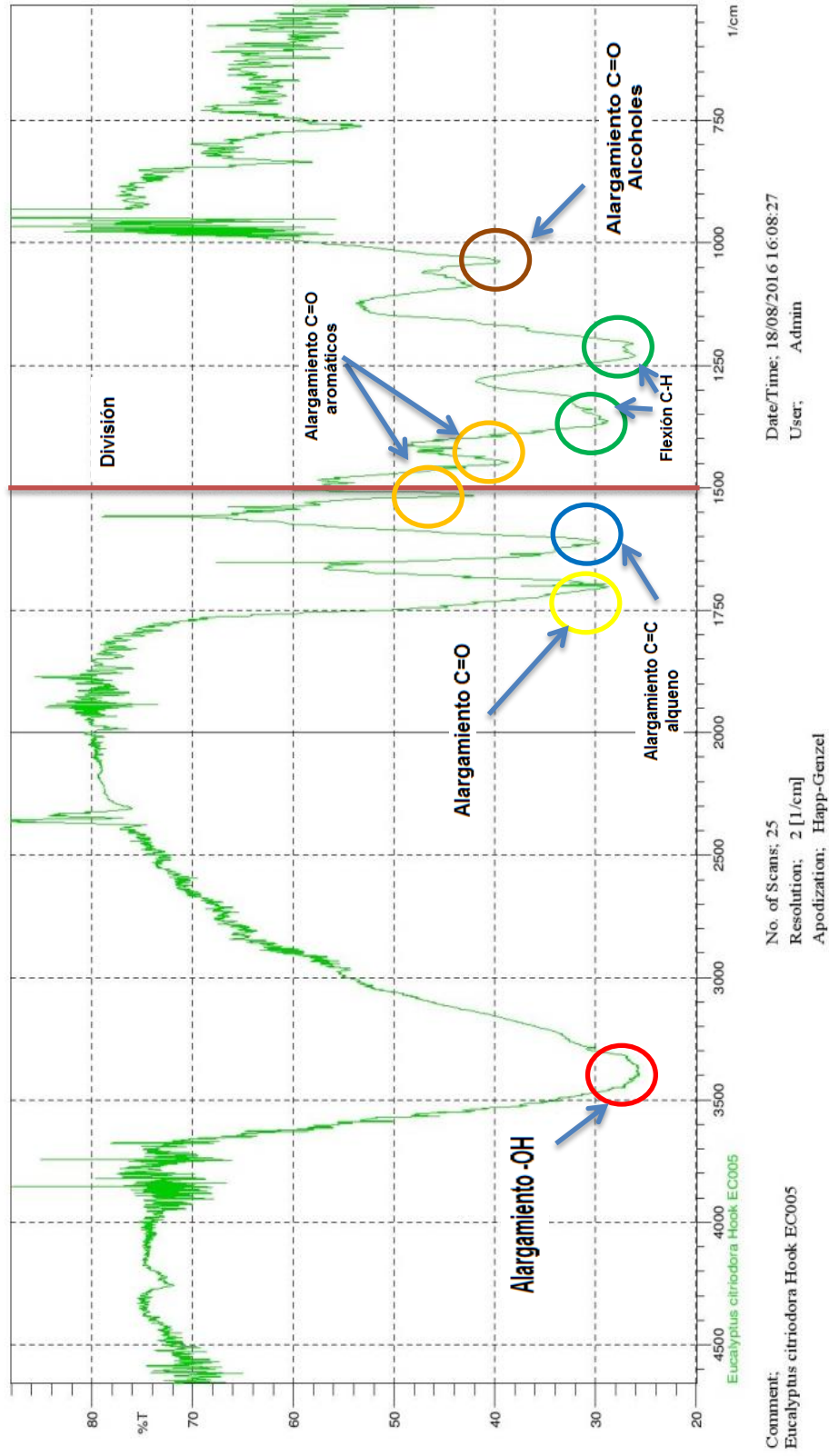


Figura N° 40. Acoplamiento espectral IR de las especies *Corymbia citriodora* Hook



N° 41. Espectro infrarrojo representativo de la especie *Corymbia citriodora* Hook; código EC005 en la región Infrarrojo intermedio 4000-500 cm^{-1} .

5.4.3. Análisis de *Araucaria heterophylla*

A continuación se presentan los 9 espectros IR obtenidos de estos exudados.

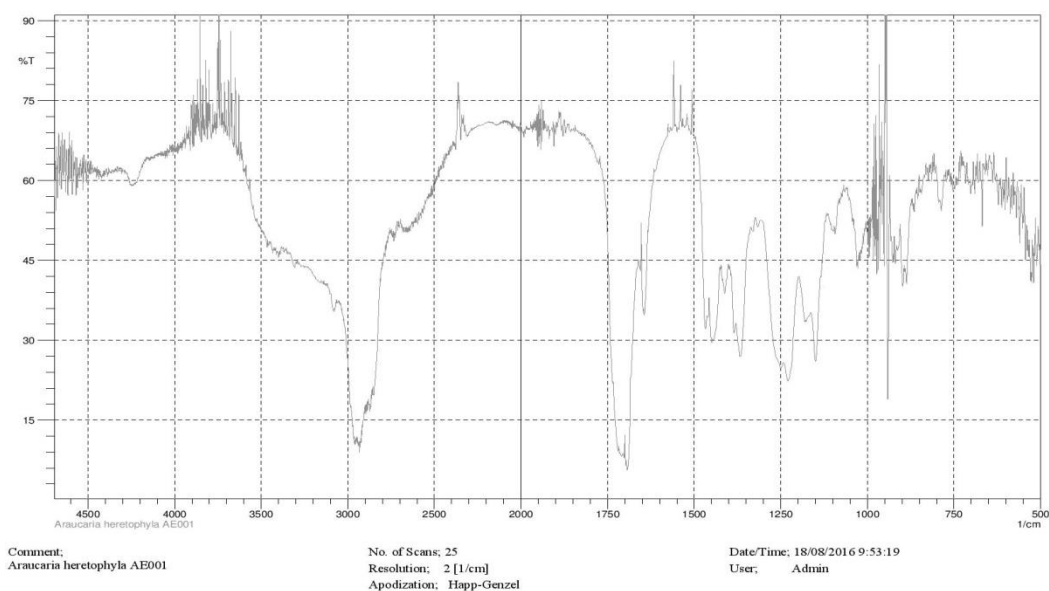


Figura N° 42. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE001

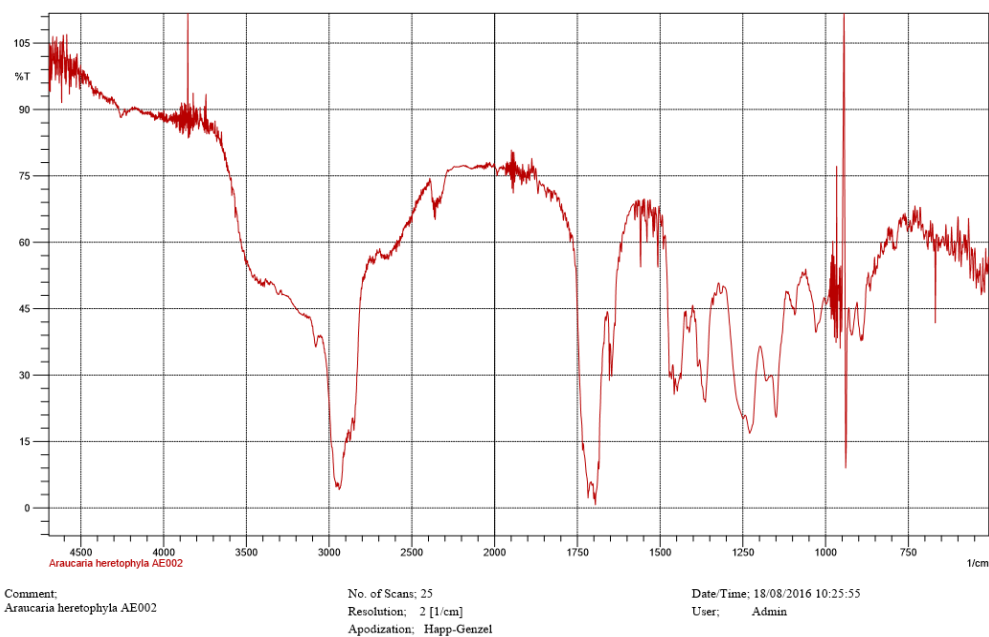


Figura N° 43. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE002

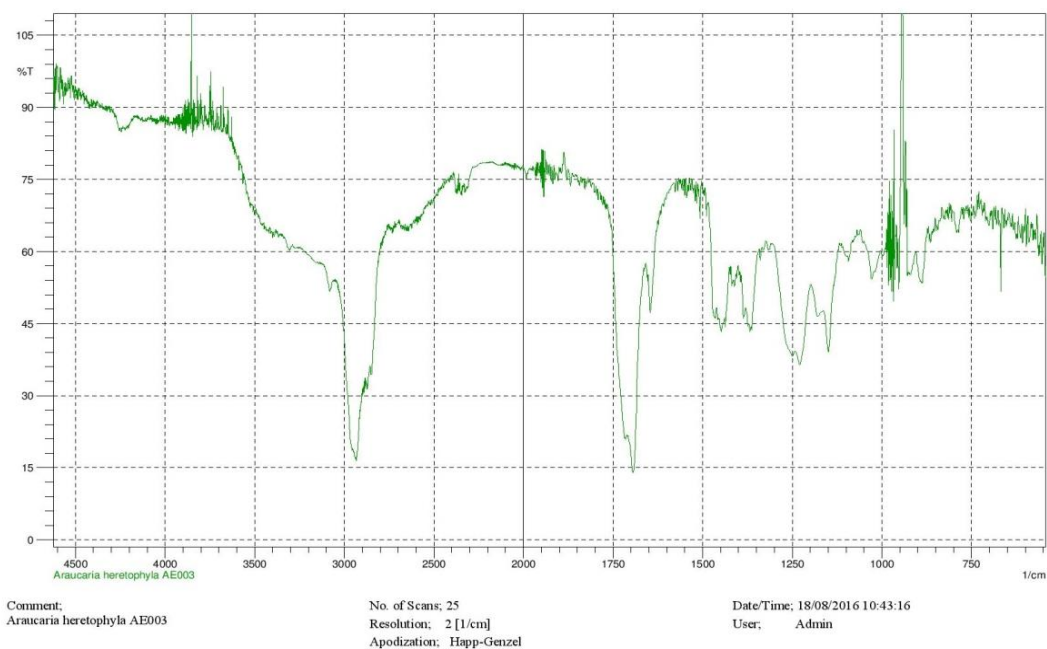


Figura N° 44. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE003

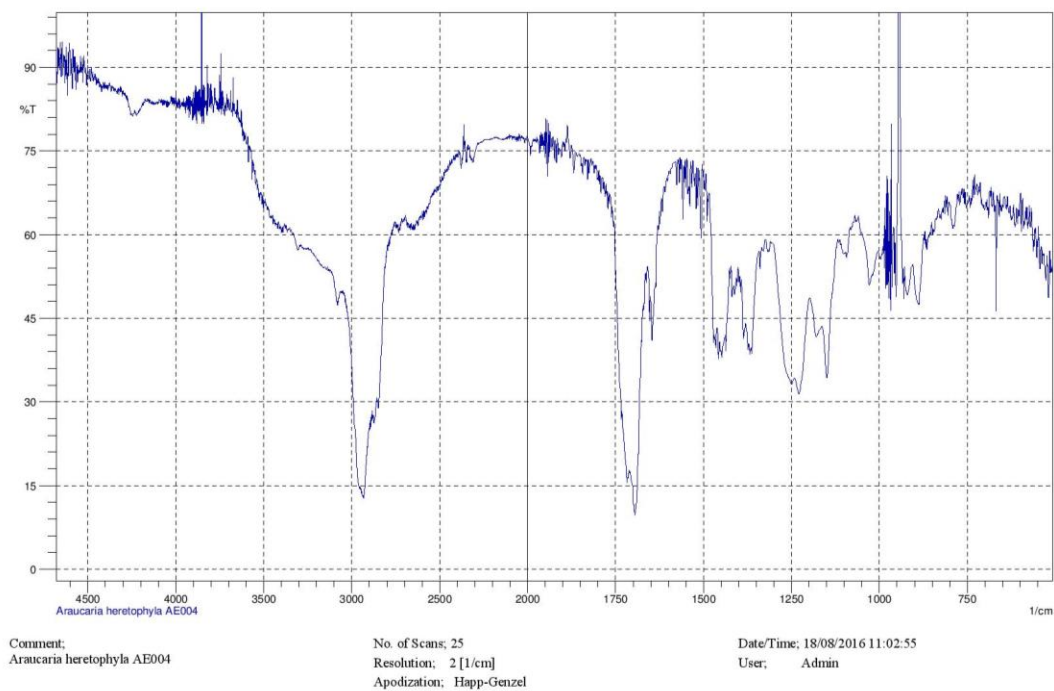


Figura N° 45. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE004

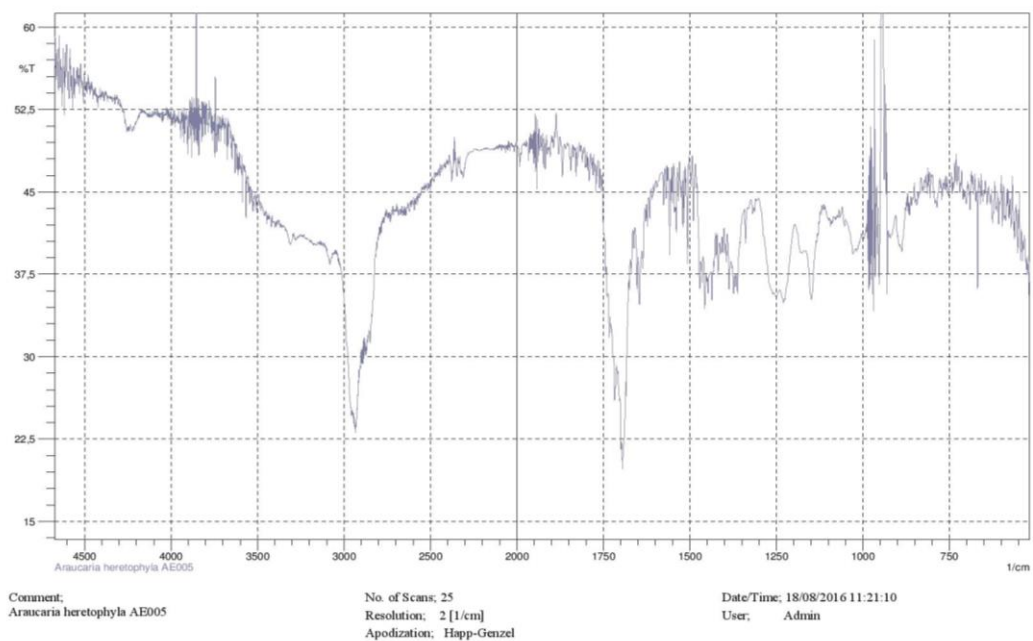


Figura N° 46. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE005

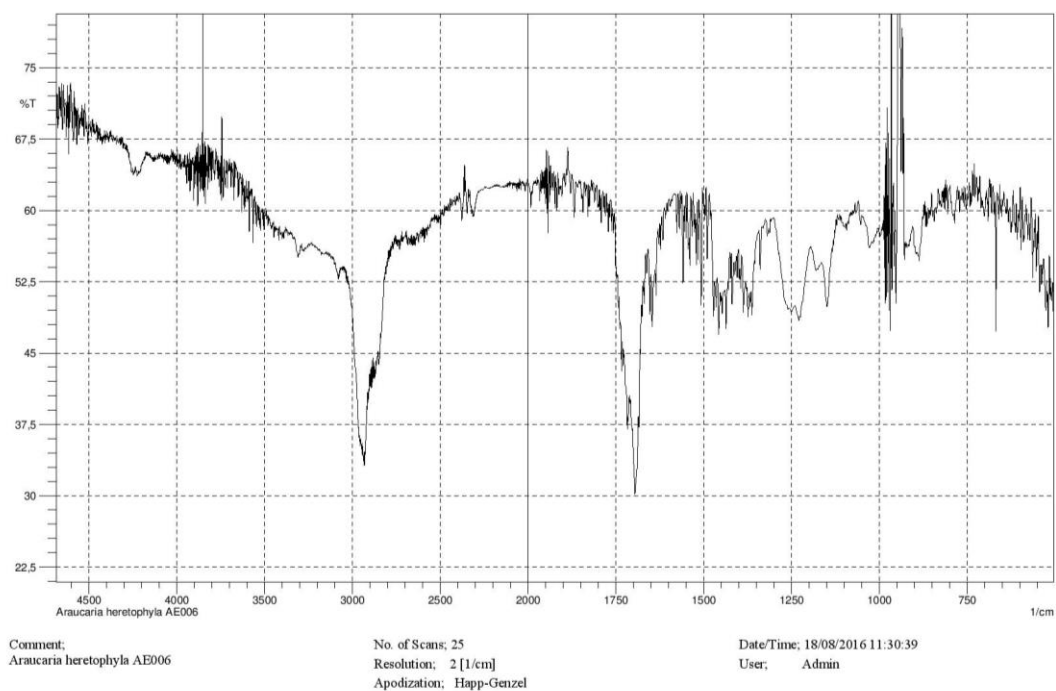


Figura N° 47. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE006

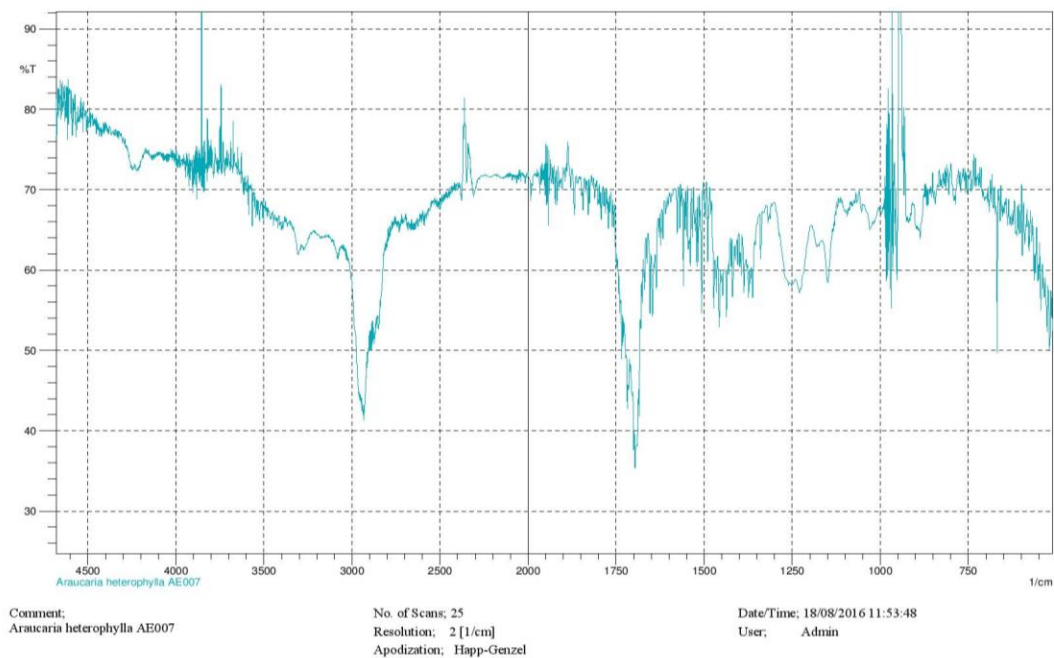


Figura N° 48. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE007

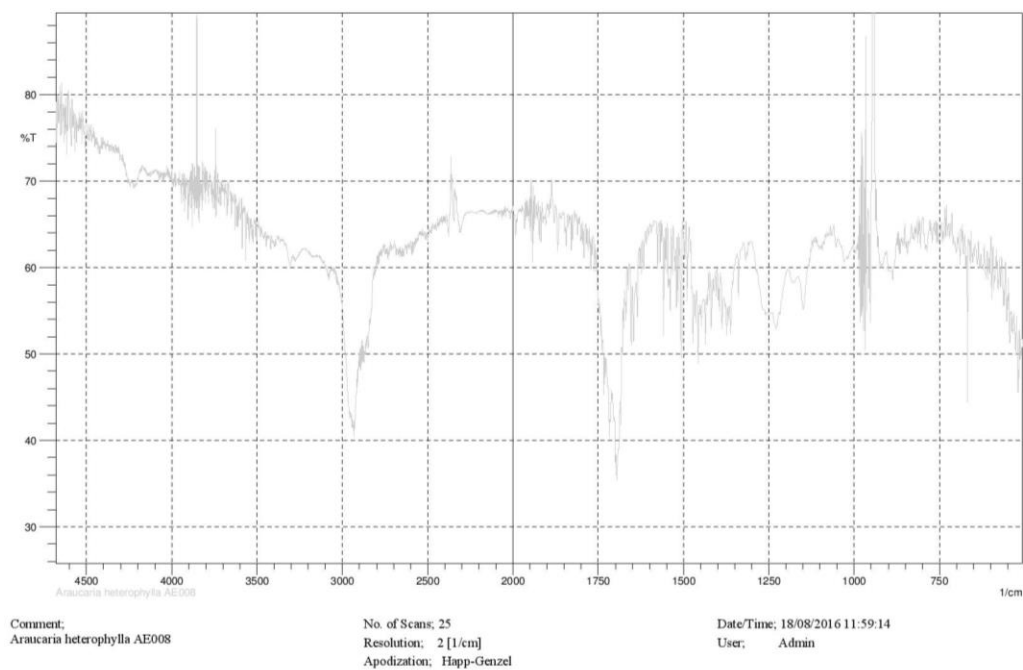


Figura N° 49. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE008

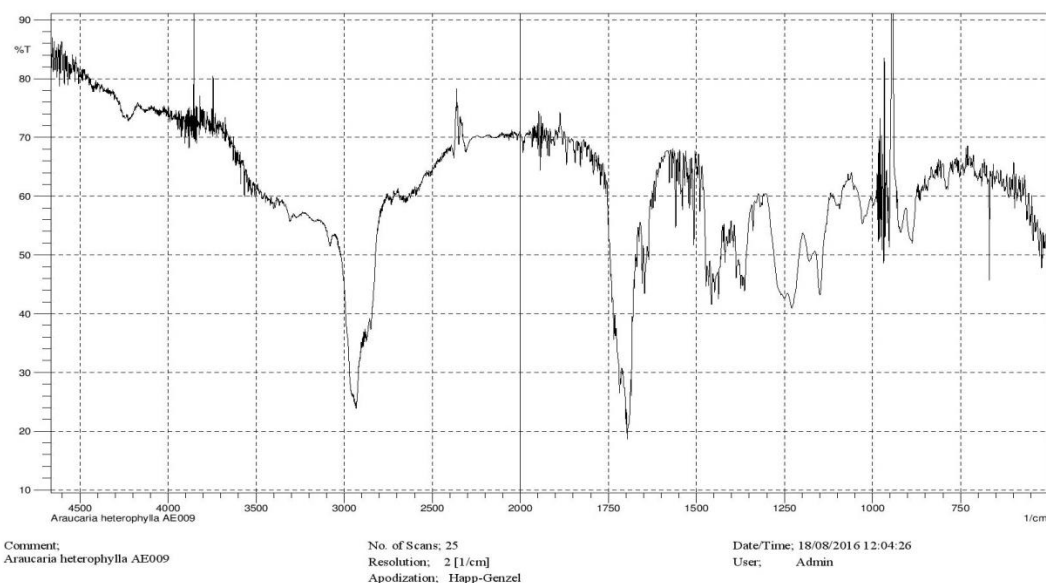


Figura N° 50. Espectro infrarrojo *Araucaria heterophylla* Código: AE009

5.4.3.1 Análisis IR de *Araucaria heterophylla*.

En el análisis IR de estas especies se obtuvieron un total de 9 espectros, se realizó su acoplamiento, observándose similitudes en las regiones absorbidas; por lo cual se analizó el espectro más representativo siendo la muestra AE003 en la que se realizaron todos los estudios, al analizar este espectro (ver Figura N°52), se observa el alargamiento C=C en la región de los 1650 cm^{-1} característico del grupo de los alquenos y alargamiento del grupo C-H olefinico en la región de los 3050 cm^{-1} .

Se observa además el alargamiento del grupo C-H saturado entra $2800\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ y flexión C-H entre los 1400 cm^{-1} además de un alargamiento del grupo C=O entre los 1710 cm^{-1} característico de compuestos con grupo carbonilo en su estructura. Se concluye la presencia de dobles enlaces de alquenos, cadena saturada C-H y presencia de grupos C=O.

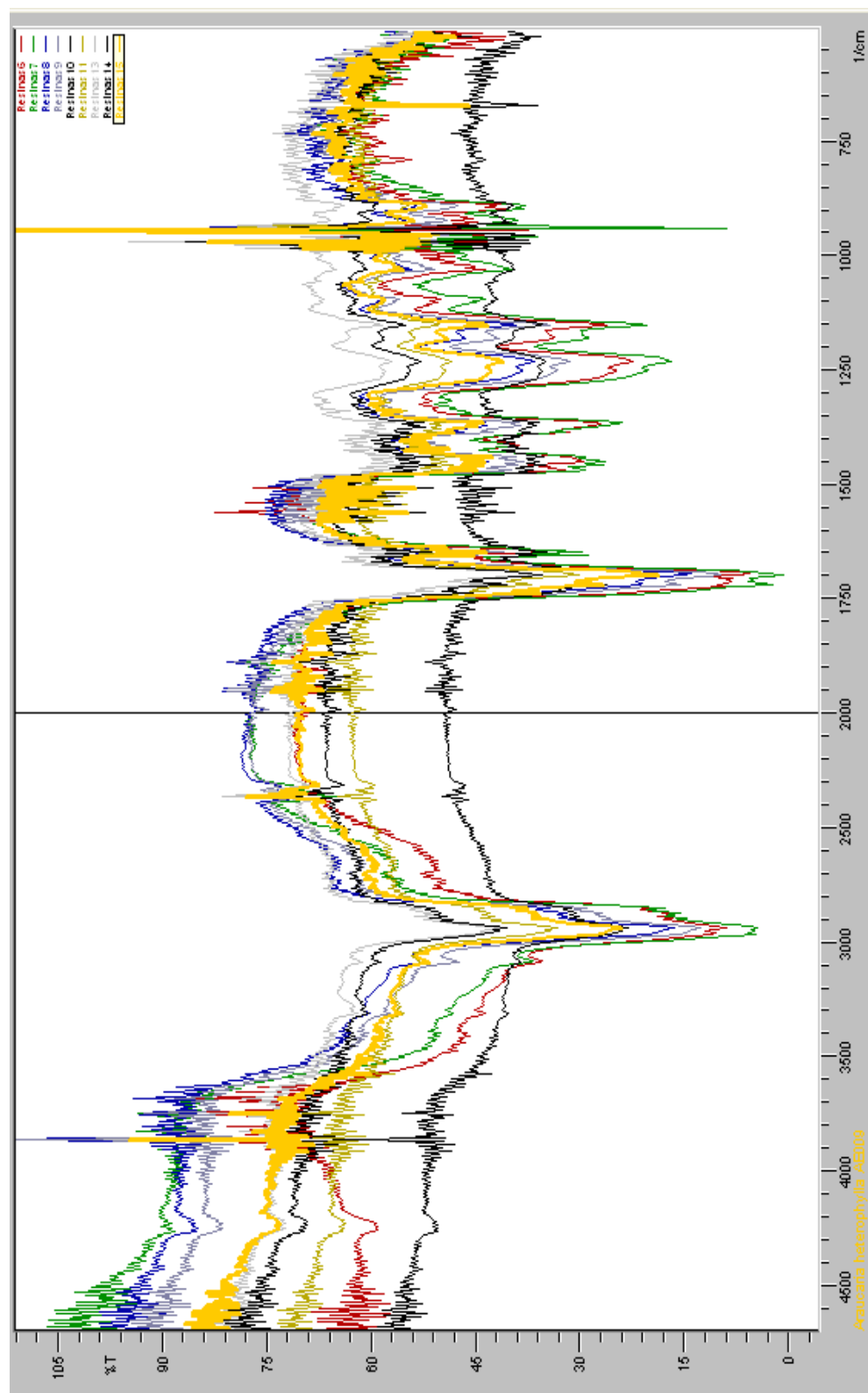


Figura N° 51. Acoplamiento espectral IR de las especies *Araucaria heterophylla*.

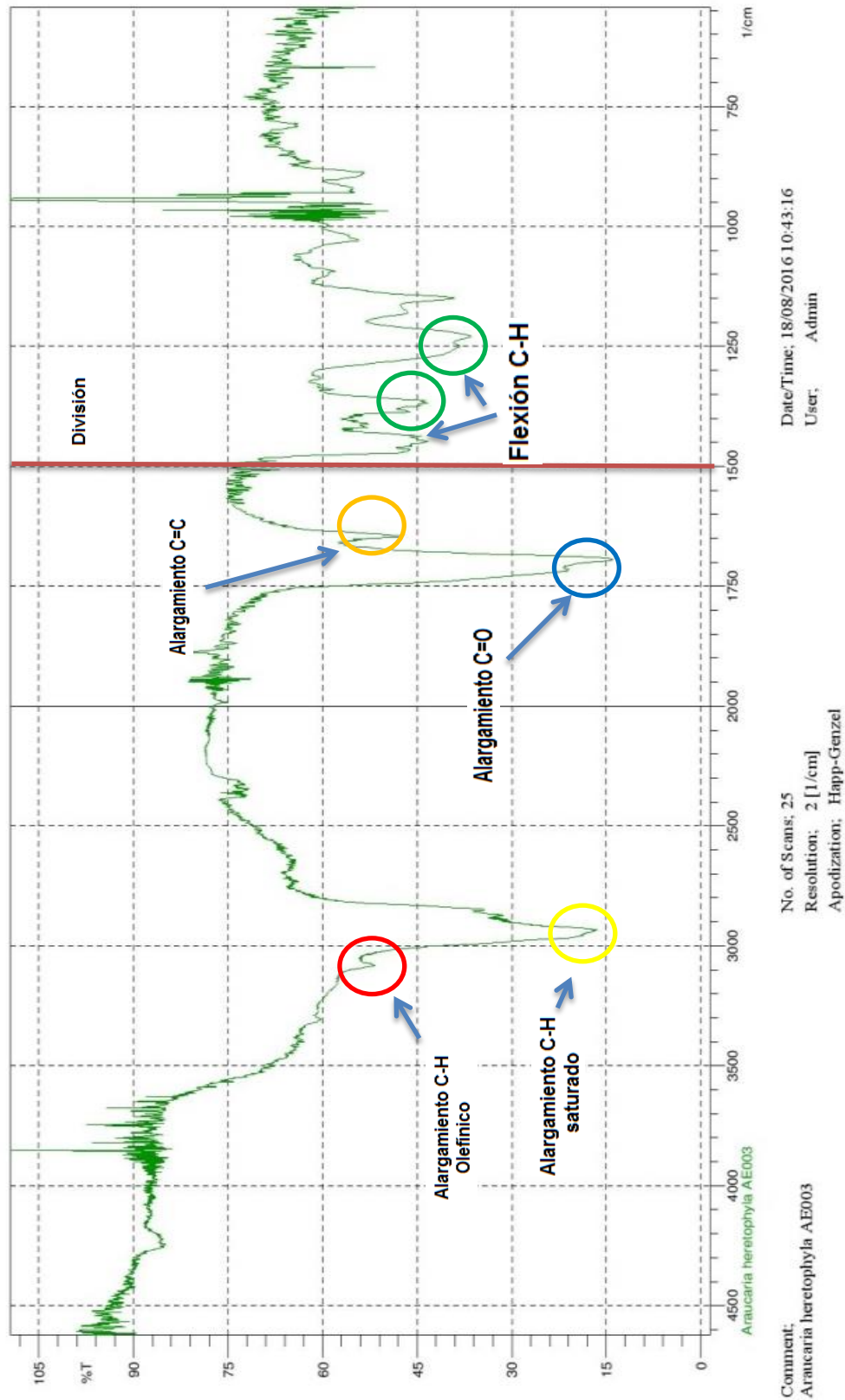


Figura N° 52 Espectro infrarrojo representativo de la especie *Araucaria heterophylla*; código AE003 en la región Infrarrojo intermedio 4000-500 cm^{-1} .

5.4.4. Análisis de *Hymenaea courbaril L*

A continuación se presentan el espectros IR obtenidos de estos exudados.

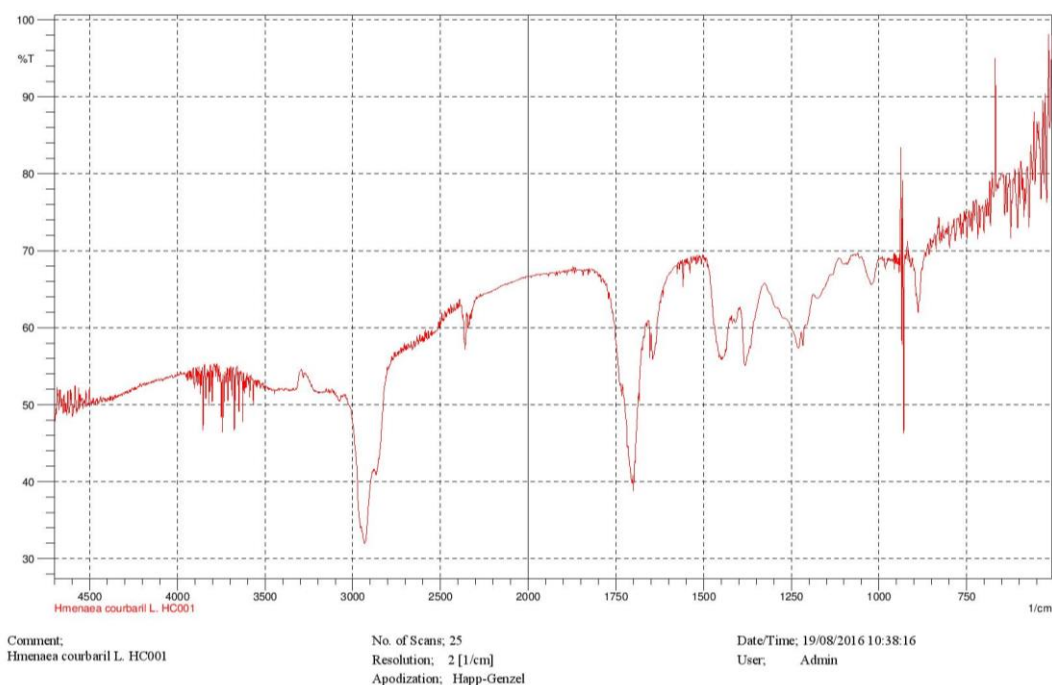


Figura N° 53. Espectro infrarrojo *Hymenaea courbaril L*. Código: HC001

5.4.4.1 Análisis IR de *Hymenaea courbaril L*.

La muestra analizada de *Hymenaea courbaril L*. fue estudiada en la región del infrarrojo intermedio obteniendo bandas de absorción de alargamiento del grupo C-H saturado entre 2800-3000 cm^{-1} y flexión de C-H entre 1370 cm^{-1} , además un alargamiento del C=O entre 1710 cm^{-1} característico de los compuestos con grupo carbonilo en su estructura. Se concluye la posible presencia de cadena carbonada con grupos C-H y presencias de enlace C=O (carbonilo).

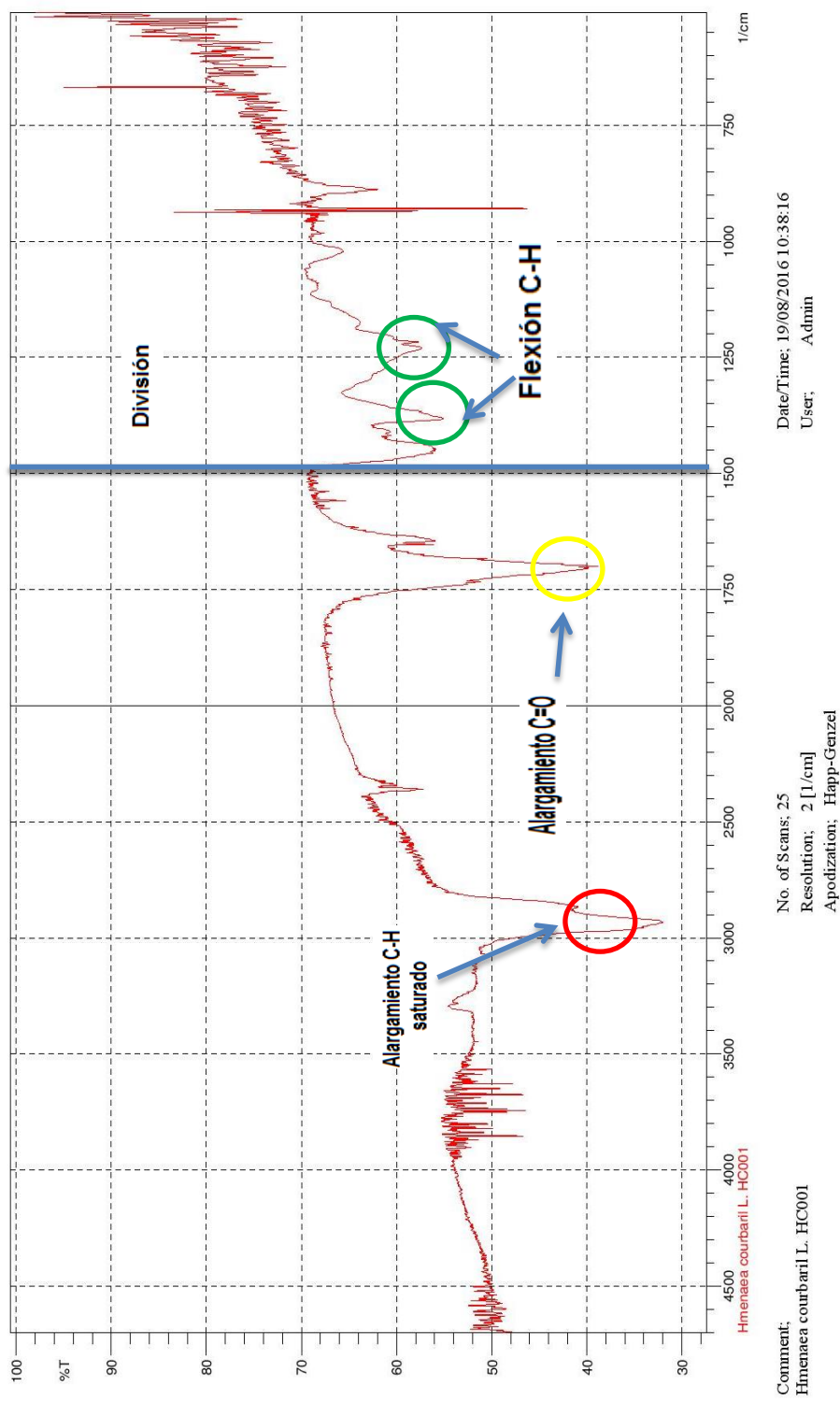


Figura N° 54. Espectro infrarrojo de la especie *Hymenaea courbaril* L.; código HC001 en la región Infrarrojo intermedio 4000-500 cm⁻¹.

5.4.5. Análisis de *Mangifera indica* L.

A continuación se presentan los 6 espectros IR obtenidos de estos exudados.

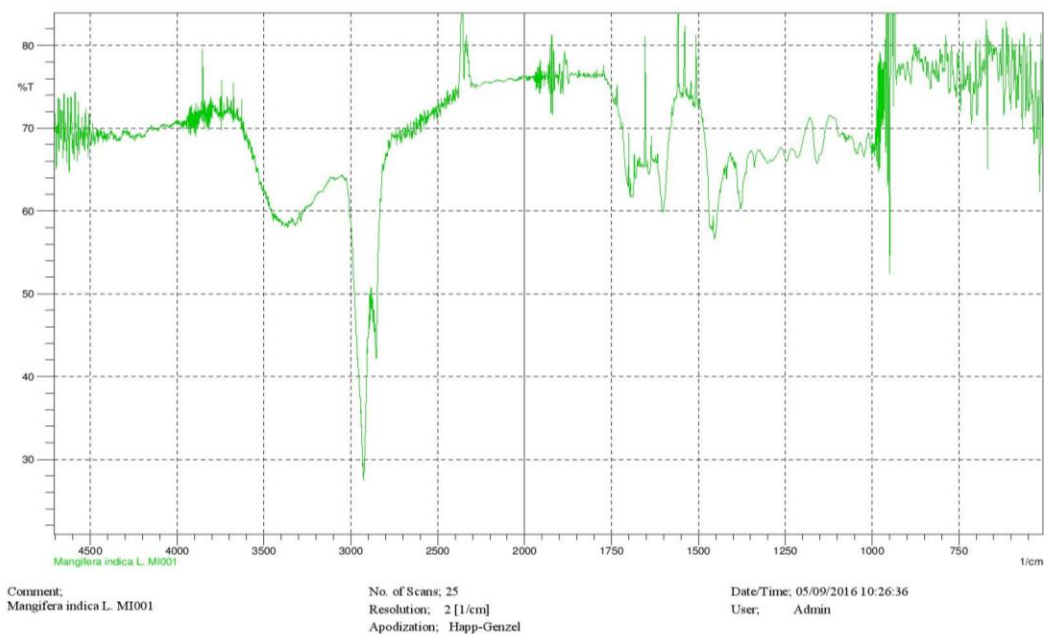


Figura N° 55. Espectro infrarrojo *Mangifera indica* L. Código: MI001

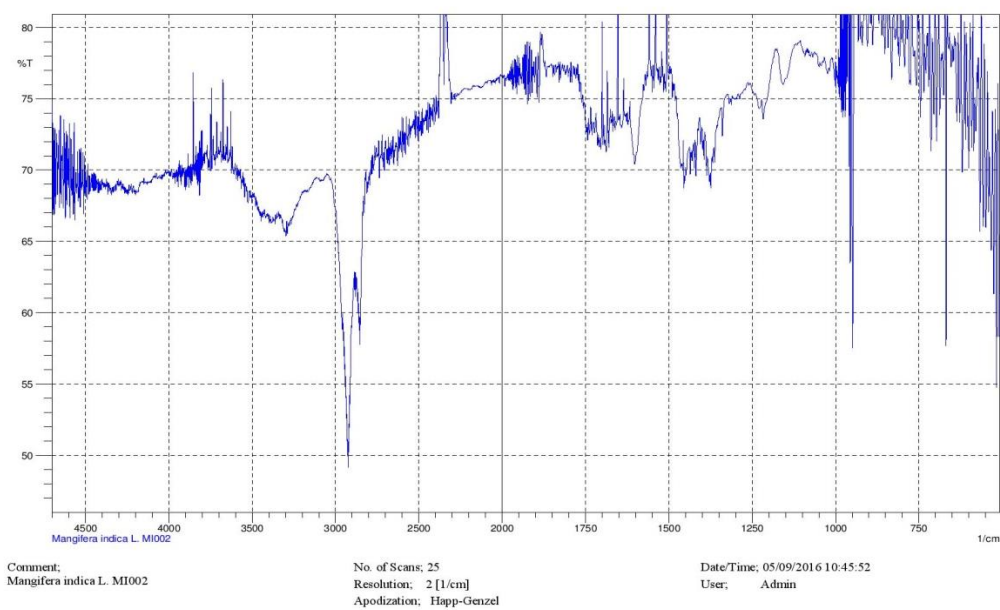


Figura N° 56. Espectro infrarrojo *Mangifera indica* L. Código: MI002

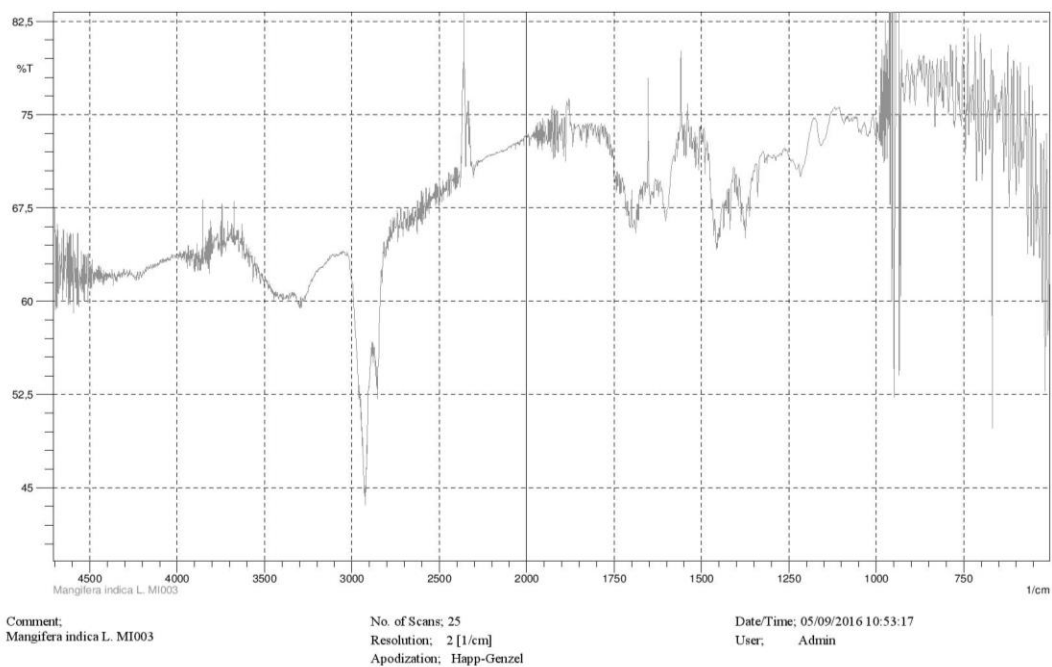


Figura N° 57. Espectro infrarrojo *Mangifera indica* L. Código: MI003

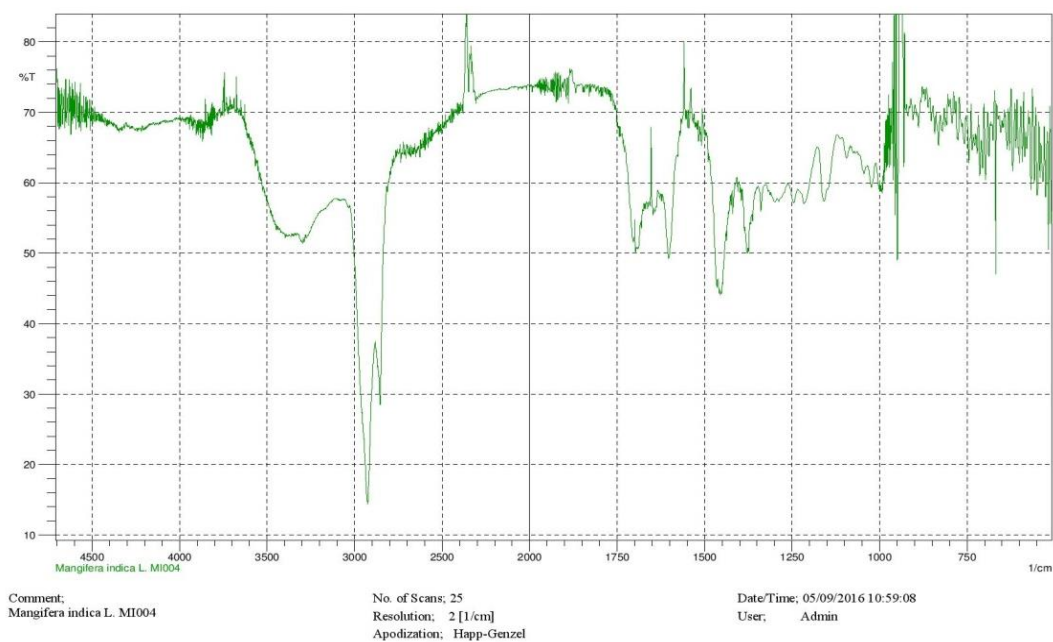
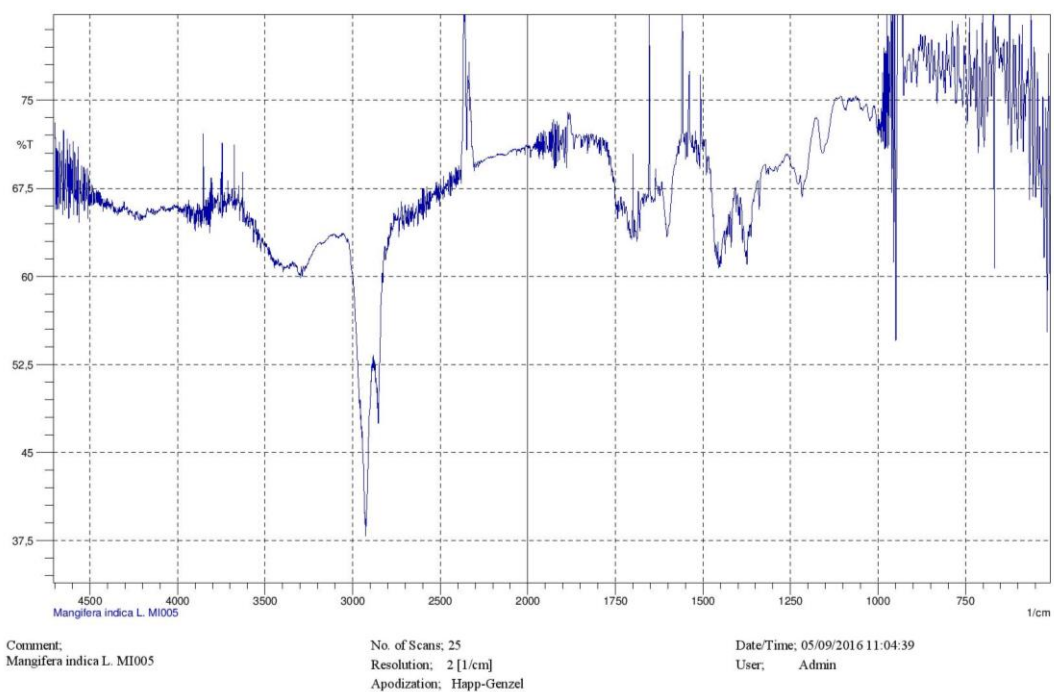
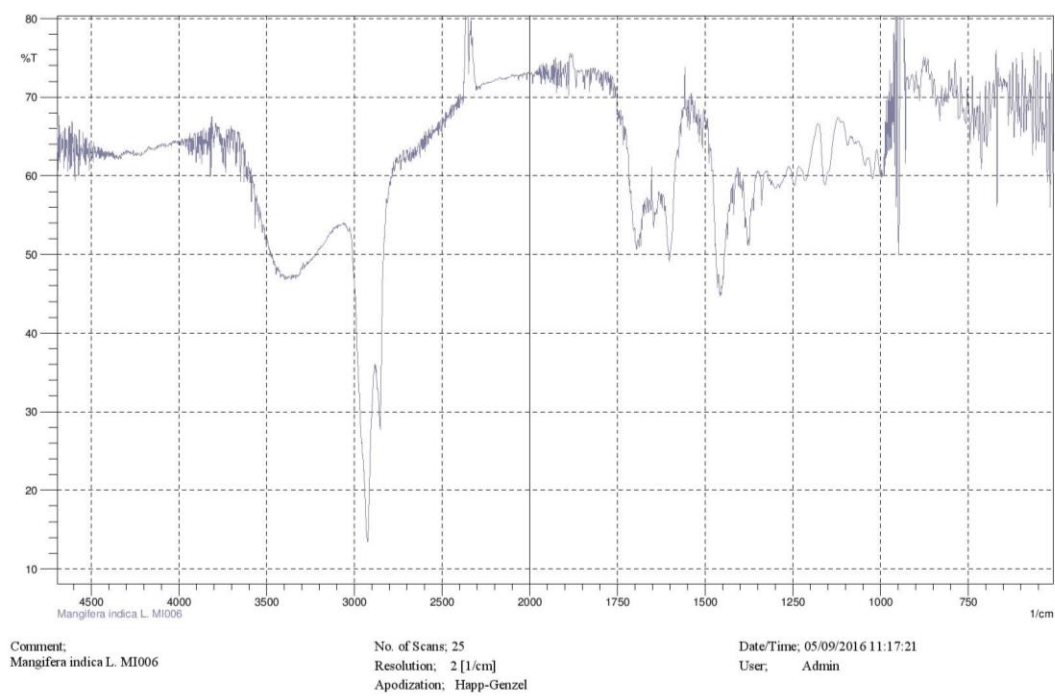


Figura N° 58. Espectro infrarrojo *Mangifera indica* L. Código: MI004

Figura N° 59. Espectro infrarrojo *Mangifera indica* L. Código: MI005Figura N° 60. Espectro infrarrojo *Mangifera indica* L. Código: MI006

5.4.5.1 Análisis IR de *Mangifera indica* L

Al analizar las muestras de *Mangifera indica* L. se obtuvieron 6 espectros en la región del IR intermedio, se realizó el respectivo acoplamiento espectral, observándose que sus absorciones son similares la única diferencia es la intensidad de absorción; se analizó el espectro más representativo de esta especie siendo la muestra con código MI004.

Al realizar el análisis se observa el alargamiento del grupo C-H saturado entre 2800-3000 cm^{-1} y flexión C-H entre 1350 cm^{-1} , y alargamiento del grupo C=O entre 1710 cm^{-1} característico del grupo carbonilo, además presenta absorción de alargamiento -OH entre 3300 cm^{-1} . Se concluye la posible presencia de alcoholes, además una cadena saturada del grupo C-H, con algunos compuestos que presentan en su estructura grupos carbonilo.

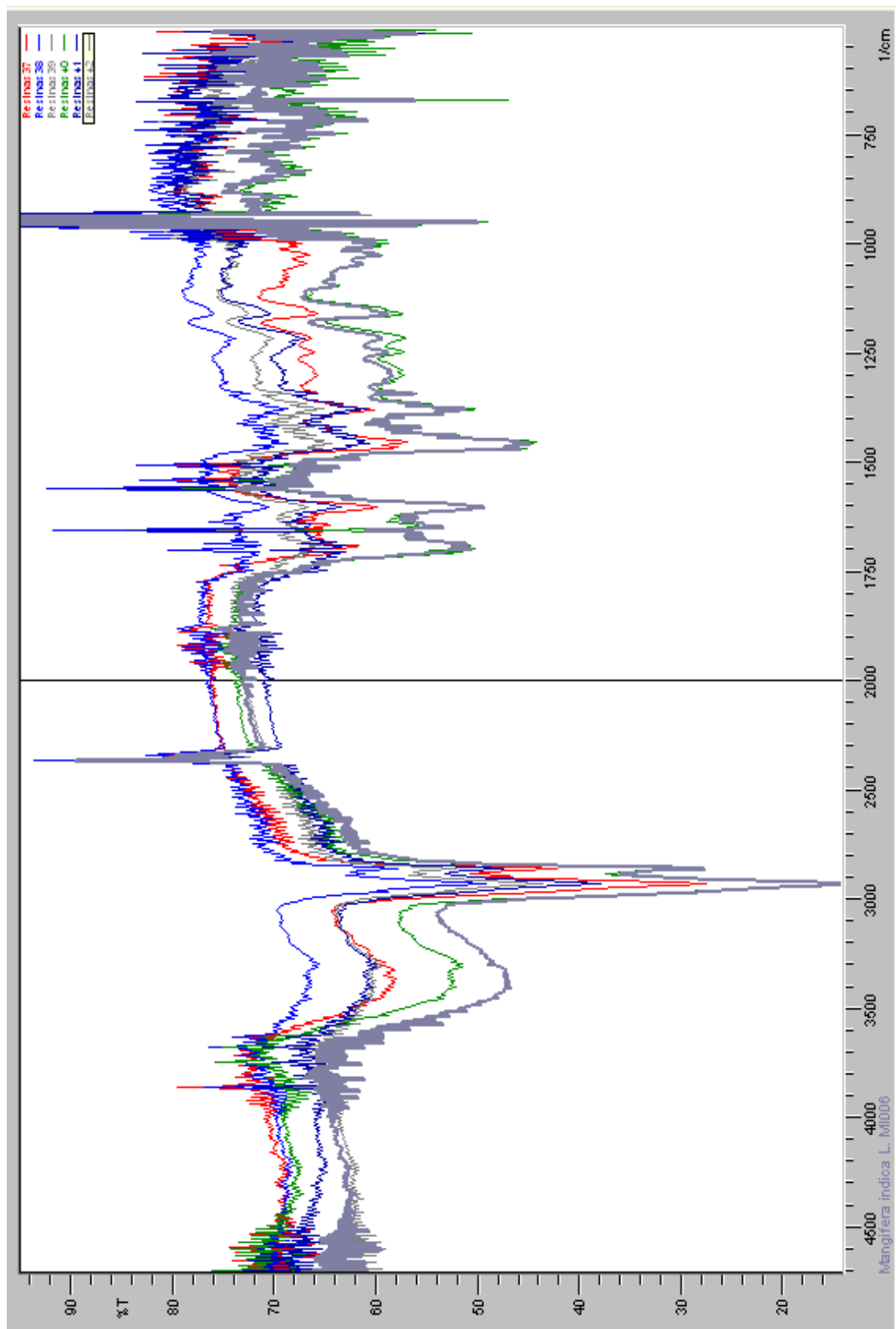
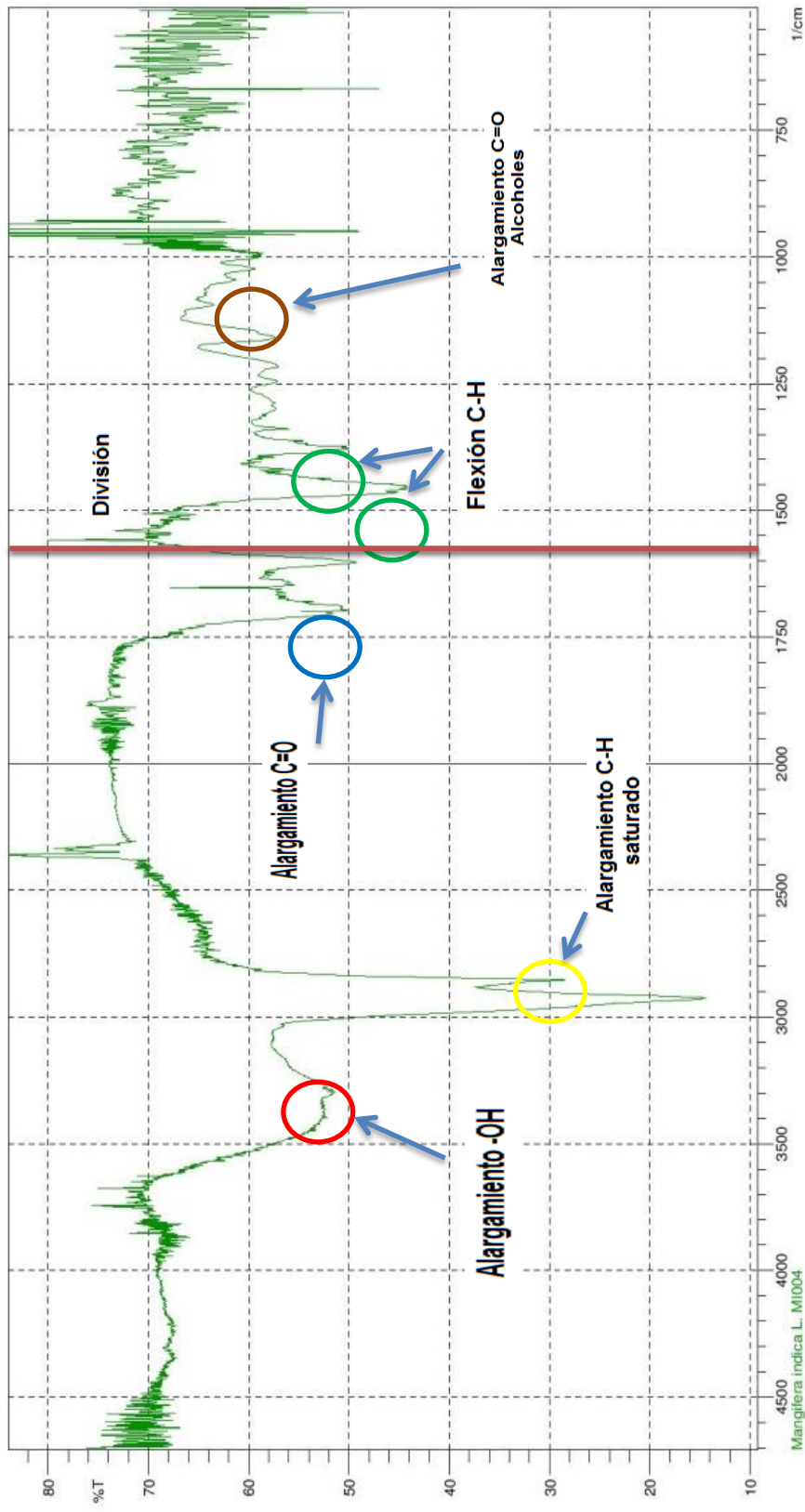


Figura N° 61. Acoplamiento espectral IR de las especies *Mangifera indica L.*



Comment: *Mangifera indica* L. MI004
 No. of Scans: 25
 Resolution: 2 [1/cm]
 Apodization: Happ-Genzel
 Date/Time: 05/09/2016 10:59:08
 User: Admin

Figura N° 62. Espectro infrarrojo representativo de la especie *Mangifera indica* L.; código MI004 en la región Infrarrojo intermedio 4000-500 cm^{-1} .

5.5. Con respecto al análisis por Espectrofotometría Ultravioleta visible, se llevó a cabo el procedimiento descrito en la parte experimental, recolectando la información en la región comprendida desde los 800 a los 200 nm.

Para lograr determinar el solvente adecuado en el cual disolver la muestra y utilizar como blanco en el equipo UV-1800 se utilizó las pruebas de solubilidad encontrándose en el etanol 90° mayor solubilidad; se procedió a leer el blanco como indica la metodología y posteriormente se procedió a analizar cada una de las muestras observándose en la región visible la ausencia de absorbancias y de picos característicos, razón por la cual se redujo el rango de lectura desde los 200-450 nm, rango donde se observa perfectamente las intensidades de absorción.

Con la interpretación de los espectros obtenidos en la región del Ultravioleta Visible (200-800nm) las muestras fueron disueltas en alcohol etílico como se muestra en la metodología; para lograr encontrar una concentración adecuada para realizar las lectura se llevaron a cabo diferentes pruebas hasta encontrar la idónea para que el equipo UV-1800 fuese capaz de detectar, al encontrar cada una de las concentraciones se procedió a leer las muestras observándose en la región Visible falta de picos de absorbancia y solo observándose en la región ultravioleta, razón de ello se procedió a realizar un pequeño corte en la región para una mejor visión de las absorbancias obtenidas.

Se obtuvieron en total 34 espectros de absorción con el equipo UV-1800 a una región de 200-450 nm, 8 espectros de *Eucalyptus globulus Labill*, 10 espectros de *Eucalyptus citriodora Hook*, 9 de *Araucaria heterophylla*, 1 de *Hymenaea courbaril L.*, y 6 espectros UV-Vis de *Mangifera indica L.*; con cada una de las especies respectivas se realizó un acoplamiento espectral observándose similitudes en cada una de las muestras de la misma familia; razón de ellos se procedió a analizar el espectro más representativo de cada una de las especies.

En contraposición con el espectro infrarrojo, el ultravioleta no se emplea fundamentalmente para demostrar la presencia de grupos funcionales individuales, sino más bien, para establecer relaciones entre ellos, principalmente conjugación entre dos o más dobles enlaces (o triples) carbono-carbono; entre dobles enlaces carbono-hidrogeno; entre dobles enlaces y anillos aromáticos. (12)

En una transición a un nivel electrónico más alto, una molécula puede ir desde cualquiera de varios subniveles. Correspondientes a diversos estados vibracionales y rotacionales, hacia cualquiera de varios otros subniveles: el resultado es la observación de bandas anchas de absorción

Mientras un espectro infrarrojo muestra muchos picos muy marcados, un ultravioleta típico solo muestra algunas bandas anchas. Dicho espectro puede describirse convenientemente en función de la posición del máximo de la banda (ν_{\max}).

Razón de ello para realizar el análisis de cada espectro representativo de cada especie en esa región no se puede identificar grupos funcionales sino solamente dar una discusión en base a sus absorbancias.

5.5.1. Análisis de *Eucalyptus globulus* Labill

A continuación se presentan los 8 espectros UV-Vis obtenidos de estos exudados.

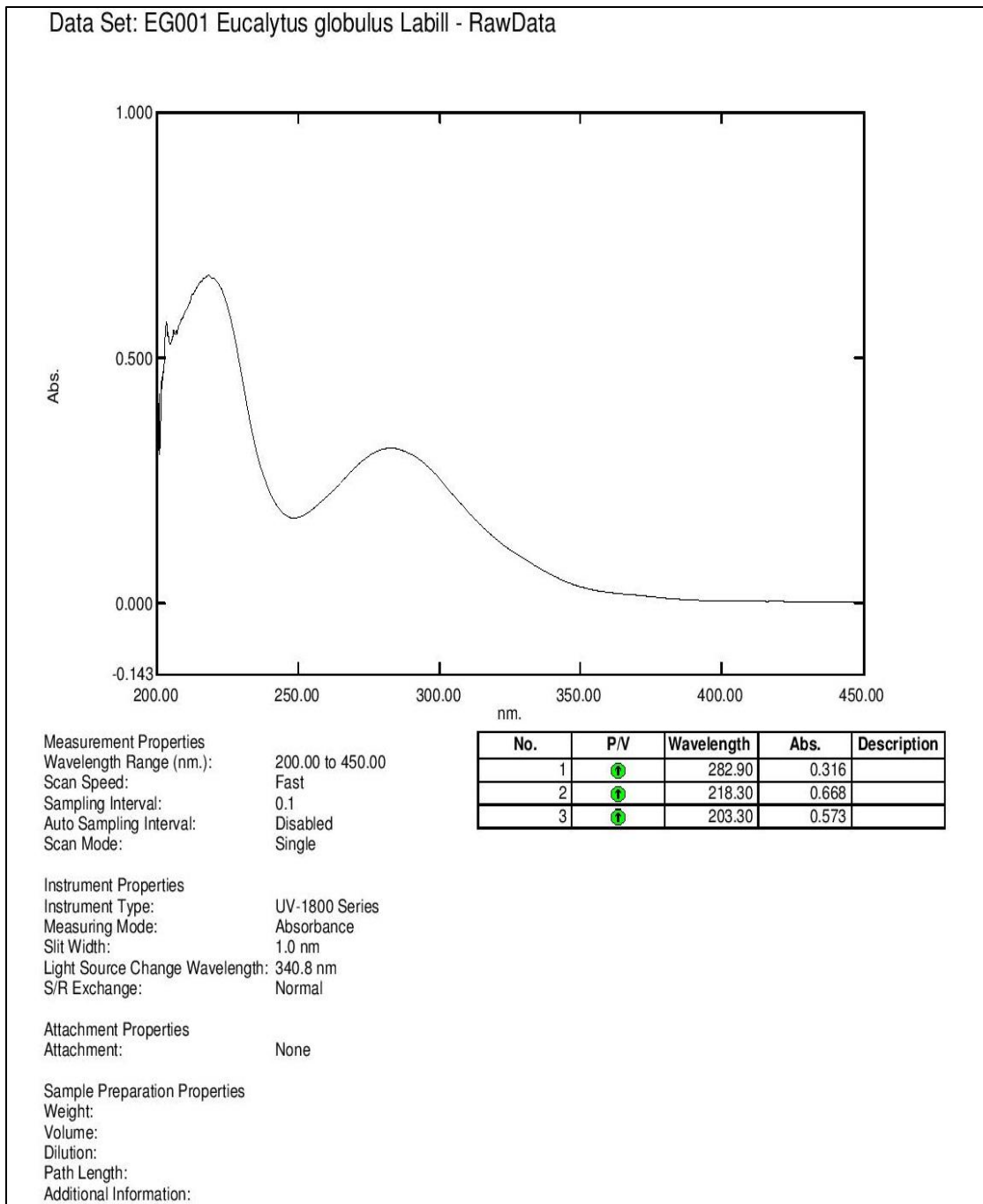


Figura N° 63. Espectro UV-Vis *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG001

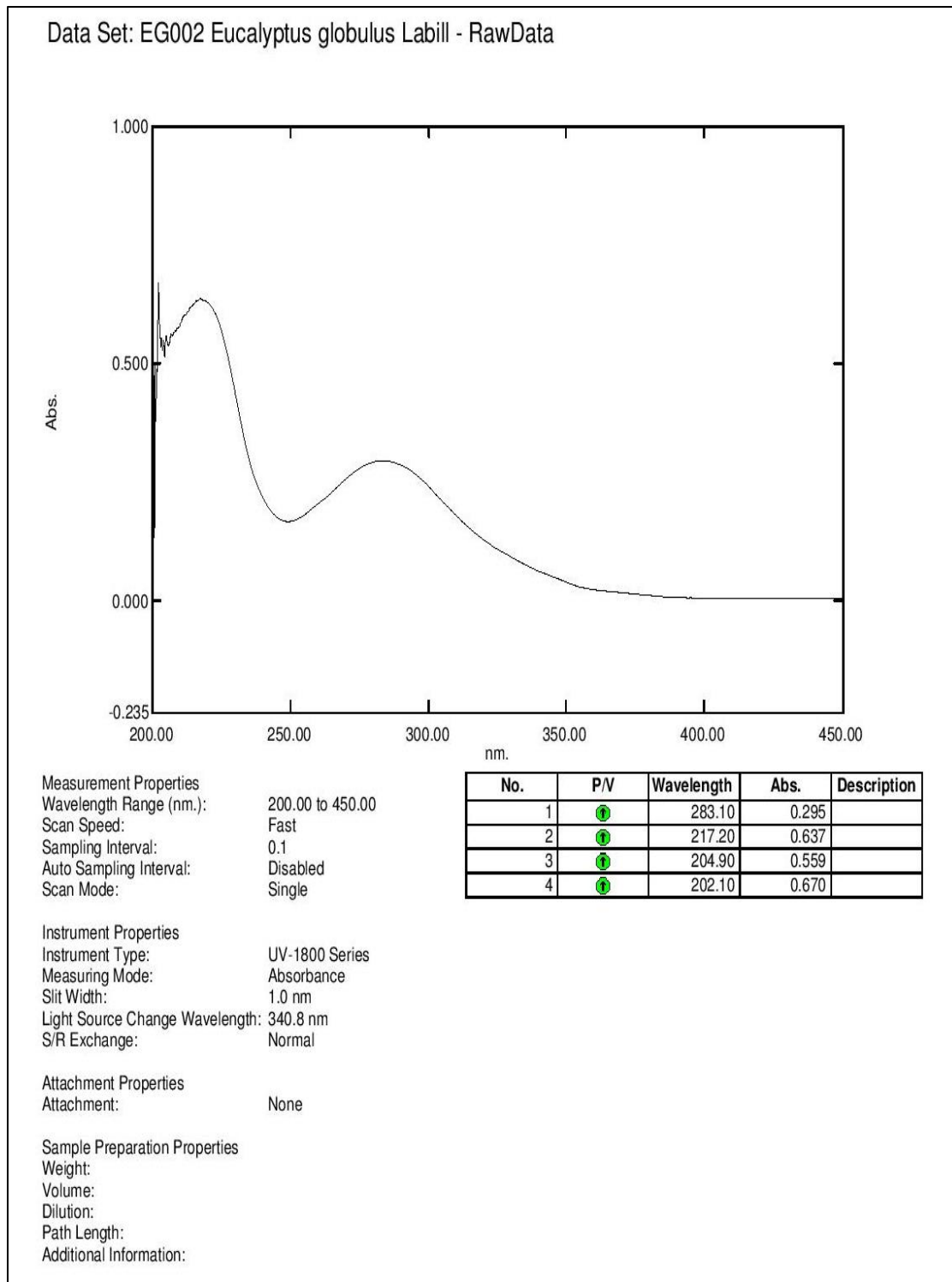


Figura N° 64. Espectro UV-Vis *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG002

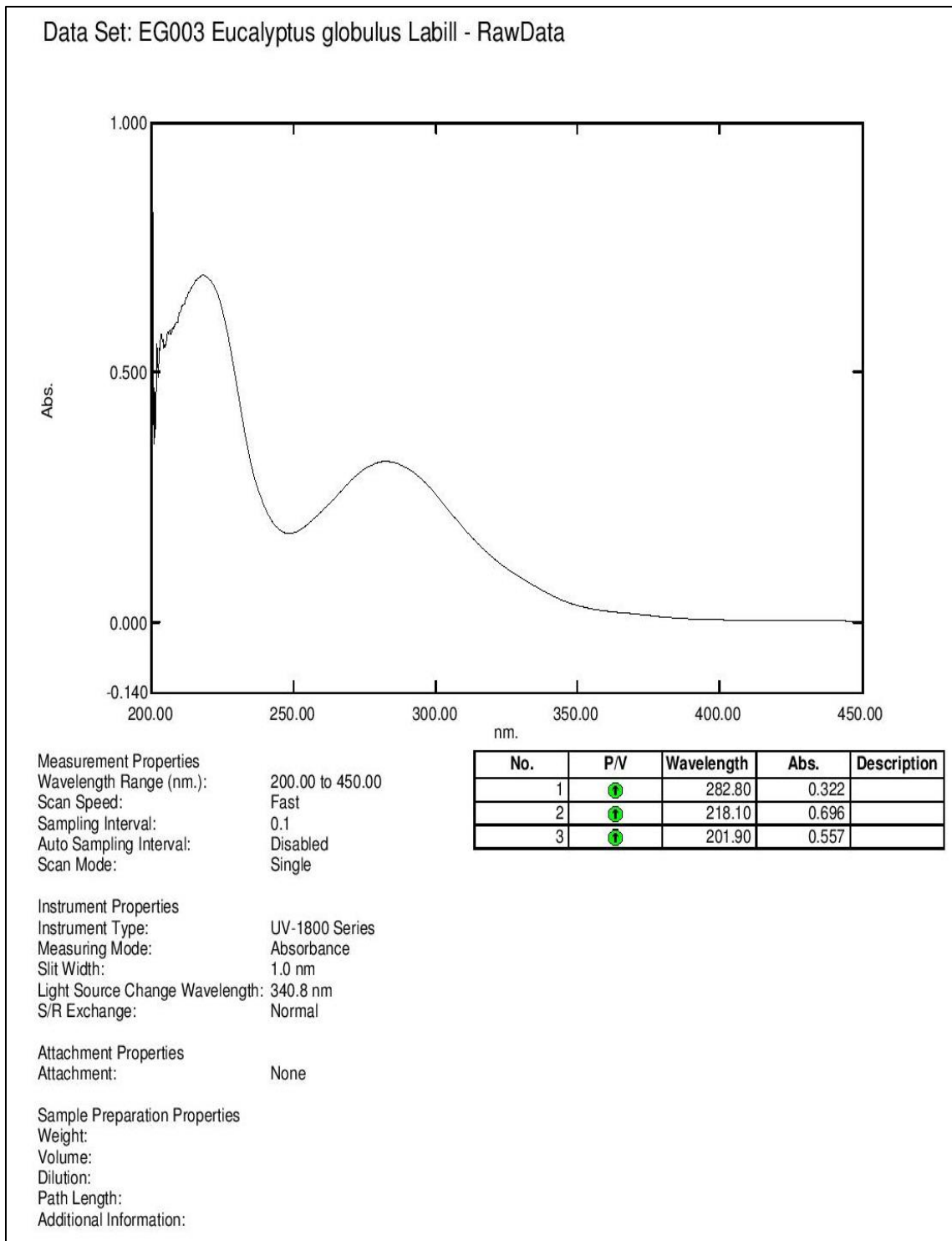


Figura N° 65. Espectro UV-Vis *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG003

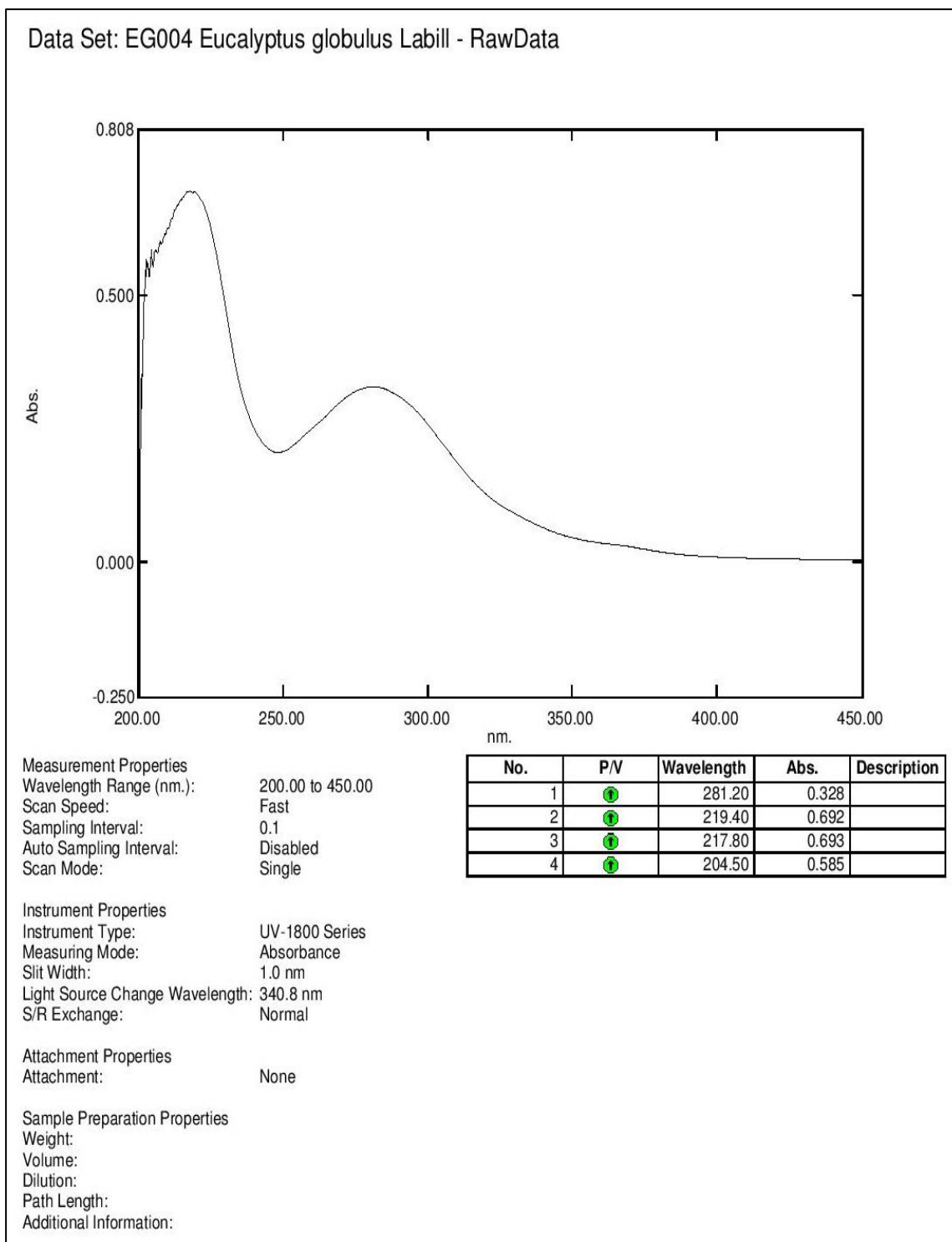


Figura N° 66. Espectro UV-Vis *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG004

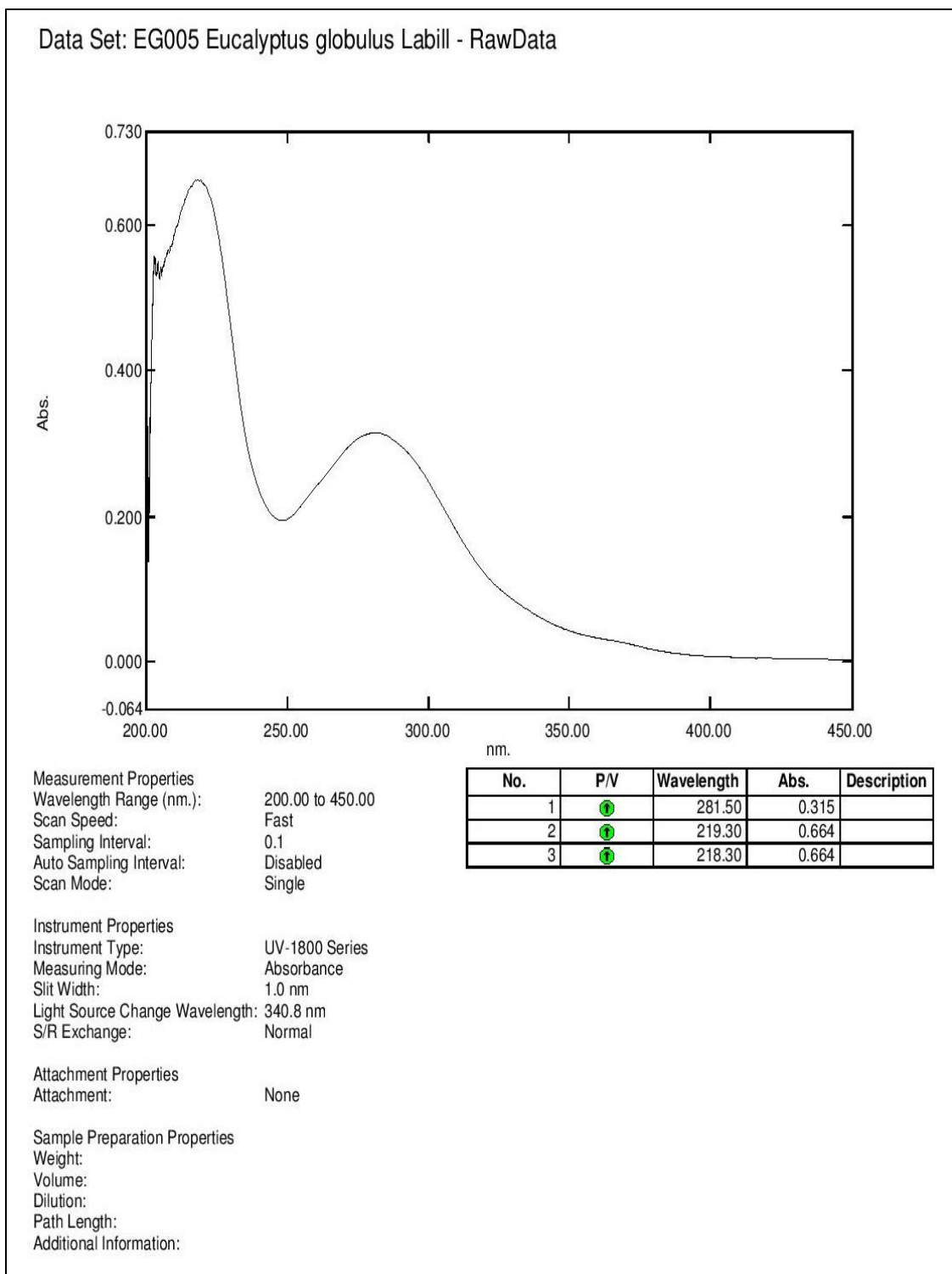


Figura N° 67. Espectro UV-Vis *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG005

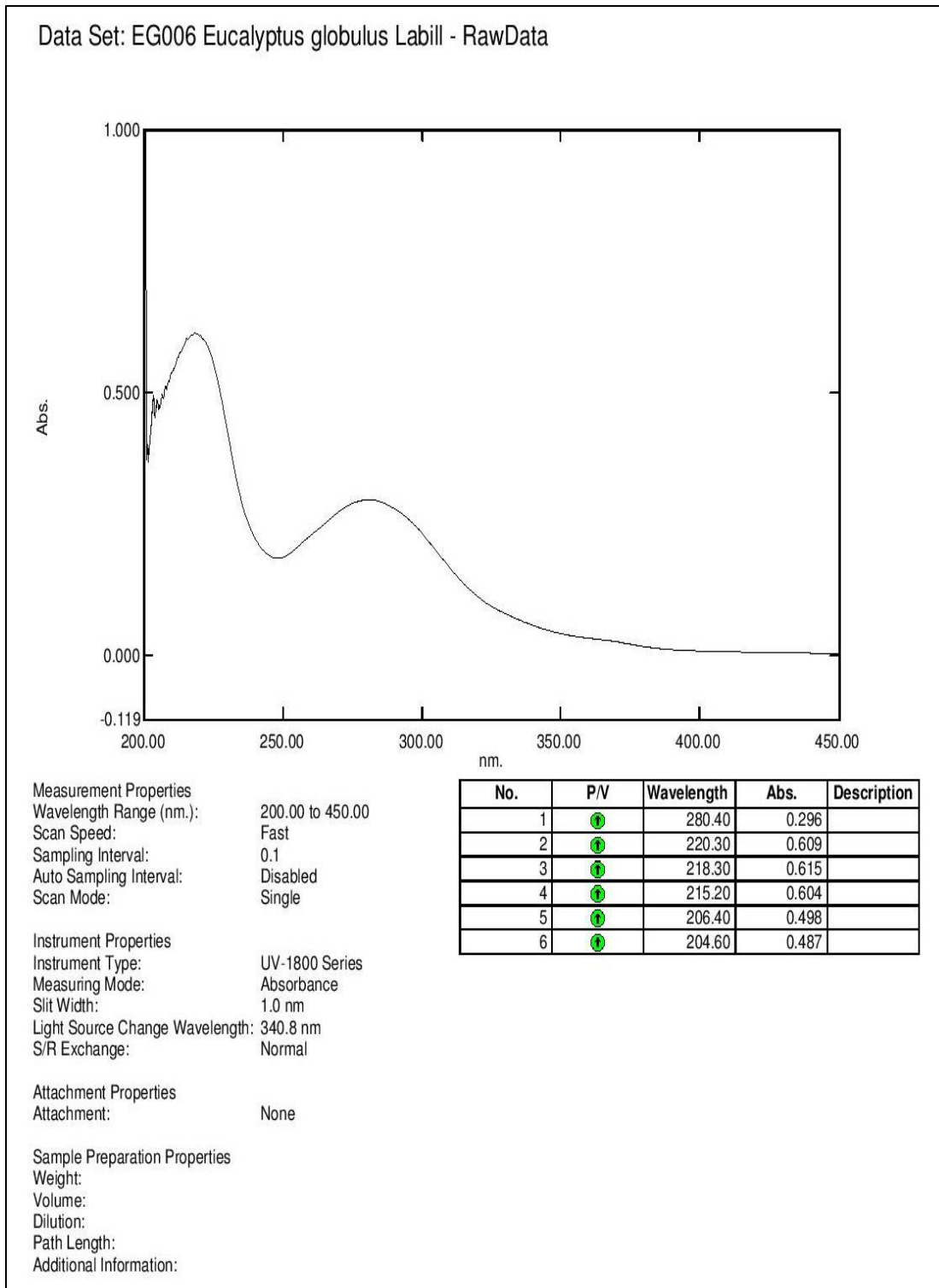


Figura N° 68. Espectro UV-Vis *Eucalyptus globulus Labill* Código: EG006

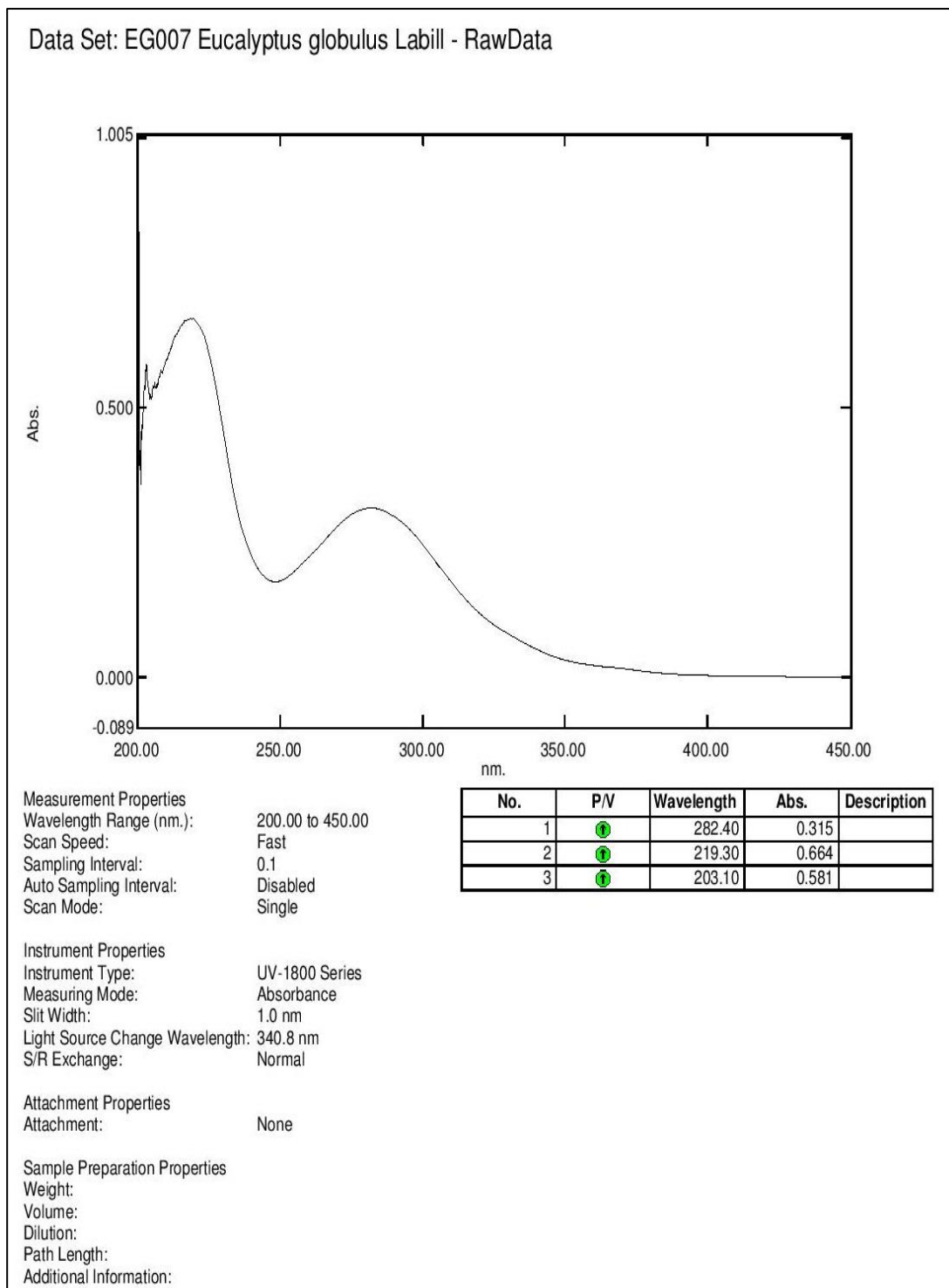


Figura N° 69. Espectro UV-Vis *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG007

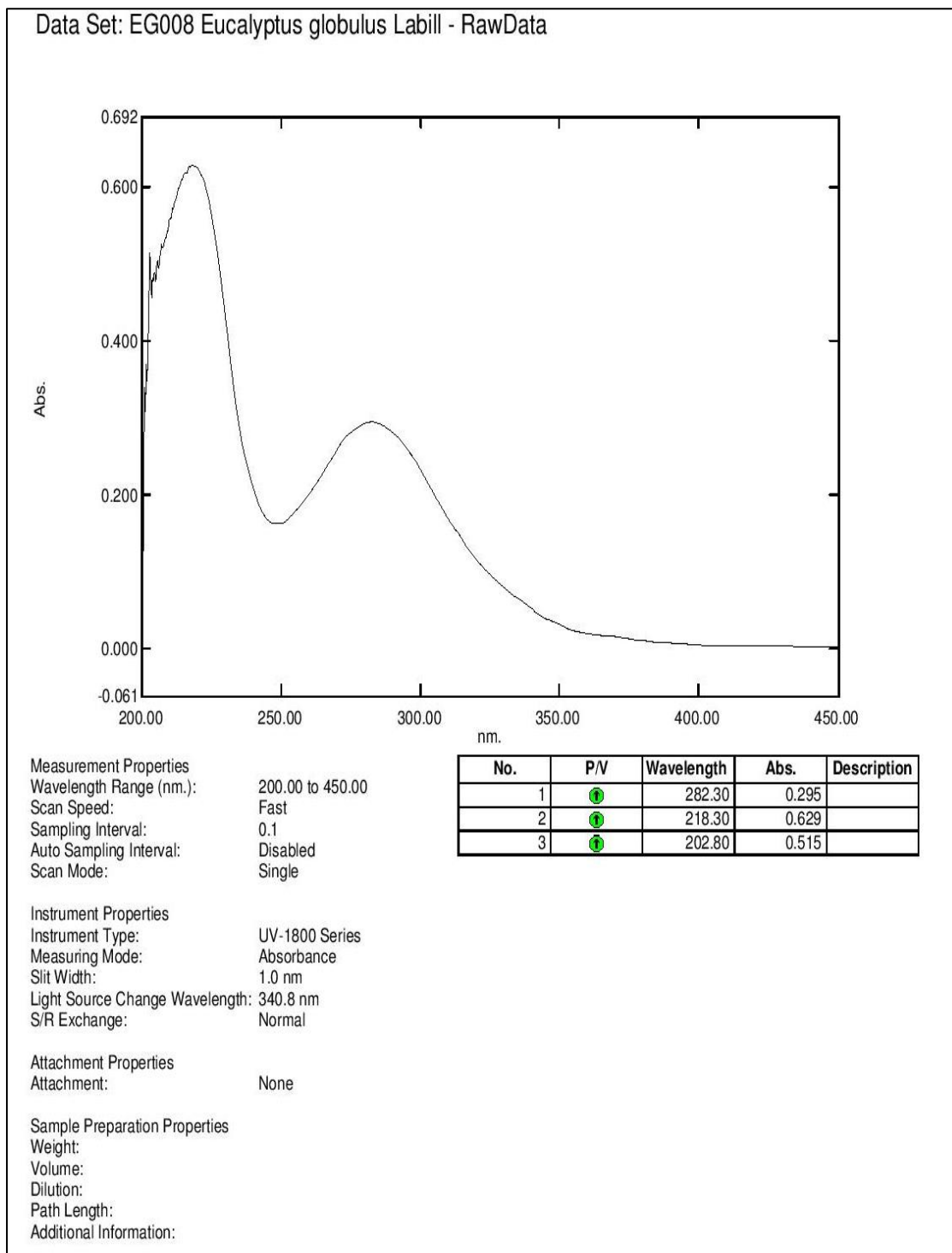


Figura N° 70. Espectro UV-Vis *Eucalyptus globulus* Labill Código: EG008

5.5.1.1 Análisis UV-Vis de *Eucalyptus globulus Labill*

Los espectros de absorción en el rango Ultravioleta-Visible de las 8 muestras, al realizar el acoplamiento espectral (Ver figura N°72), se determina que son similares entre cada una de ellas, es decir poseen los mismos tipos de molécula, además presentan picos de absorción en el rango de 200-300 nm, razón de ello se procedió a analizar el más representativo siendo la muestra EG008 la elegida (ver Figura N°73), se muestran aumentos de sus absorbancias en ciertas longitudes de onda específicas a 282.30nm ($A=0.296$), 218.30nm ($A=0.629$) y a 202.80nm ($A=0.515$), esto se puede llevar a cabo debido a que existen algunos compuestos que absorben en el rango ultravioleta, los que poseen enlaces π conjugados y heteroátomos con pares de electrones no compartidos como por ejemplo el oxígeno.

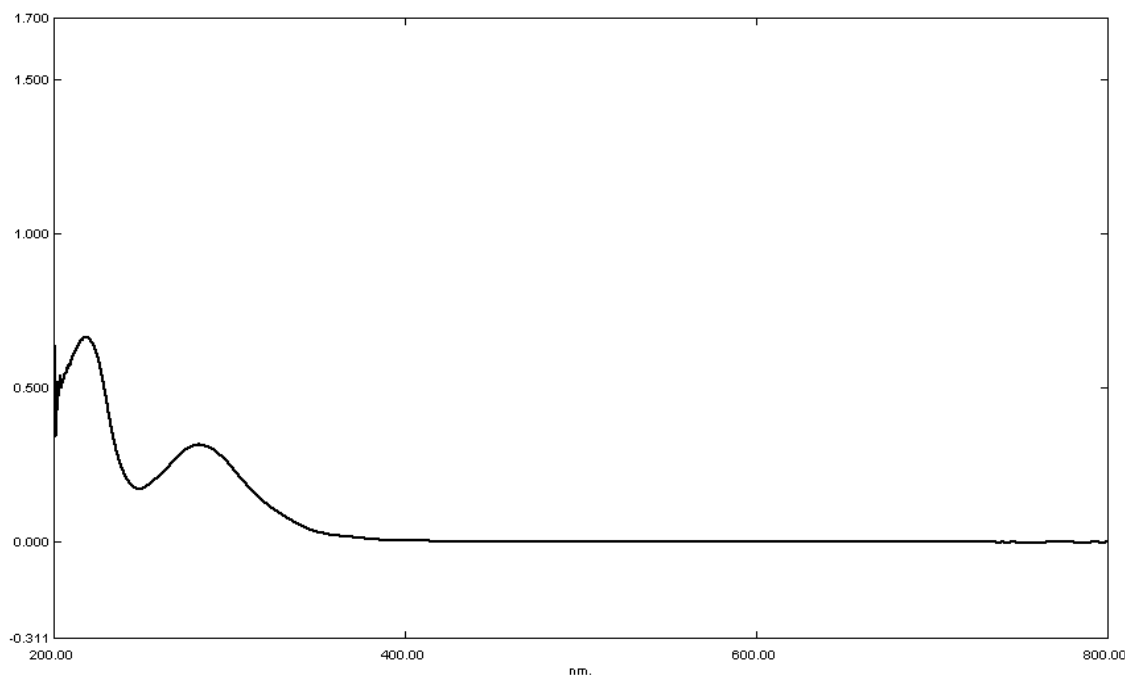


Figura N° 71. Recorte del espectro Ultravioleta visible de la especie *Eucalyptus globulus Labill* en la región 800-200 nm

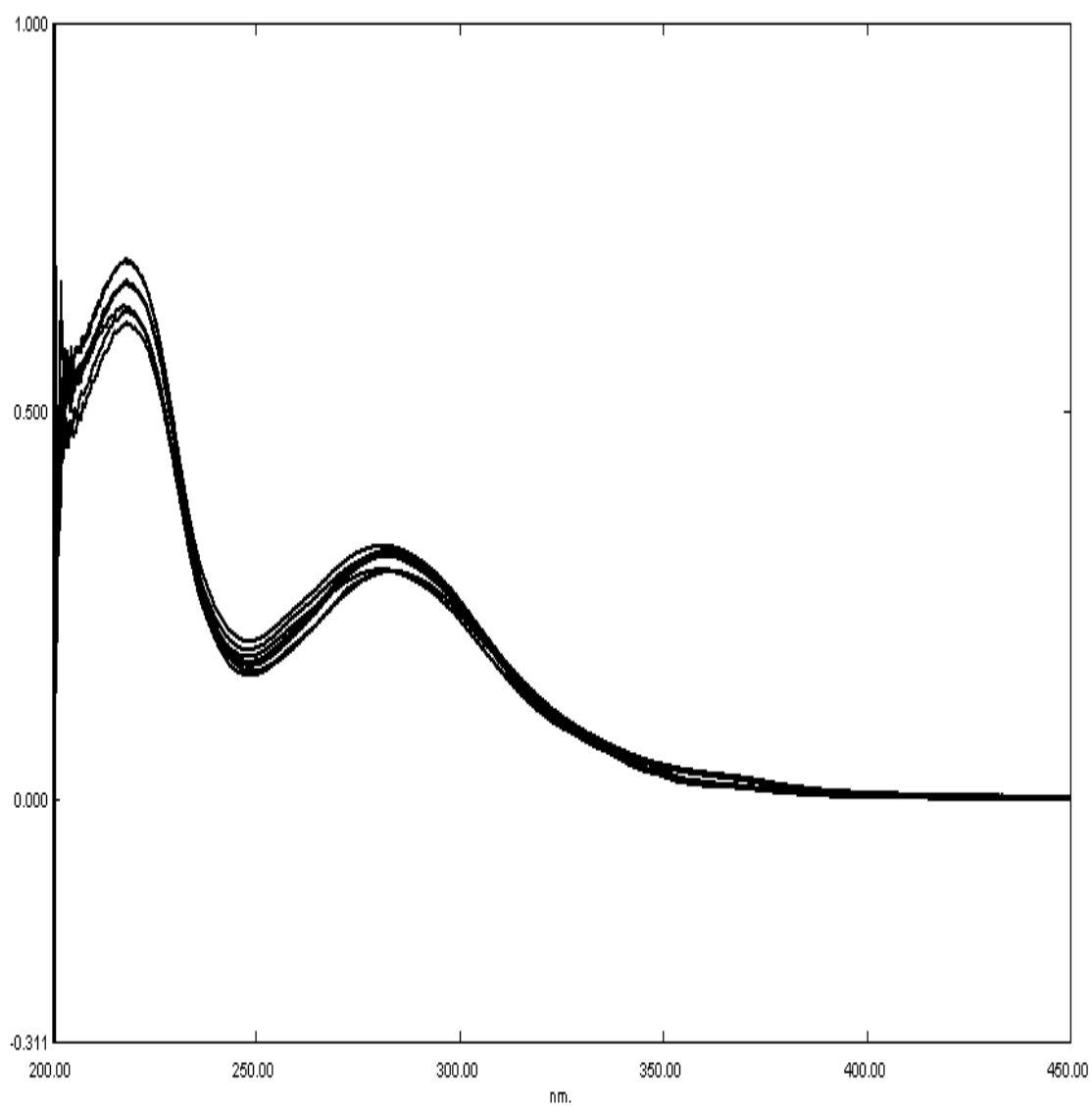


Figura N° 72. Acoplamiento espectral de las especies *Eucalyptus globulus* Labill región 450-200 nm.

- Muestra: *Eucalyptus globulus Labill* Código: EG008 Método: UV/vis

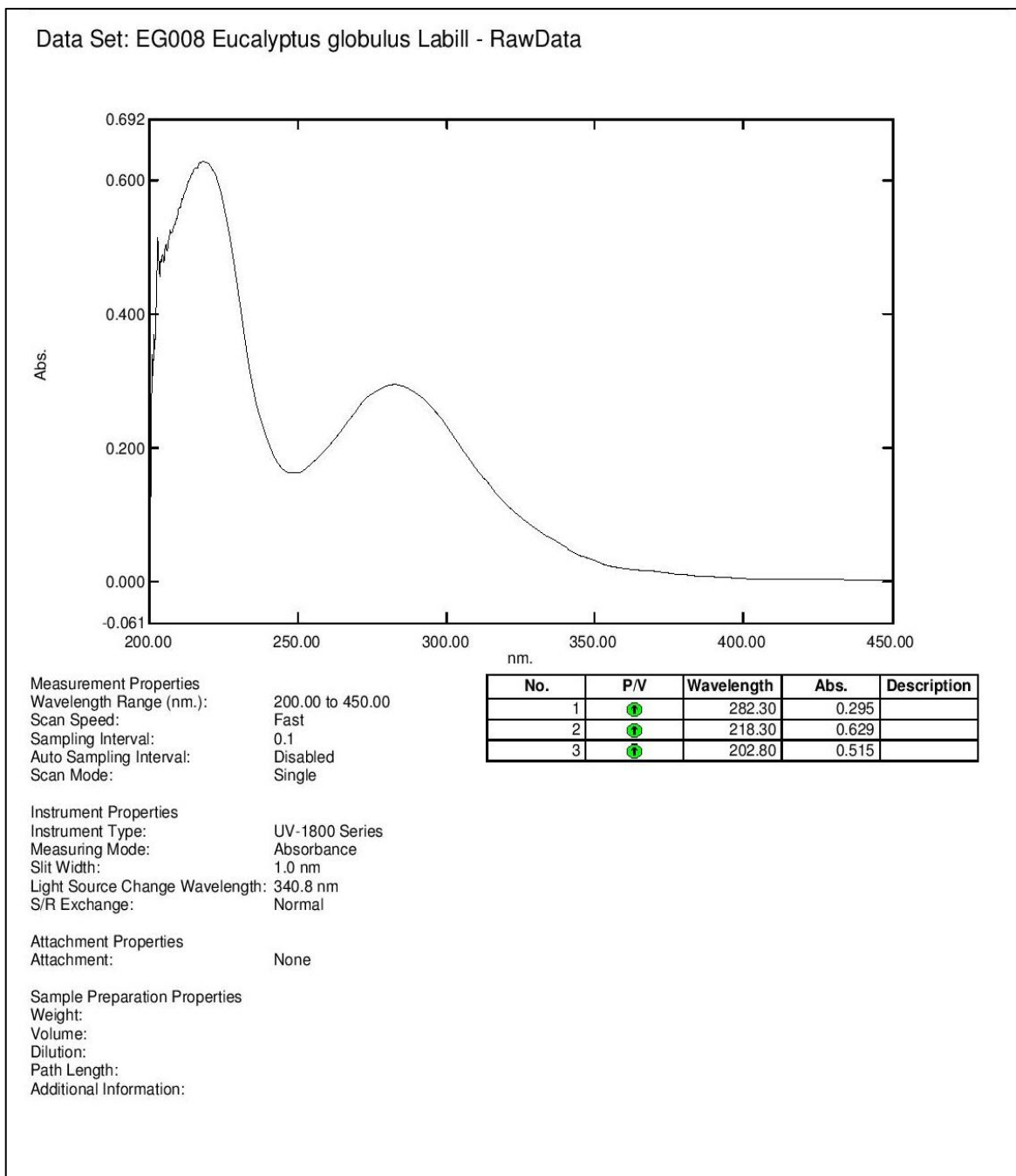


Figura N° 73. Espectro Ultravioleta visible representativo de la especie *Eucalyptus globulus Labill* en la región 450-200 nm.

5.5.2. Análisis de *Corymbia citriodora* Hook

A continuación se presentan los 10 espectros UV-Vis obtenidos de estos exudados.

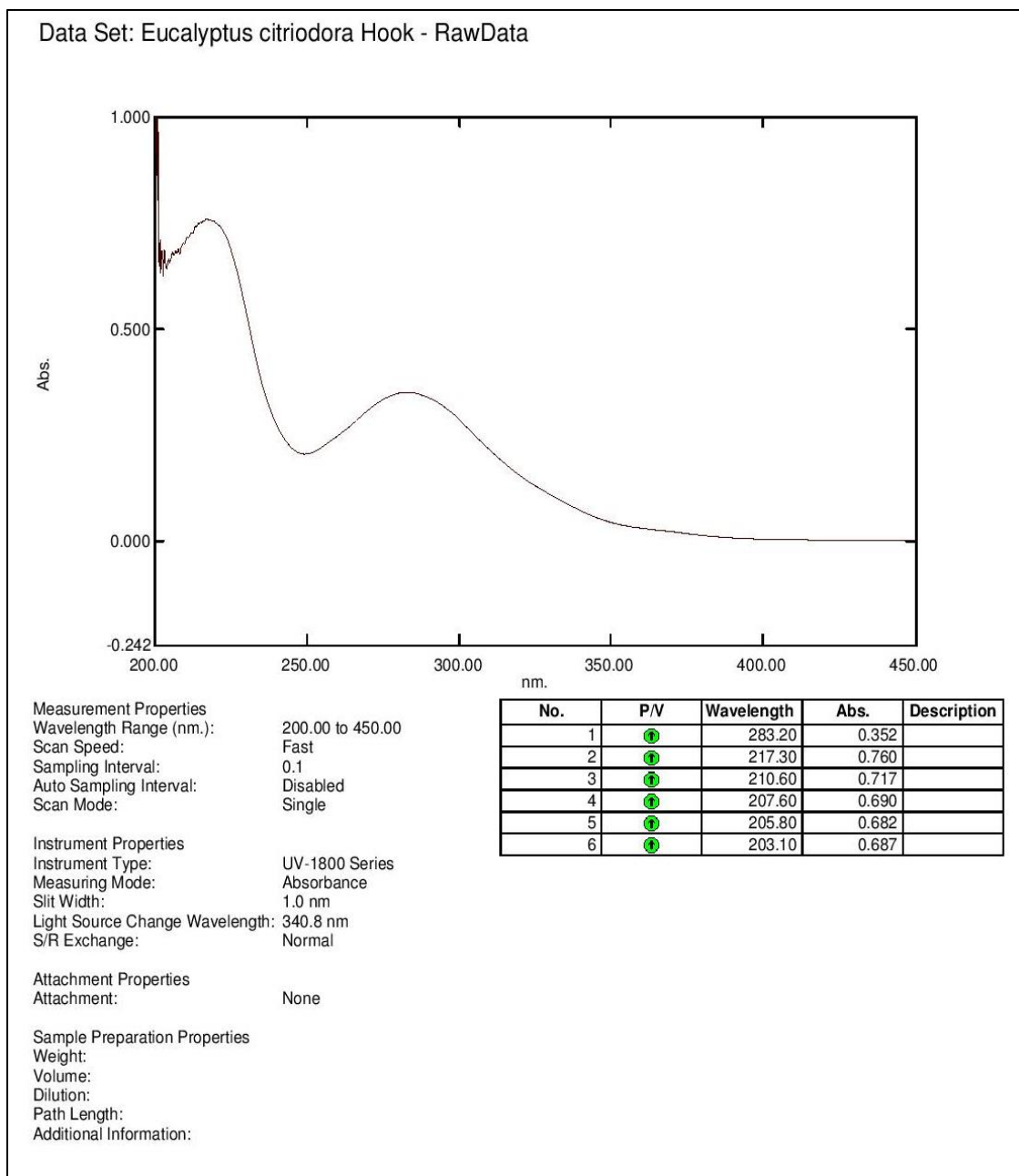


Figura N° 74. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC001

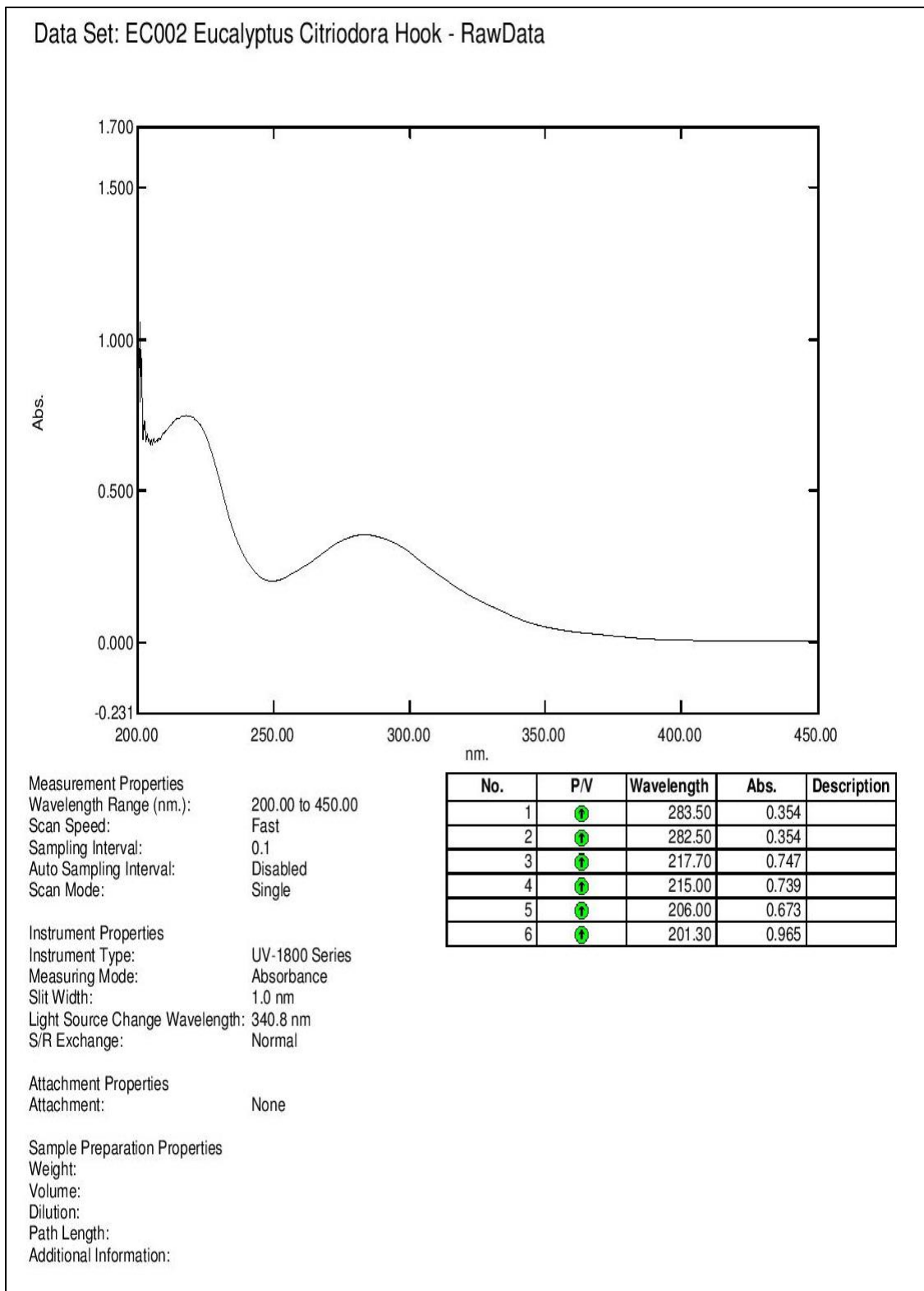


Figura N° 75. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC002

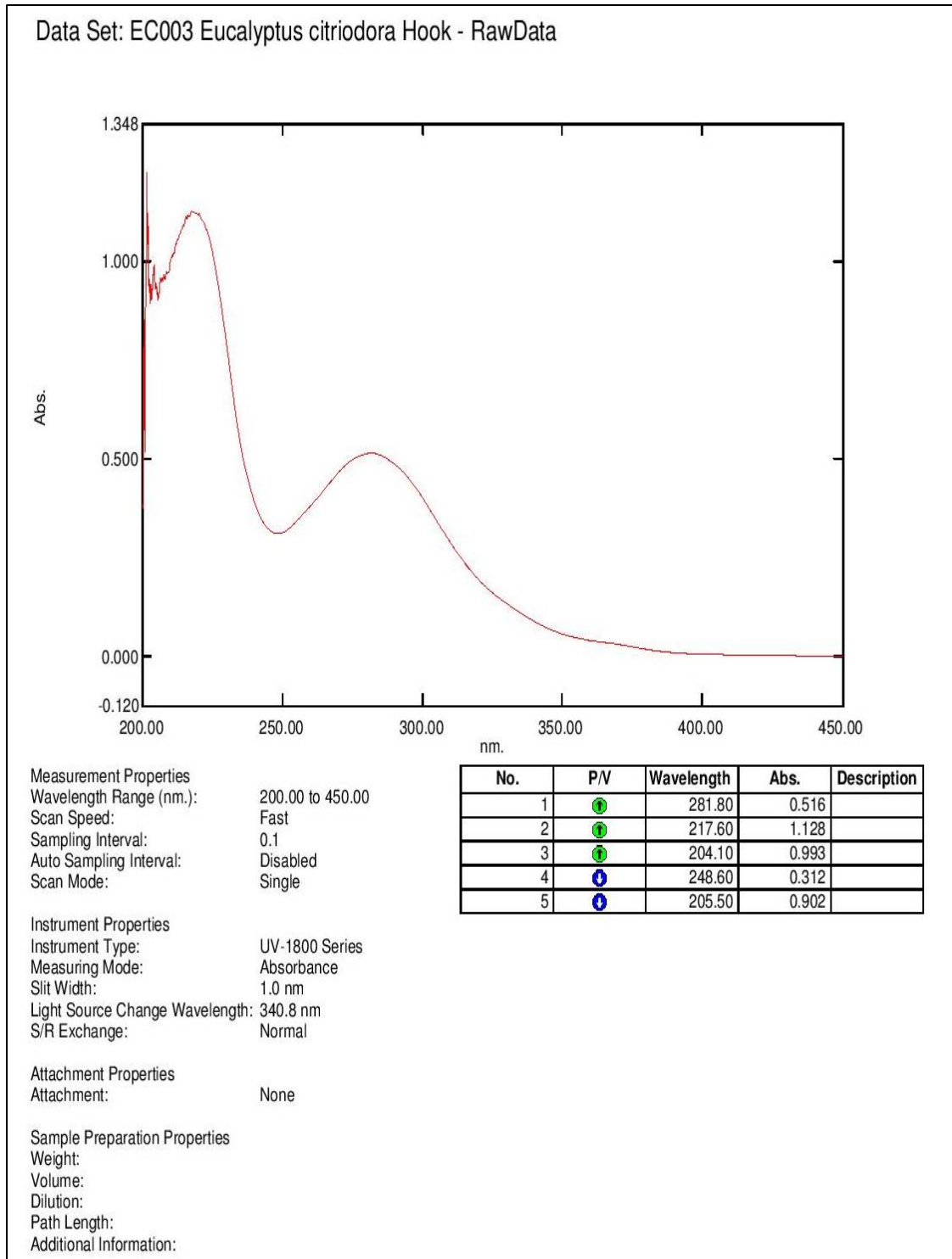


Figura N° 76. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC003

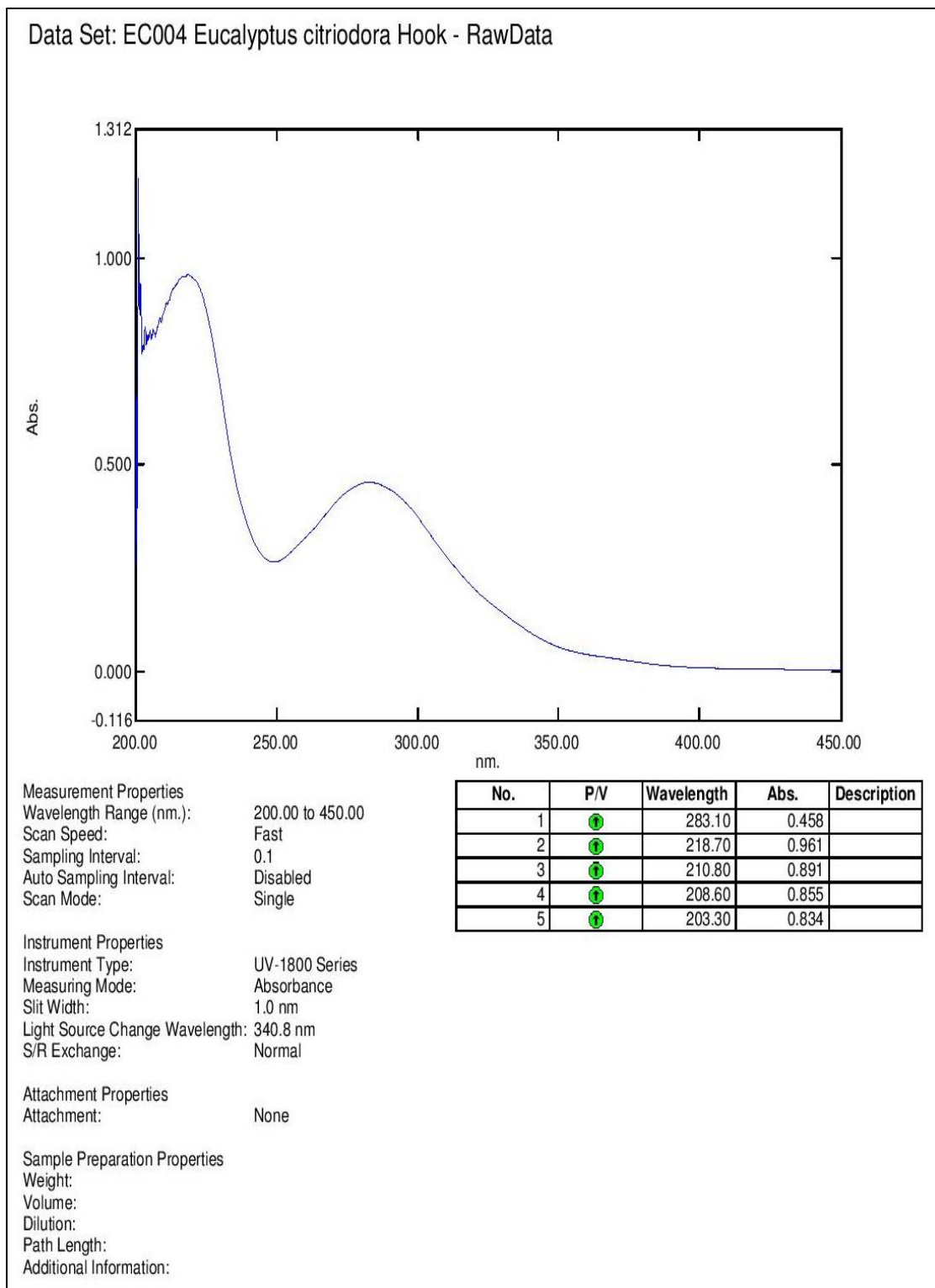


Figura N° 77. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC004

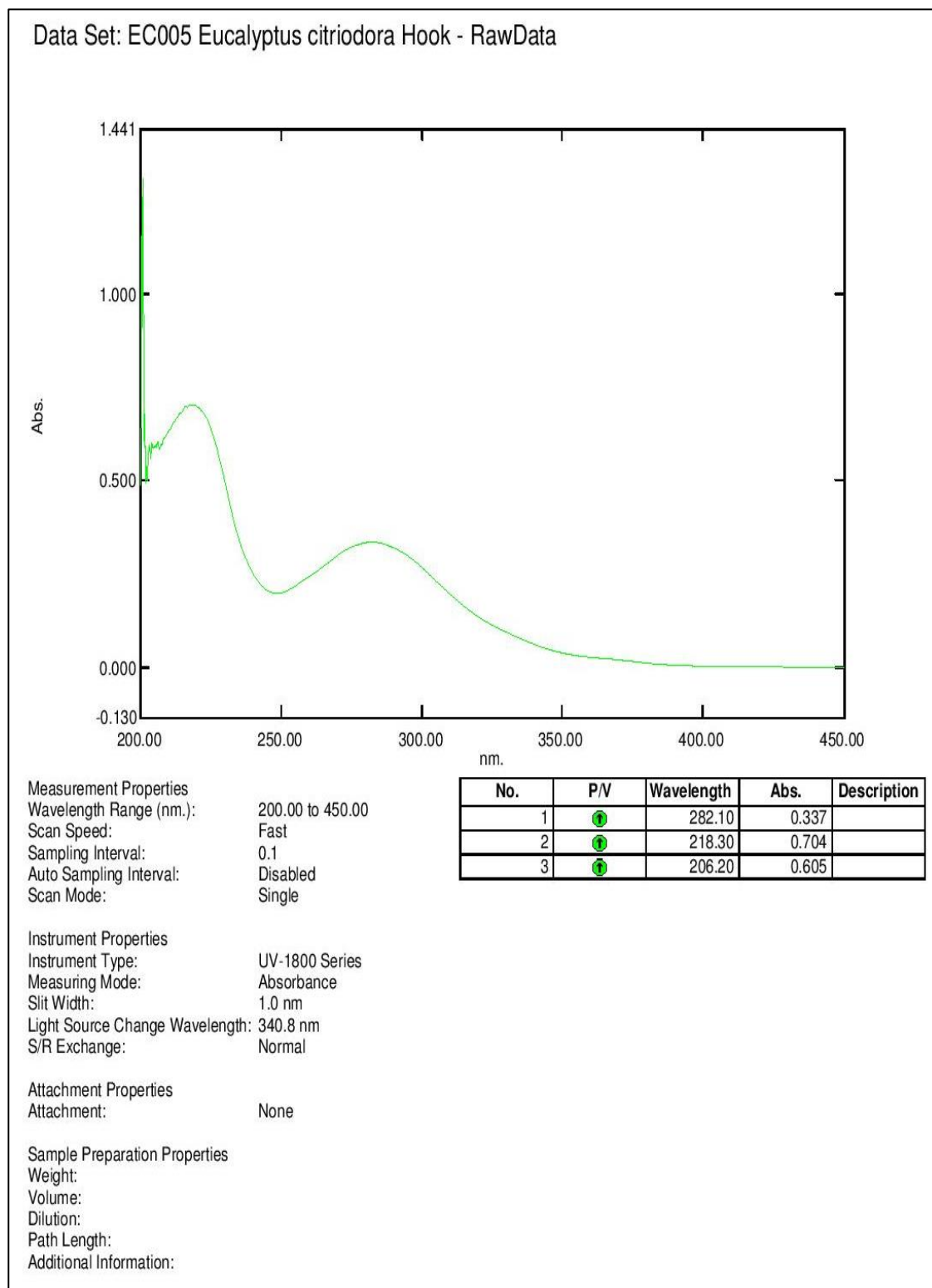


Figura N° 78. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC005

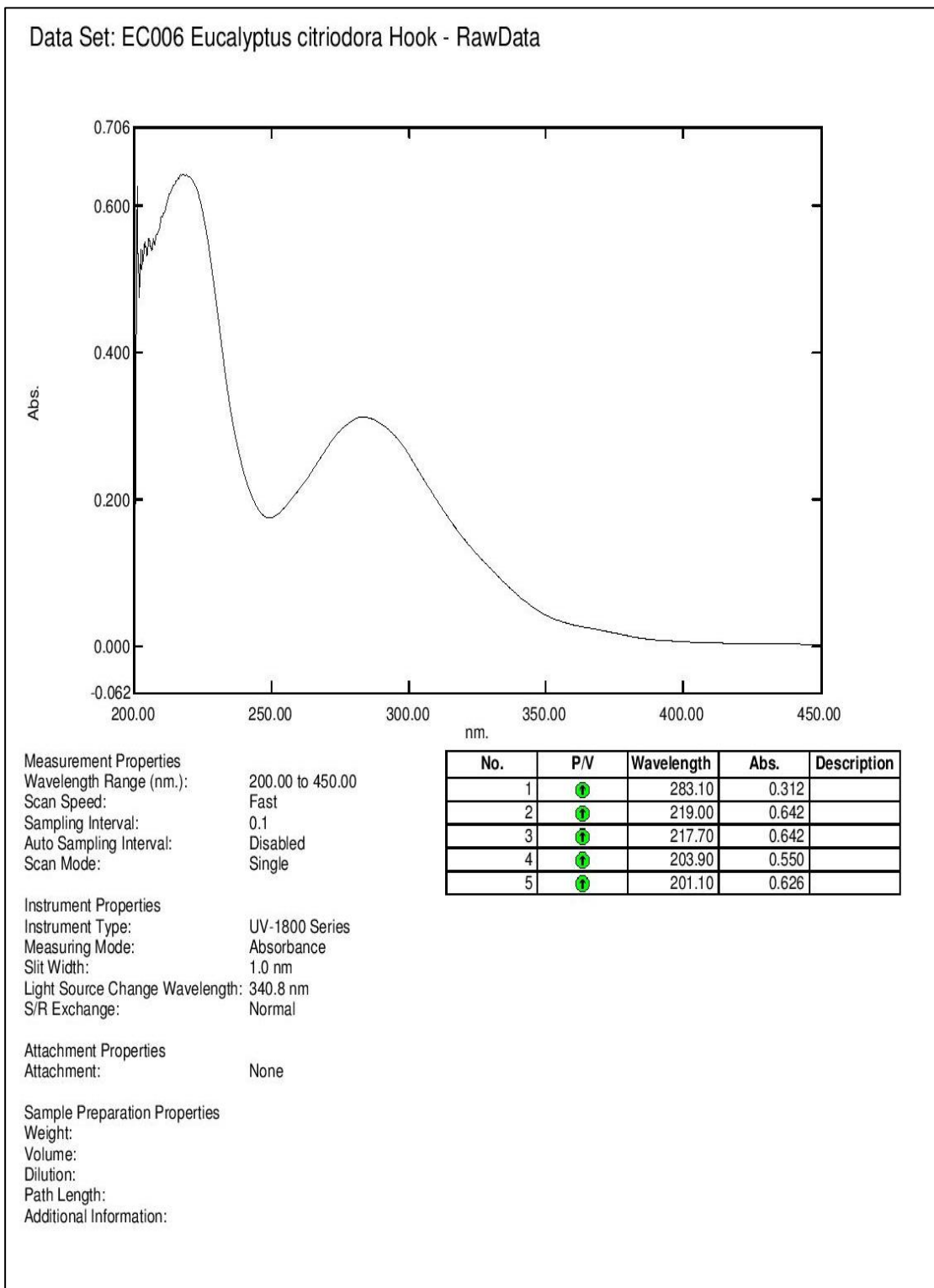


Figura N° 79. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC006

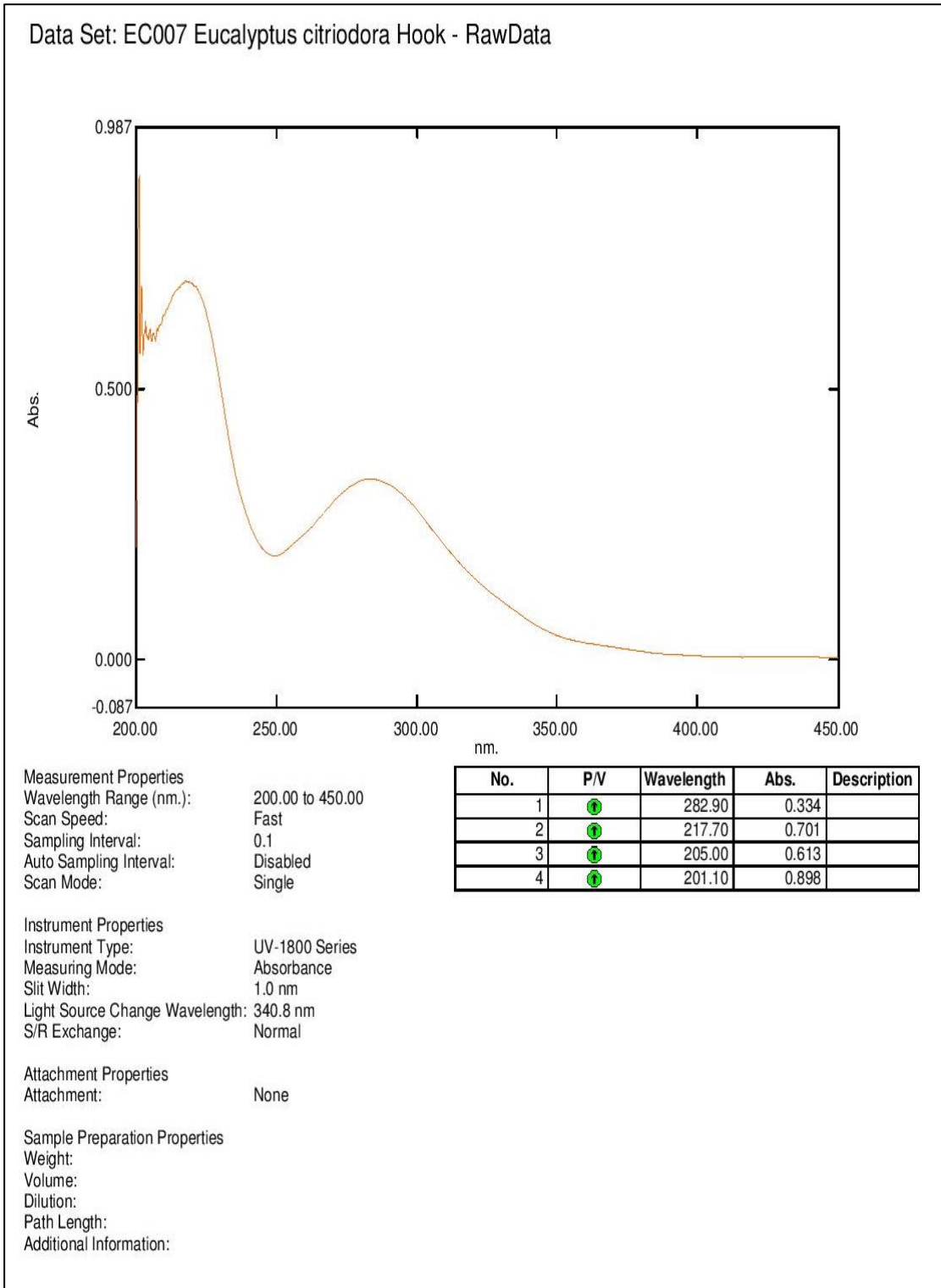


Figura N° 80. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC007

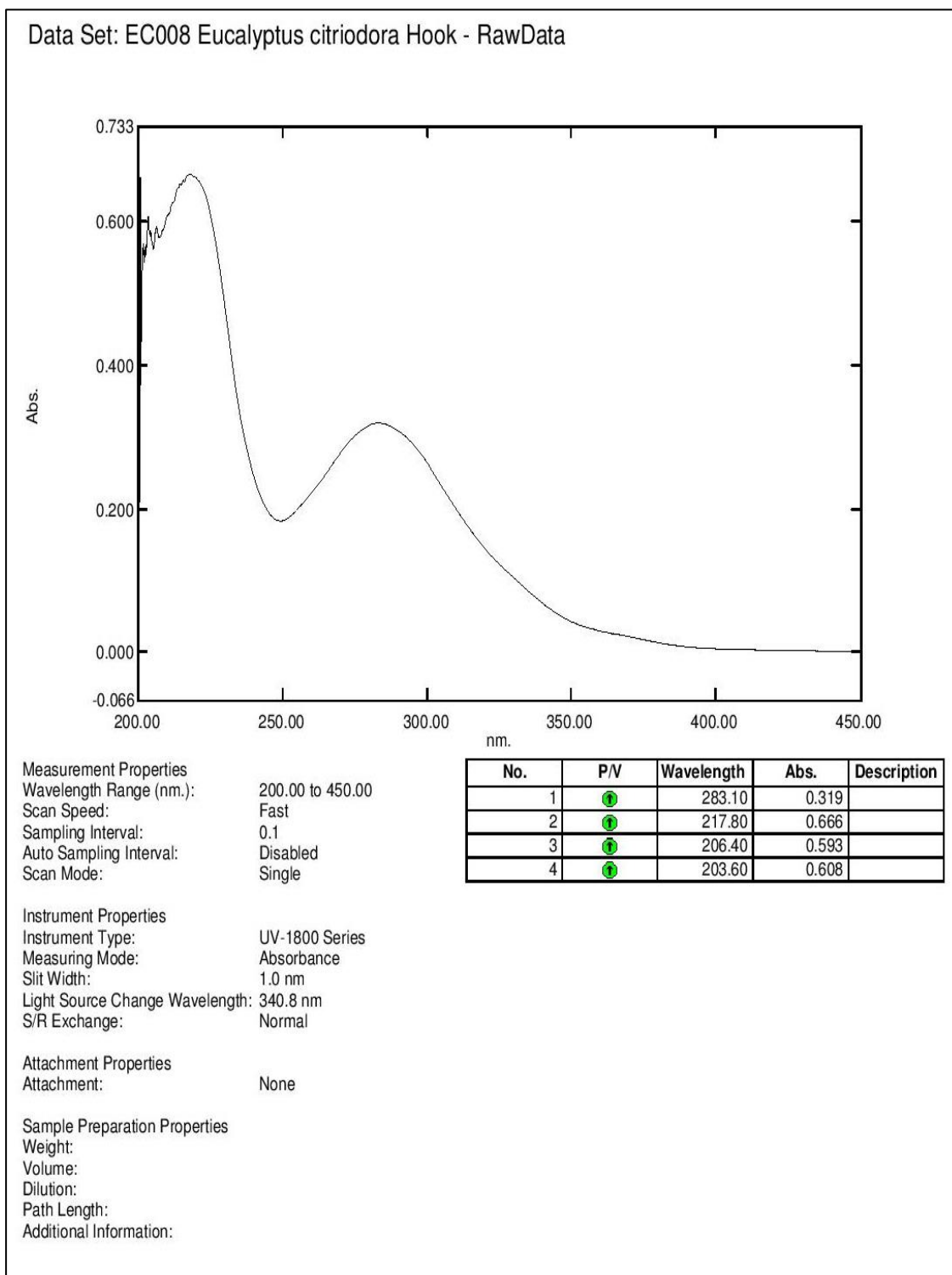


Figura N° 81. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC008

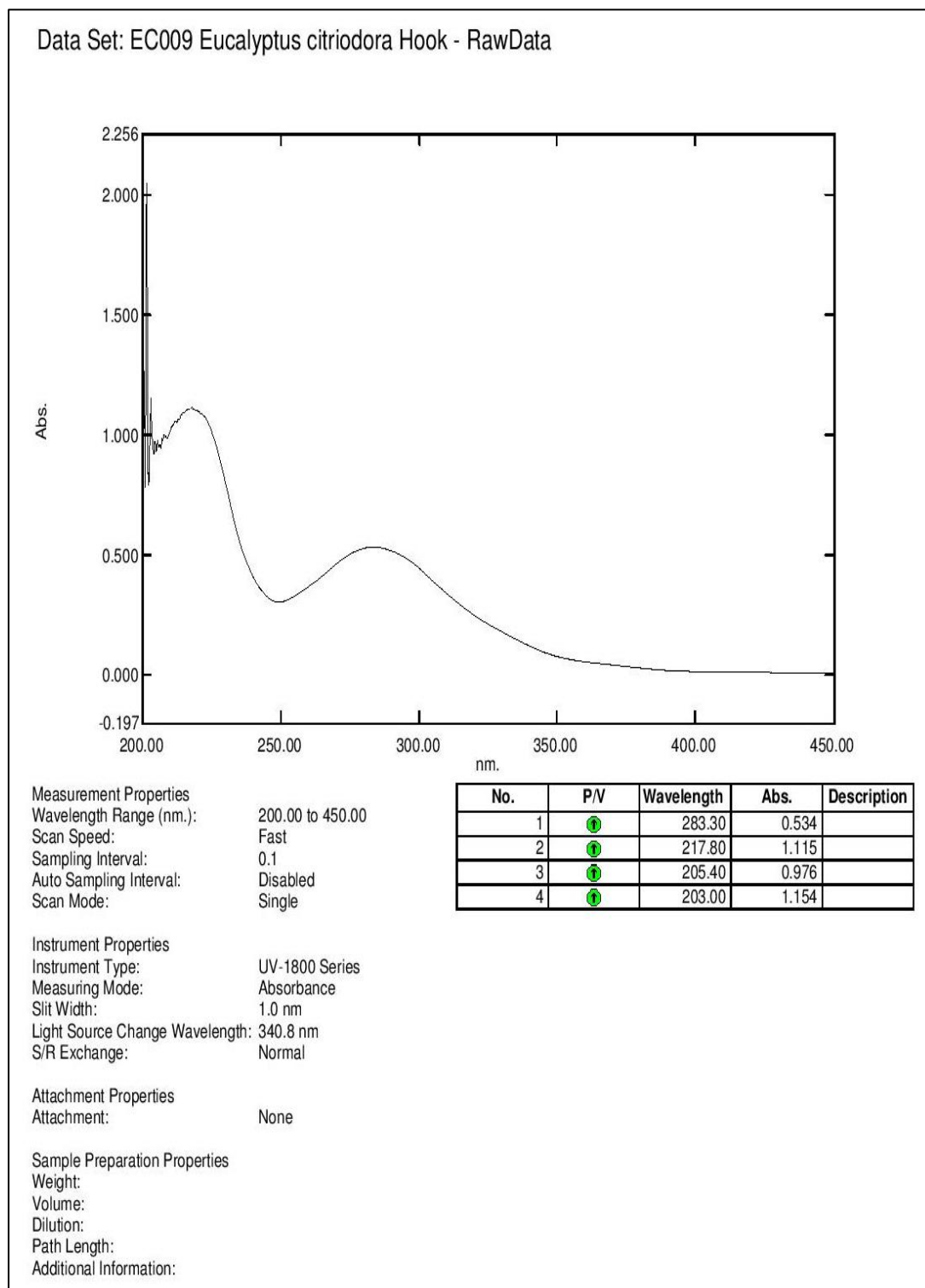


Figura N° 82. Espectro UV-Vis *Corymbia citriodora* Hook Código: EC009

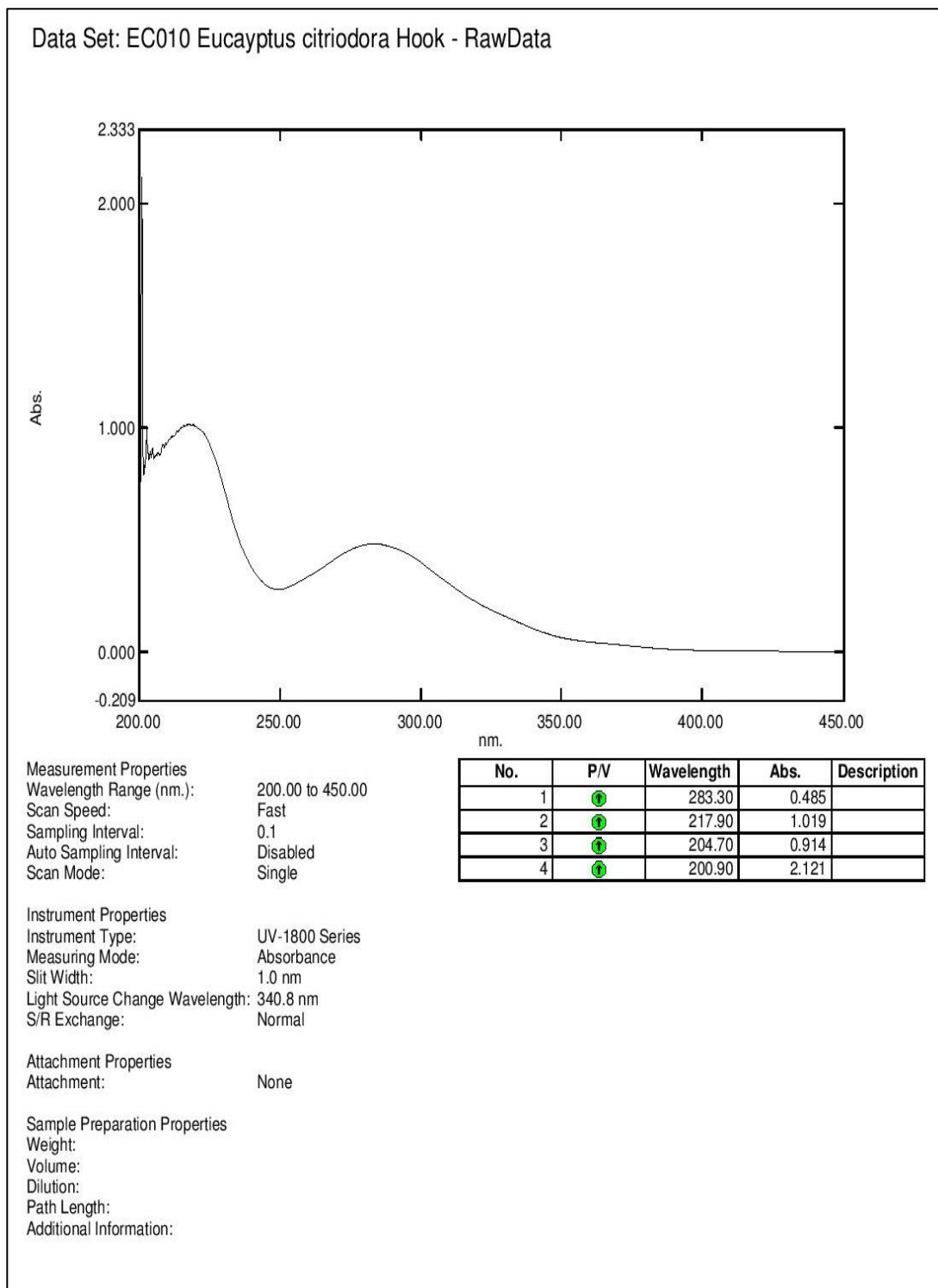


Figura N° 83. Espectro UV-Vis *Eucalyptus Corymbia* Hook Código: EC010

5.5.2.1 Análisis UV-Vis de *Corymbia citriodora* Hook

Los espectros de absorción en el rango Ultravioleta-Visible de las 10 muestras, se encuentra en las mismas circunstancias del ejemplo anterior, absorben radiación electromagnética alrededor de 200-290 nm, presentando ciertas variaciones en las absorbancias obtenidas, en el acoplamiento se observa las similitud en la intensidad de absorción (Ver figura N°85); por lo cual se analizó el siguiente espectro que es el más representativo siendo la muestra EC002 en la cual se procedió al análisis (ver Figura N°86), se muestran mayor cantidad de picos absorbidos en la muestra EC002 los cuales son a 283.50nm (A=0.354), 282.50nm (A=0.354), 217.70nm (A=0.747), 215.00nm (A=0.739), 206.00nm (A=0.673) y a 202.30nm (A=0.965). Esto es debido a que diferentes tipos de átomos fueron capaces de absorber a esta longitud de onda.

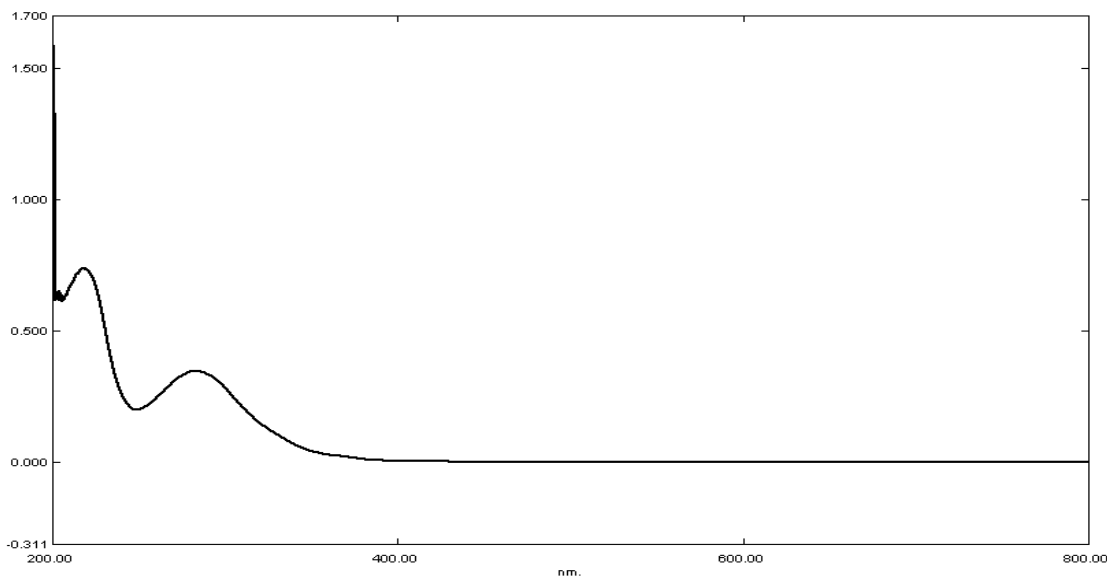


Figura N° 84. Recorte del espectro Ultravioleta visible de la especie *Corymbia citriodora* Hook en la región 800-200 nm

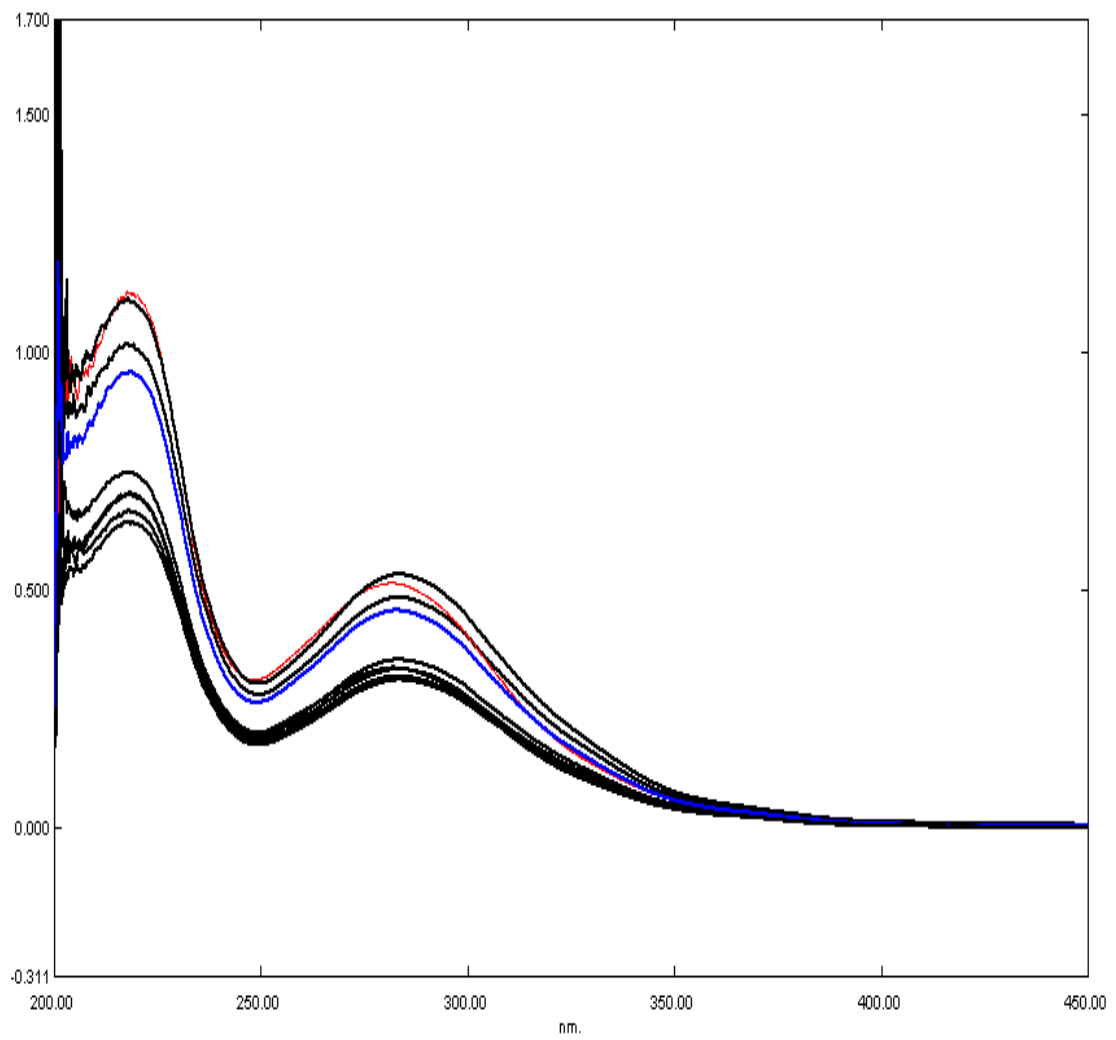


Figura N° 85. Acoplamiento espectral de las especies *Corymbia citriodora*
Hook región 450-200nm.

- Muestra: *Eucalyptus citriodora* Hook Codigo: EC002 Método: UV/vis

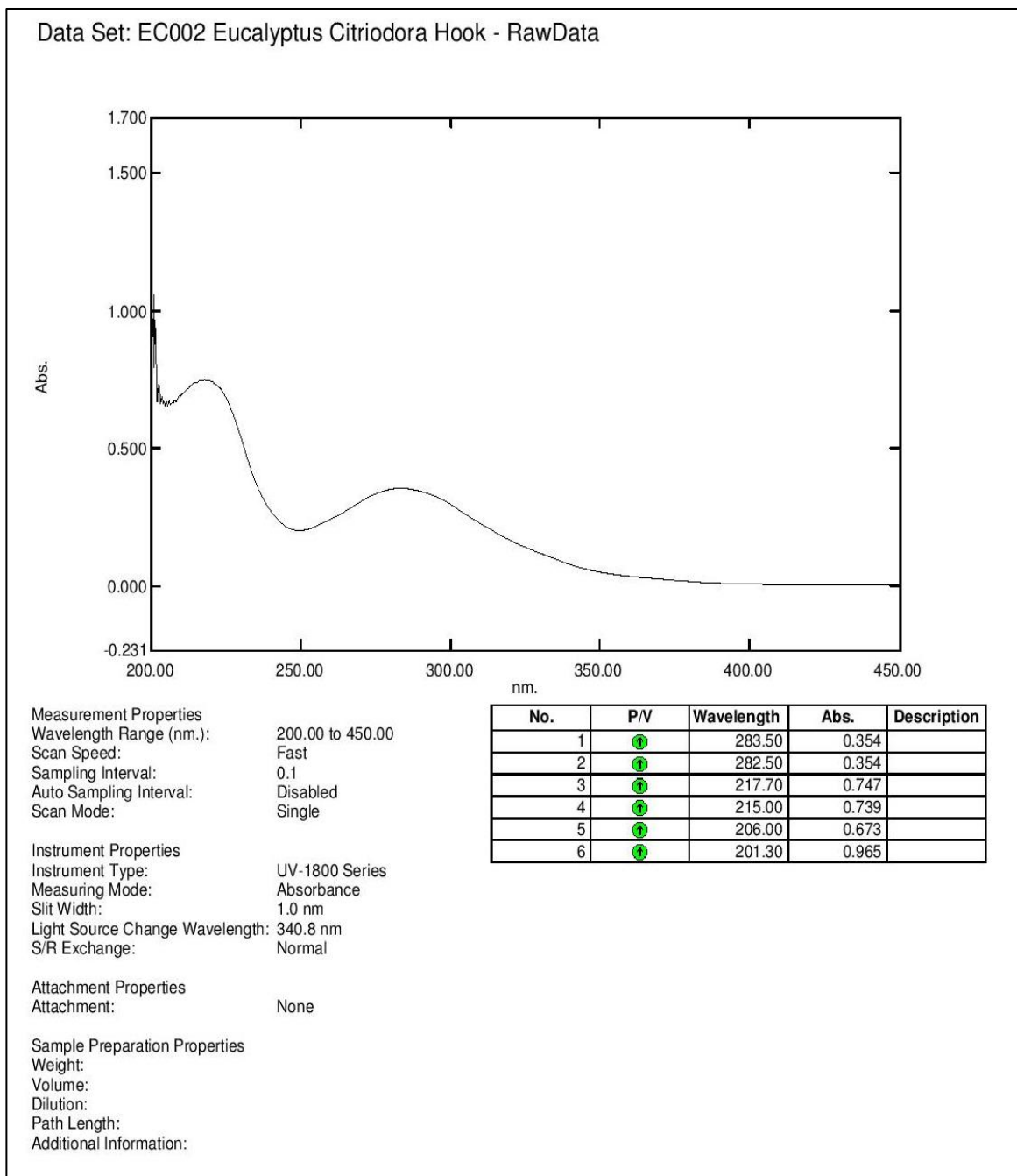


Figura N° 86. Espectro Ultravioleta visible representativo de la especie *Eucalyptus citriodora* Hook en la región 450-200 nm.

5.5.3. Análisis de *Eucalyptus Araucaria heterophylla*

A continuación se presentan los 9 espectros UV-Vis obtenidos de estos exudados.

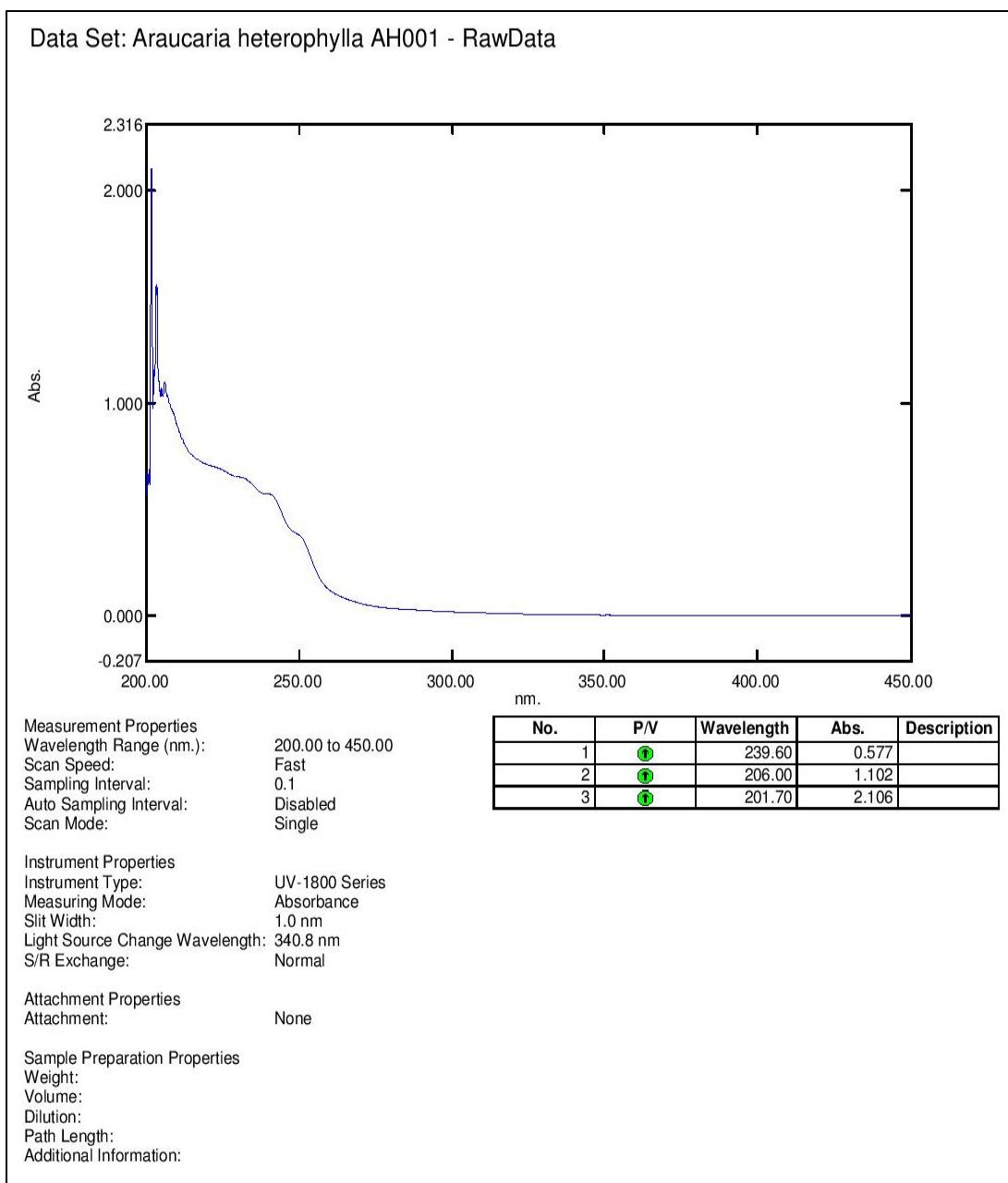


Figura N° 87. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH001

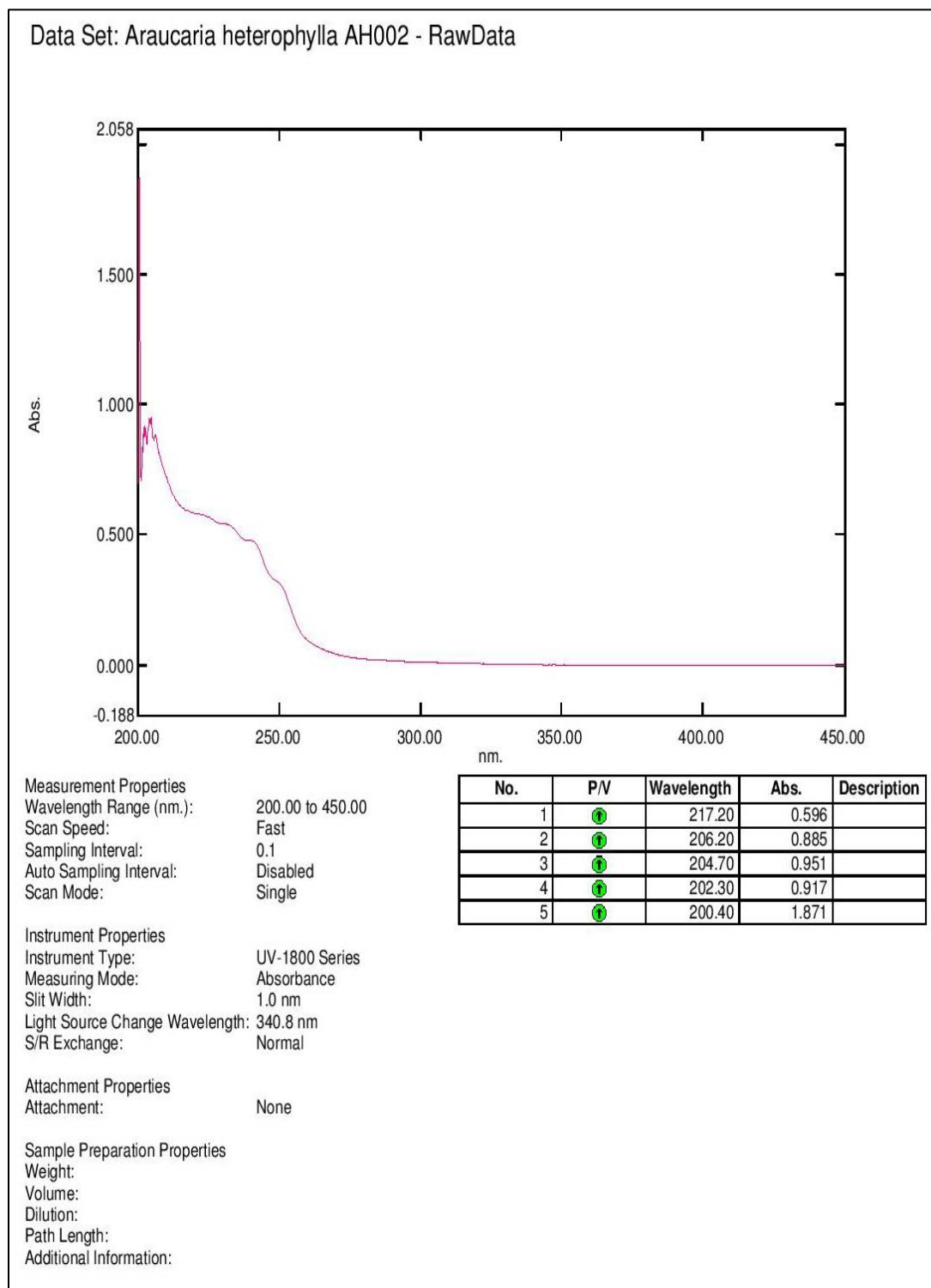


Figura N° 88. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH002

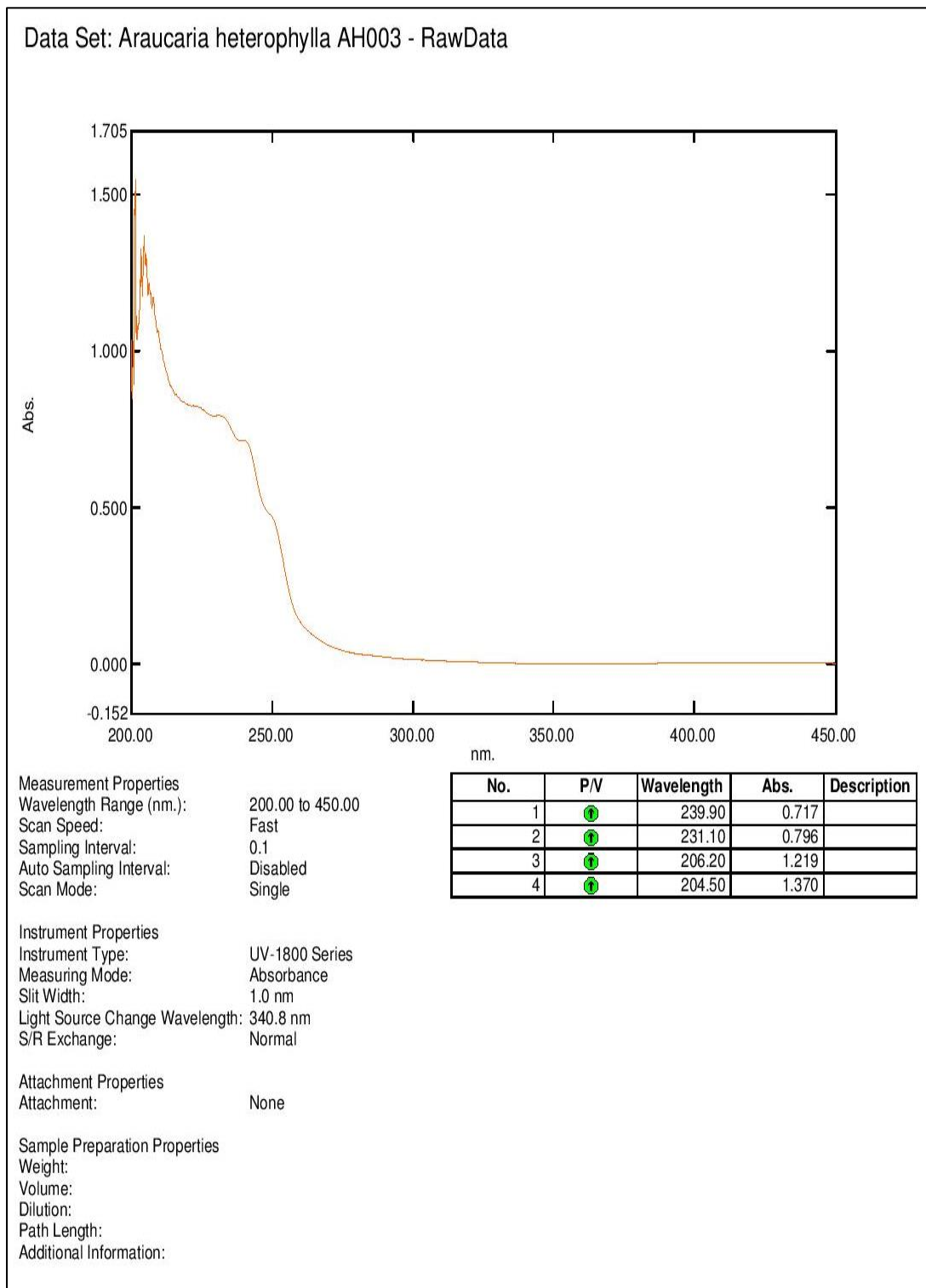


Figura N° 89. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH003

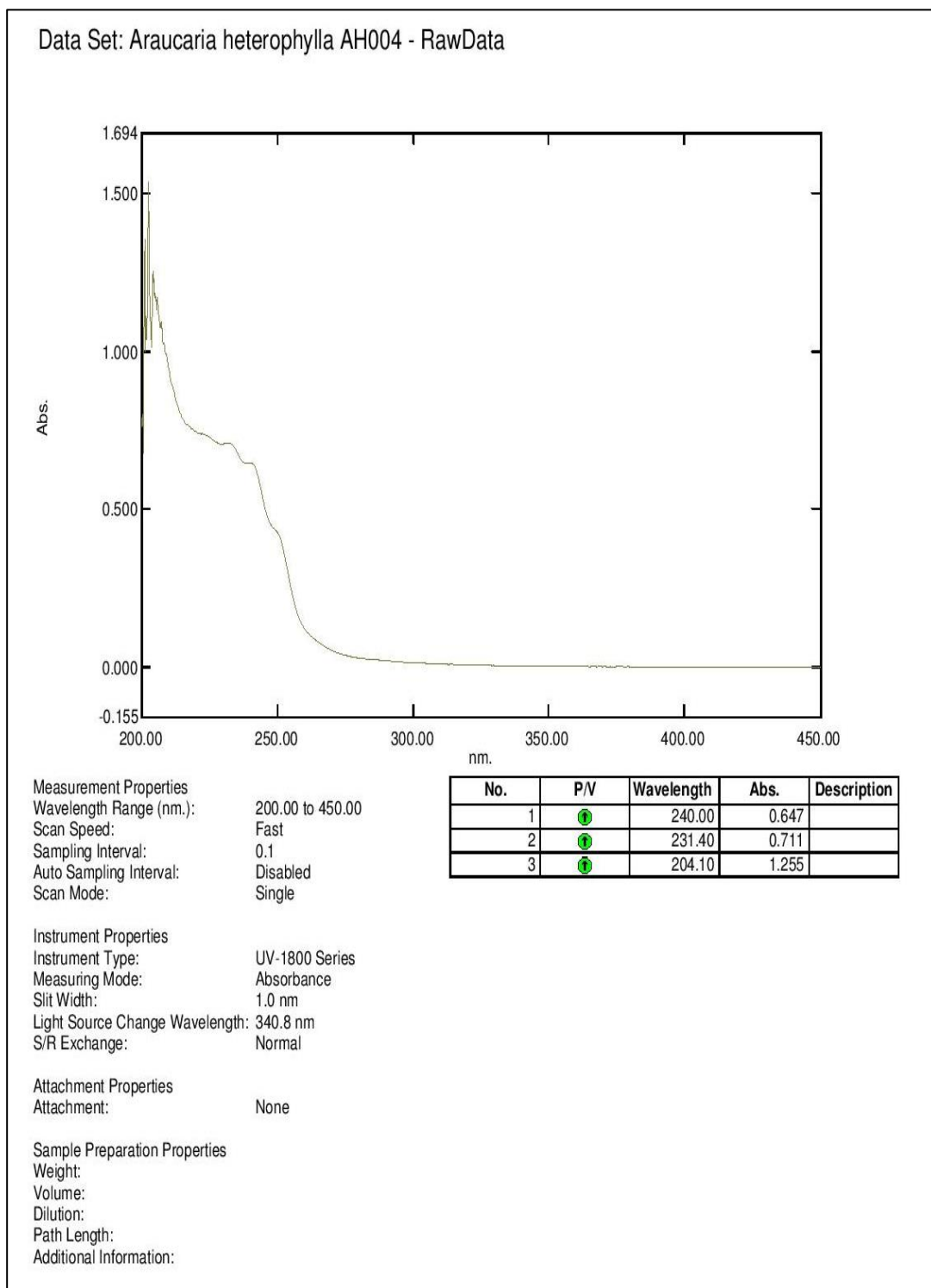


Figura N° 90. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH004

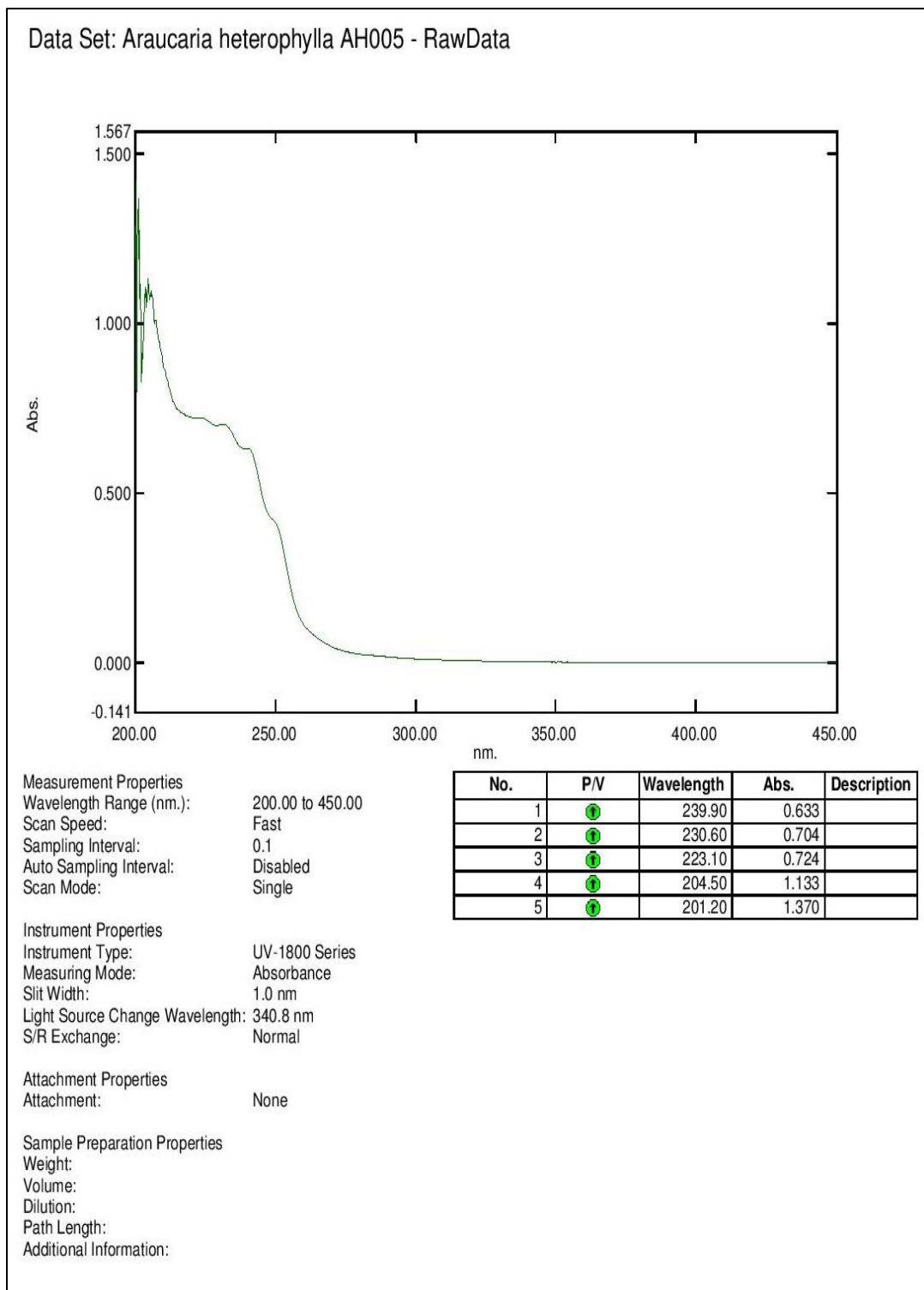


Figura N° 91. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH005

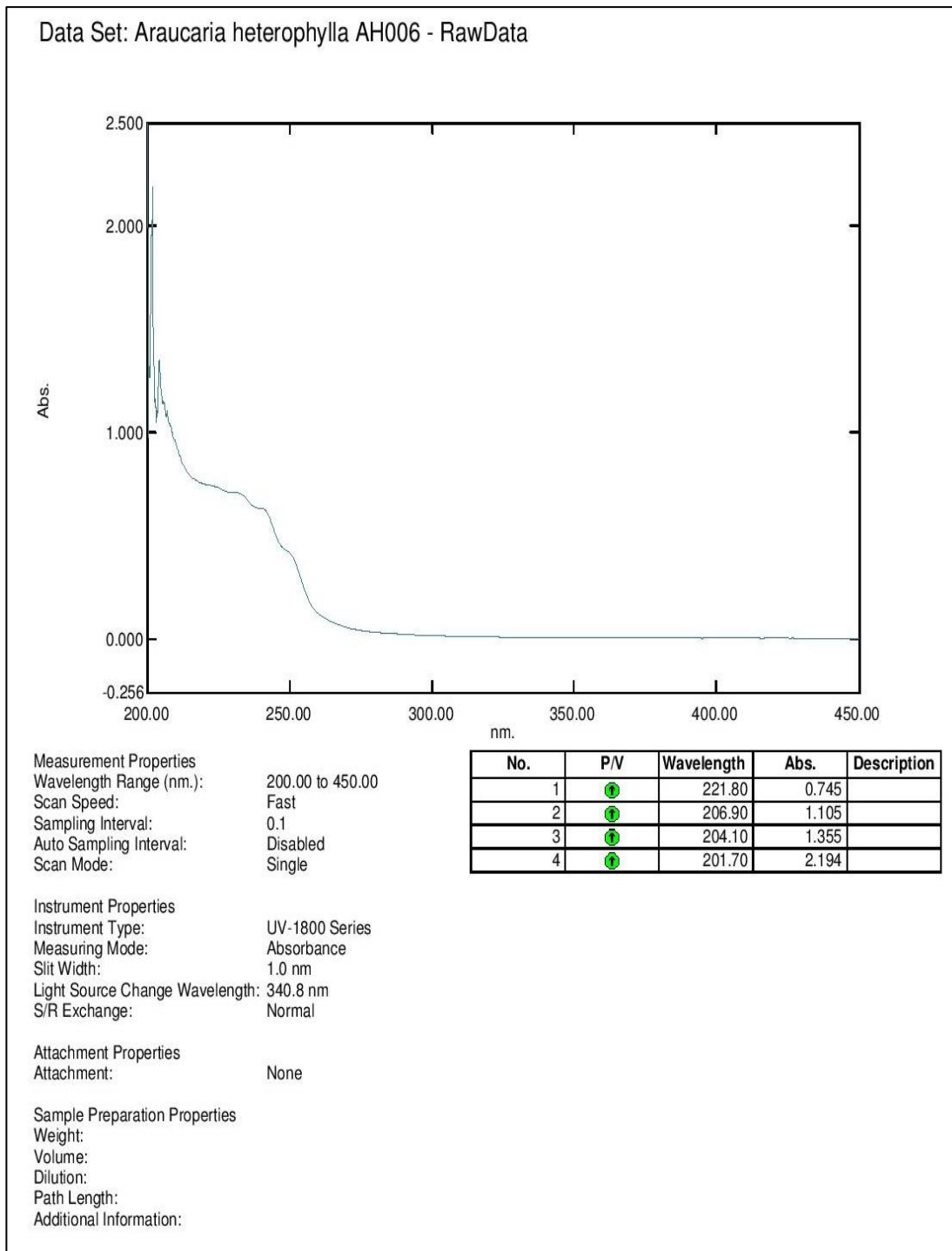


Figura N° 92. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH006

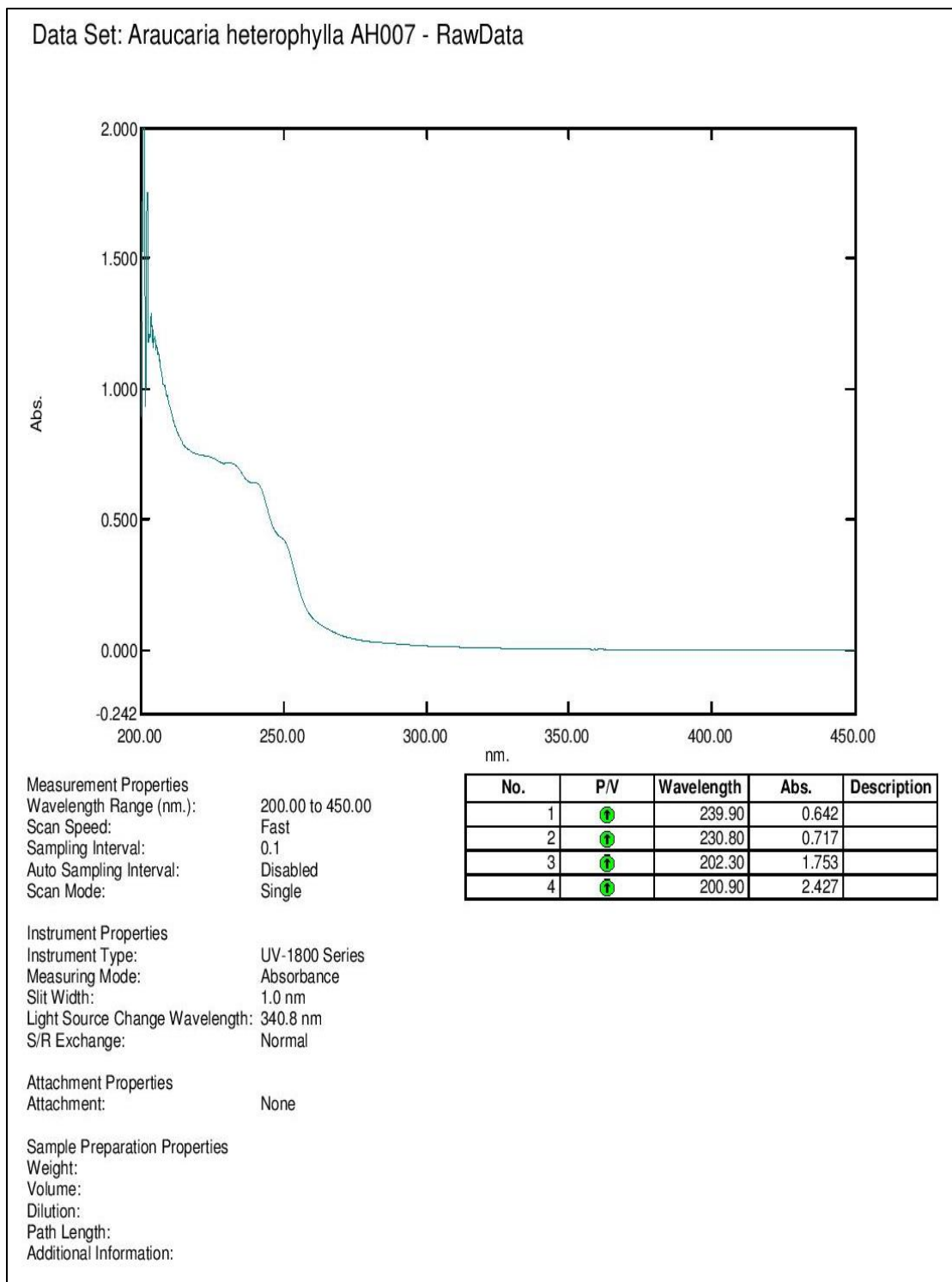


Figura N° 93. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH007

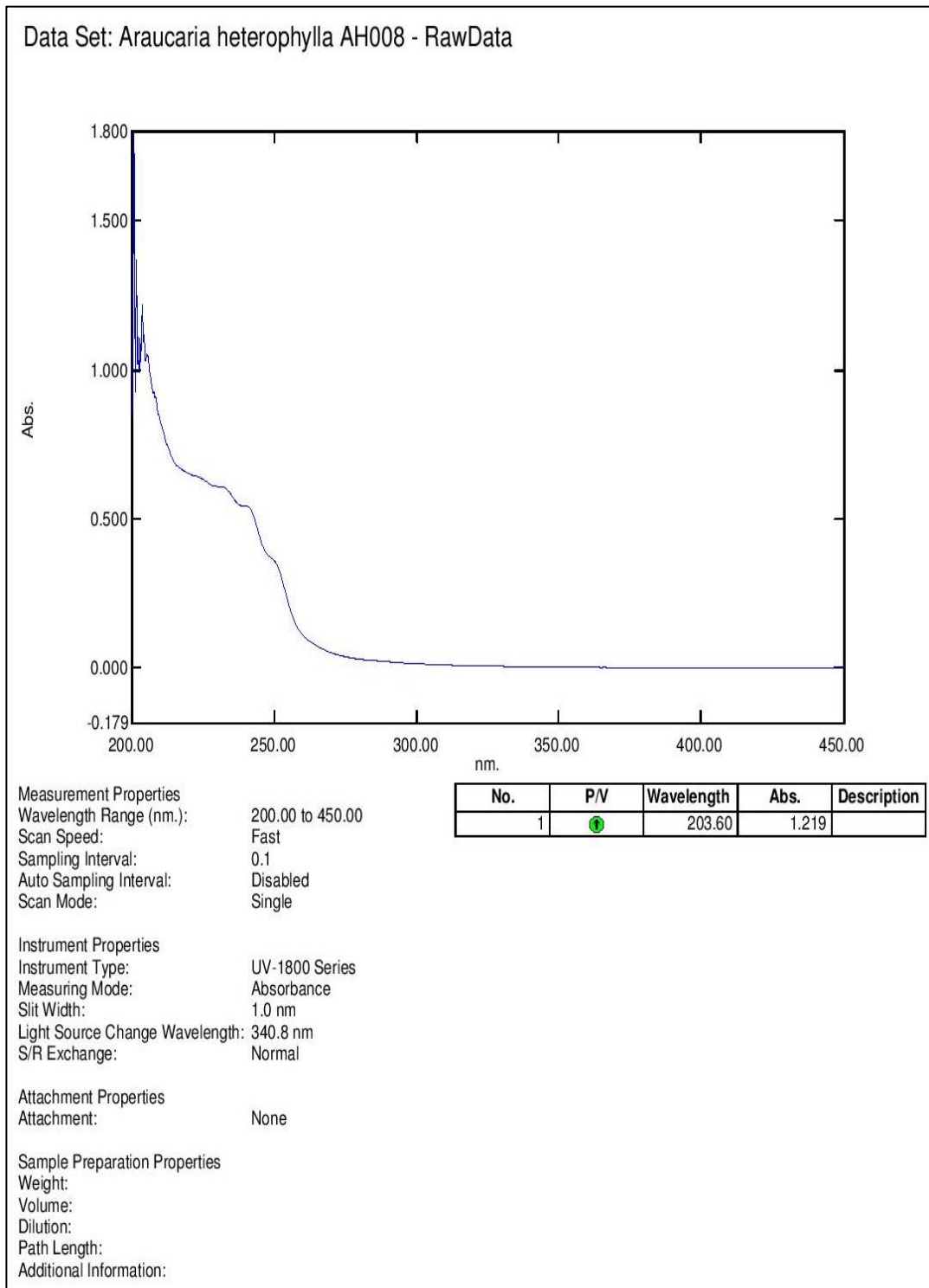


Figura N° 94. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH008

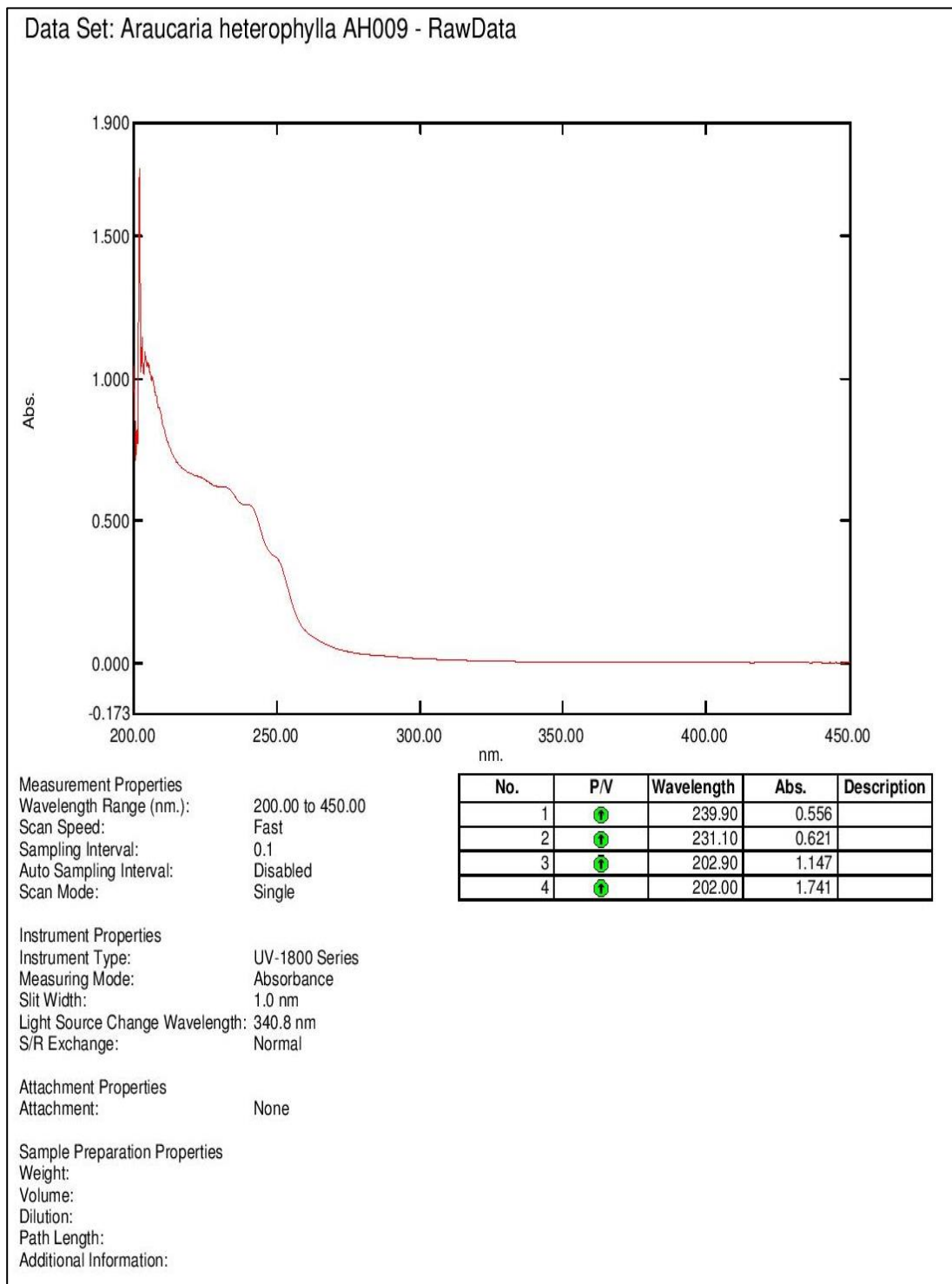


Figura N° 95. Espectro UV-Vis *Araucaria heterophylla* Código: AH009

5.5.3.1 Análisis UV-Vis de *Araucaria heterophylla*

Los espectros de absorción en el rango Ultravioleta-Visible de las 9 muestras, absorben en el rango de longitud de onda corto de 200-240 nm aproximadamente. Al realizar el acoplamiento de las 9 muestras se observa cierta similitud (Ver figura N°97); por lo cual se procedió a analizar el espectro más representativo siendo a muestra AH004 la analizada (ver Figura N° 98), donde se puede ver claramente las diferentes longitudes de onda a las cuales absorben los compuestos presentes en la muestra siendo a 240.00nm ($A=0.67$), 231.40nm ($A=0.711$) y a 204.10 ($A=1.255$). Es decir que diferentes compuestos que se encuentran presente en las muestras vegetales, son capaces de absorber radiación ultravioleta y dar transiciones electrónicas desde estados fundamentales a excitados.

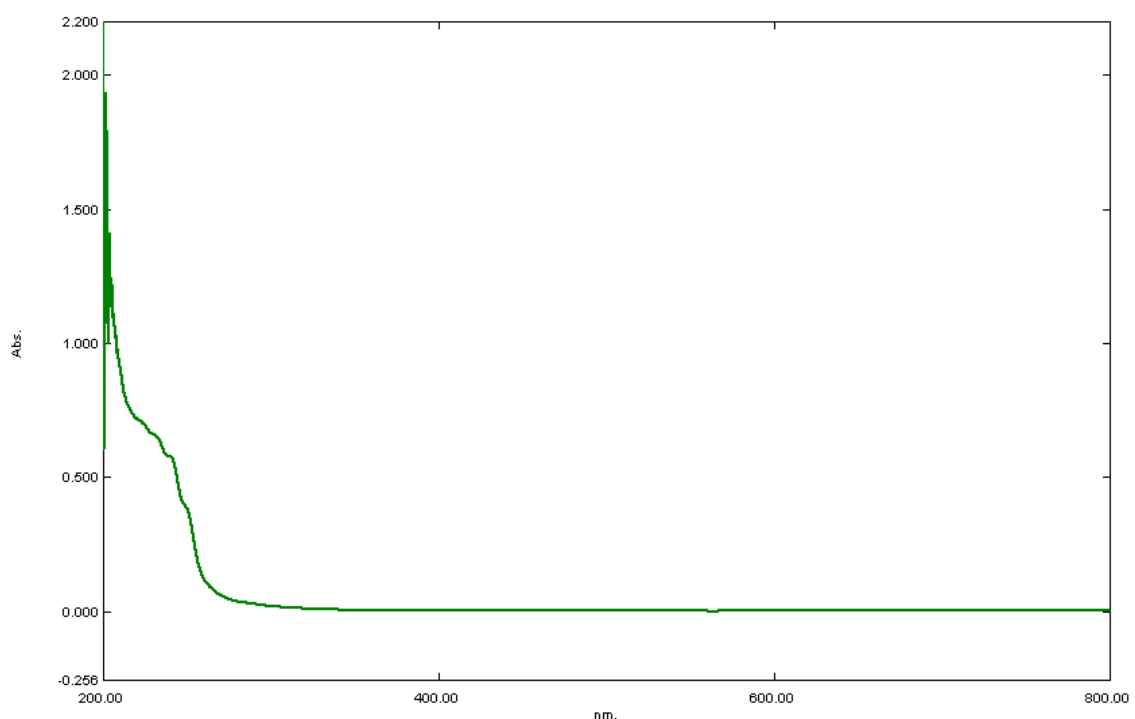


Figura N° 96. Recorte del espectro Ultravioleta visible de la especie *Araucaria heterophylla* en la región 800-200 nm

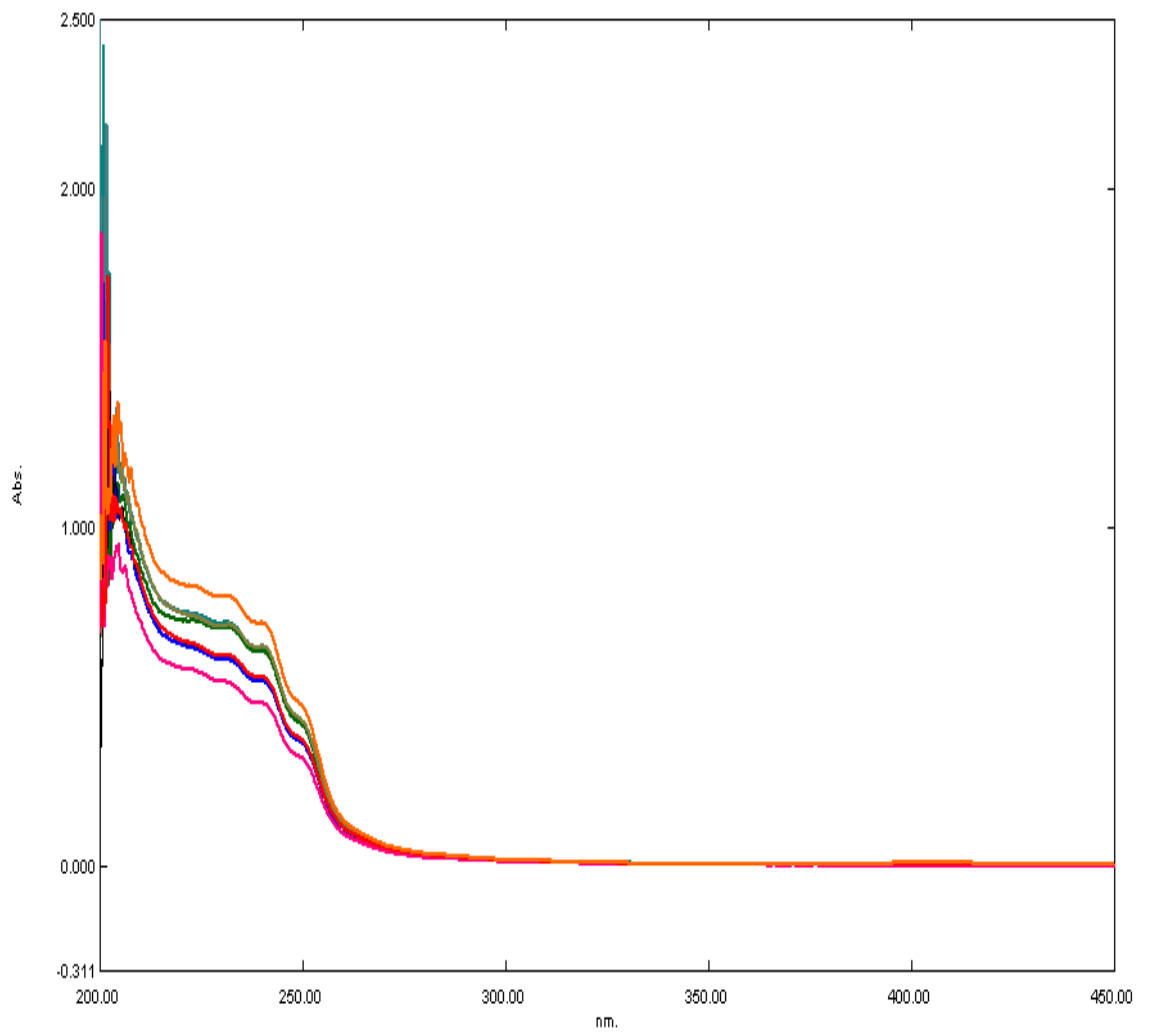


Figura N° 97. Acoplamiento espectral de las especies *Araucaria heterophylla* región 450-200nm.

- Muestra: *Araucaria heterophylla* Código: AH004 Método: UV/vis

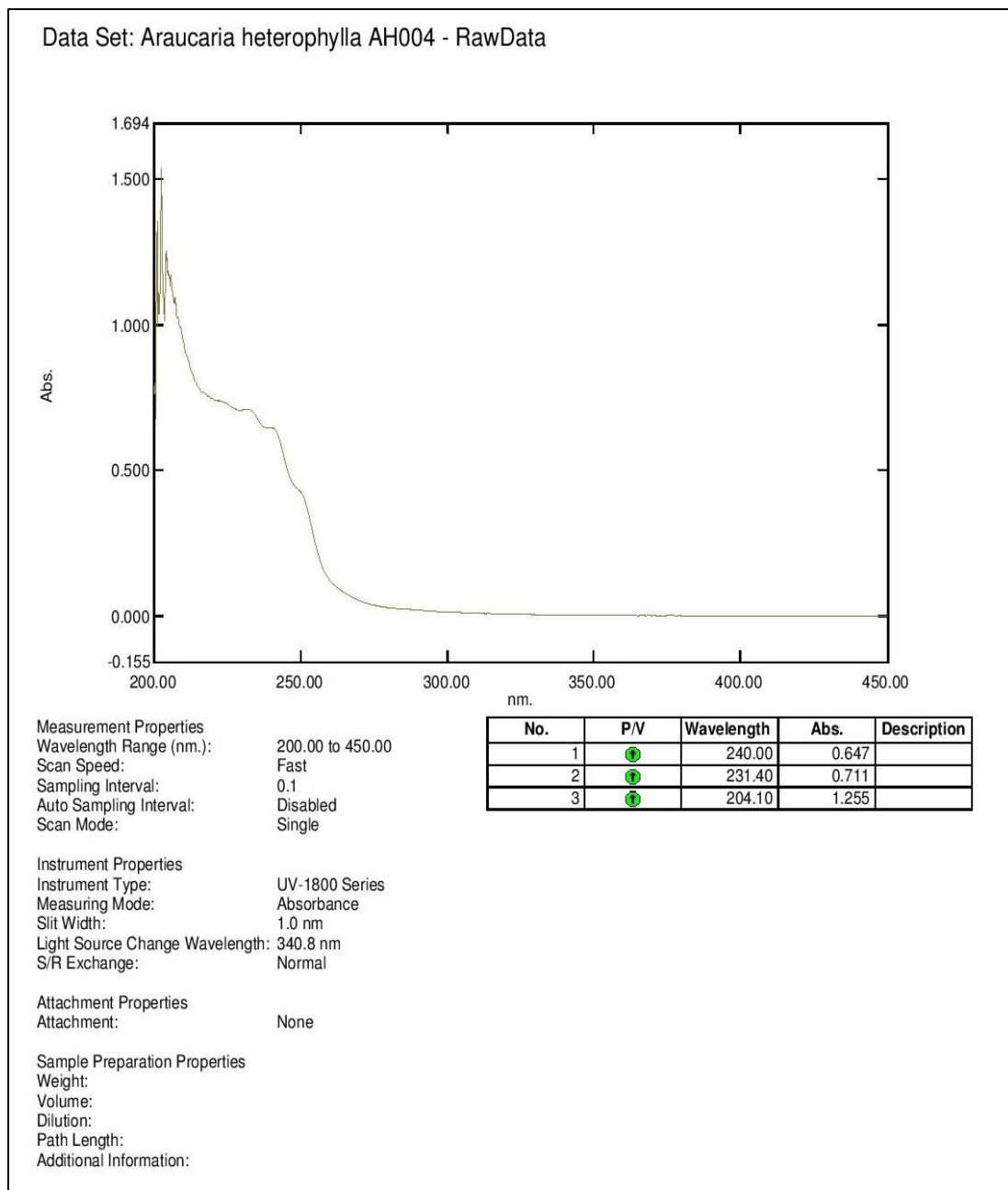


Figura N° 98. Espectro Ultravioleta visible representativo de la especie *Araucaria heterophylla* en la región 450-200nm.

5.5.4. Análisis de *Hymenaea courbaril* L.

A continuación se presentan los espectros UV-Vis obtenidos de este exudado.

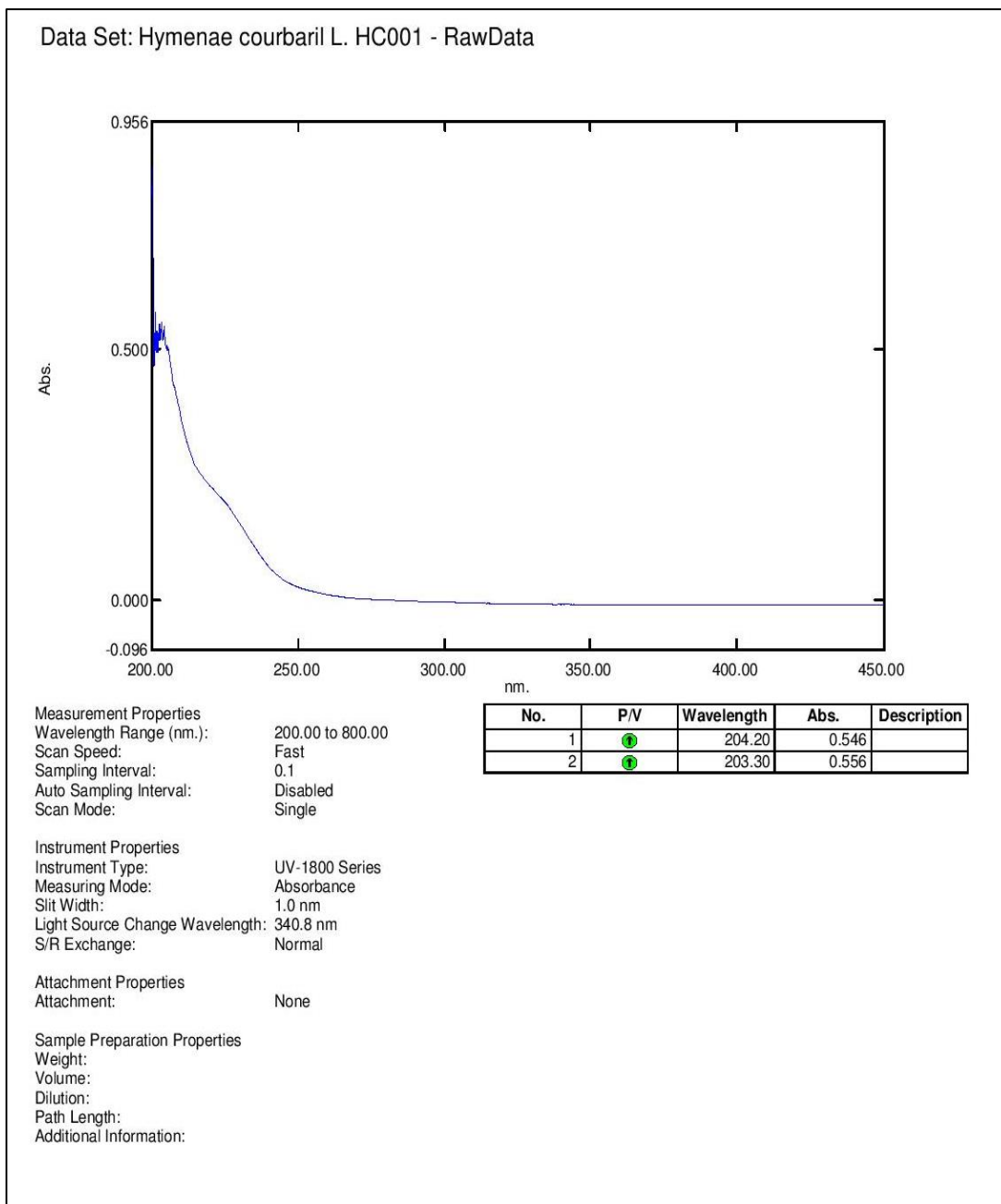


Figura N° 99. Espectro UV-Vis *Hymenaea courbaril* L. Código: HC001

5.5.4.1 Análisis UV-Vis de *Hymenaea courbaril L.*

El espectro de absorción en el rango Ultravioleta-Visible de la muestra HC001, al igual que en las anteriores muestras, se realizó un corte en la longitud de onda debido a la falta de bandas de absorción además se logró analizar mejor el espectro (ver Figura N° 99), al analizar esta muestra se observa la presencia de dos picos de alta intensidad de absorción a una longitud de onda de 204.20nm ($A=0.546$) y 203.30nm ($A=0.556$), ambos picos se encuentran muy cercanos entre sí ya que los compuestos presentes fueron capaces de cambiar de un estado fundamental a excitado para poder absorber a esta longitud de onda.

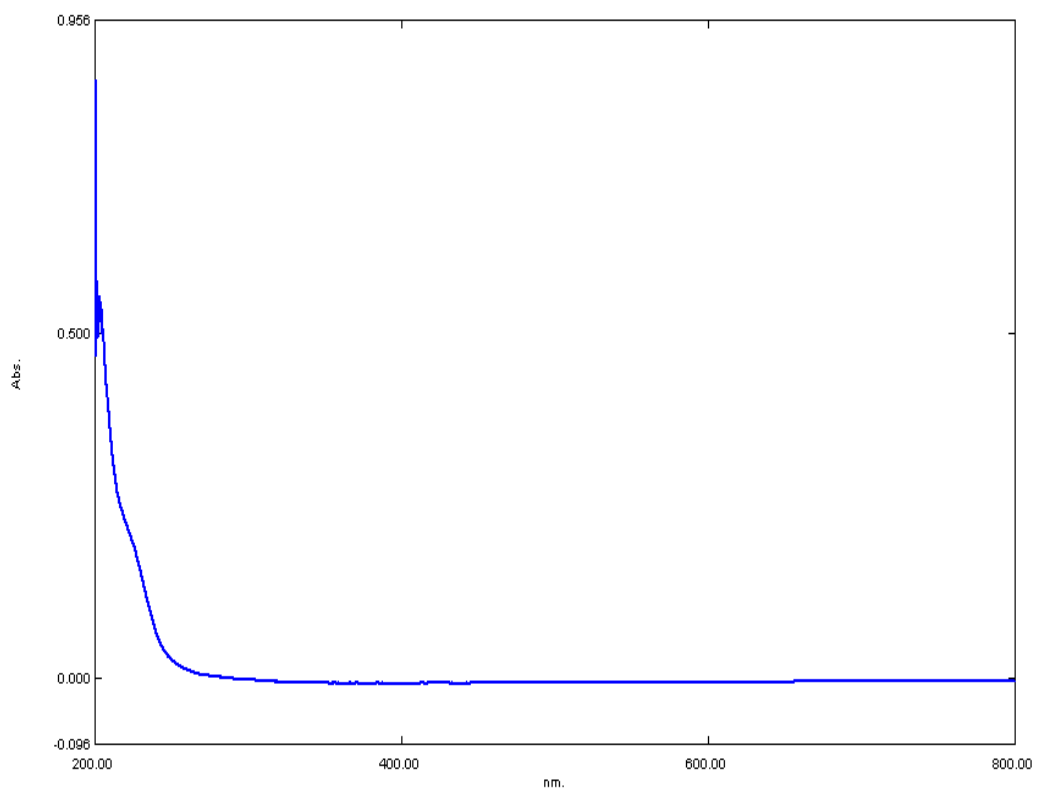


Figura N° 100. Recorte del espectro Ultravioleta visible de la especie *Hymenaea courbaril L.* en la región 800-200 nm

5.5.5. Análisis de *Mangifera indica* L.

A continuación se presentan los 6 espectros UV-Vis obtenidos de estos exudados.

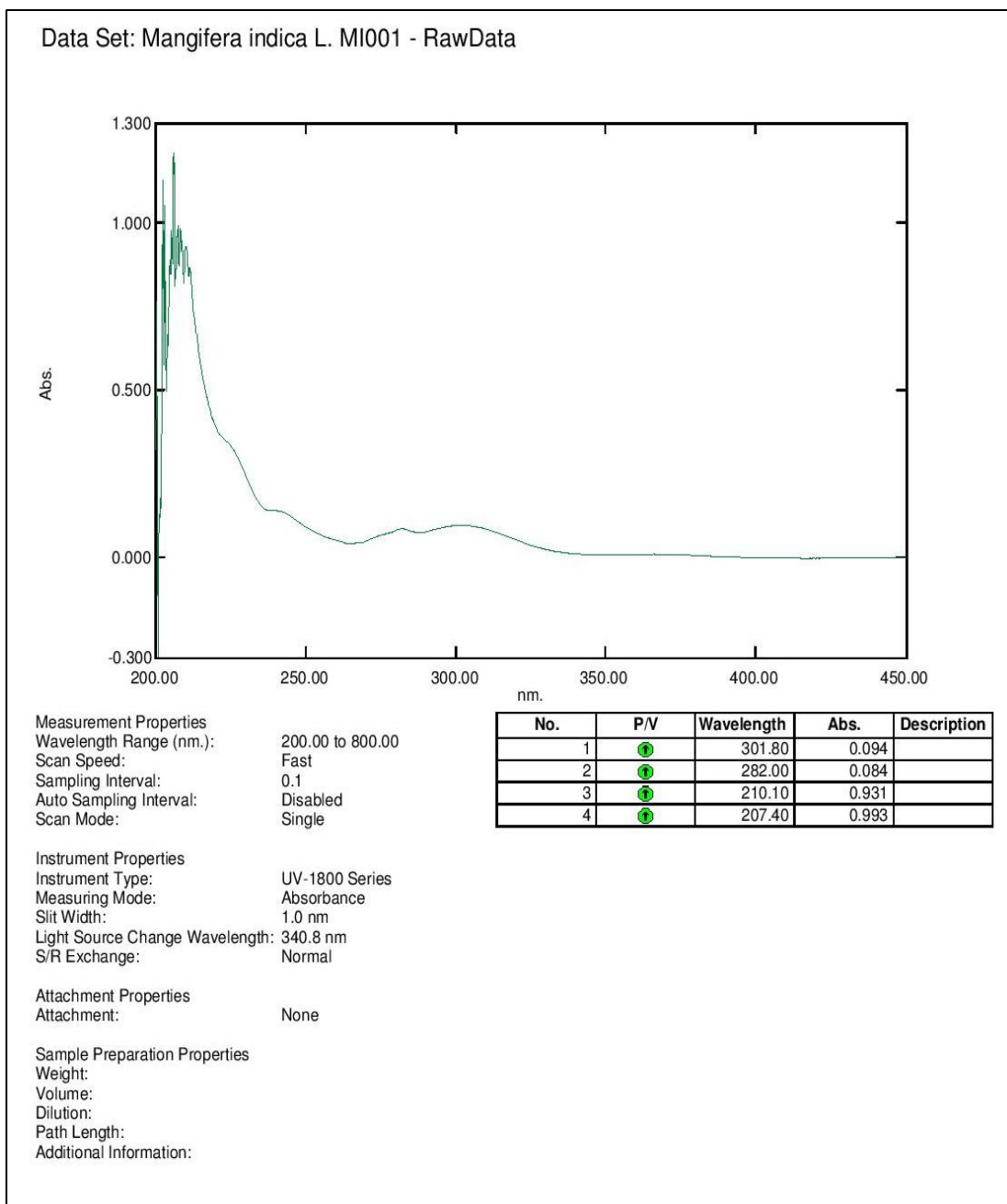


Figura N° 101. Espectro UV-Vis *Mangifera indica* L. Código: MI001

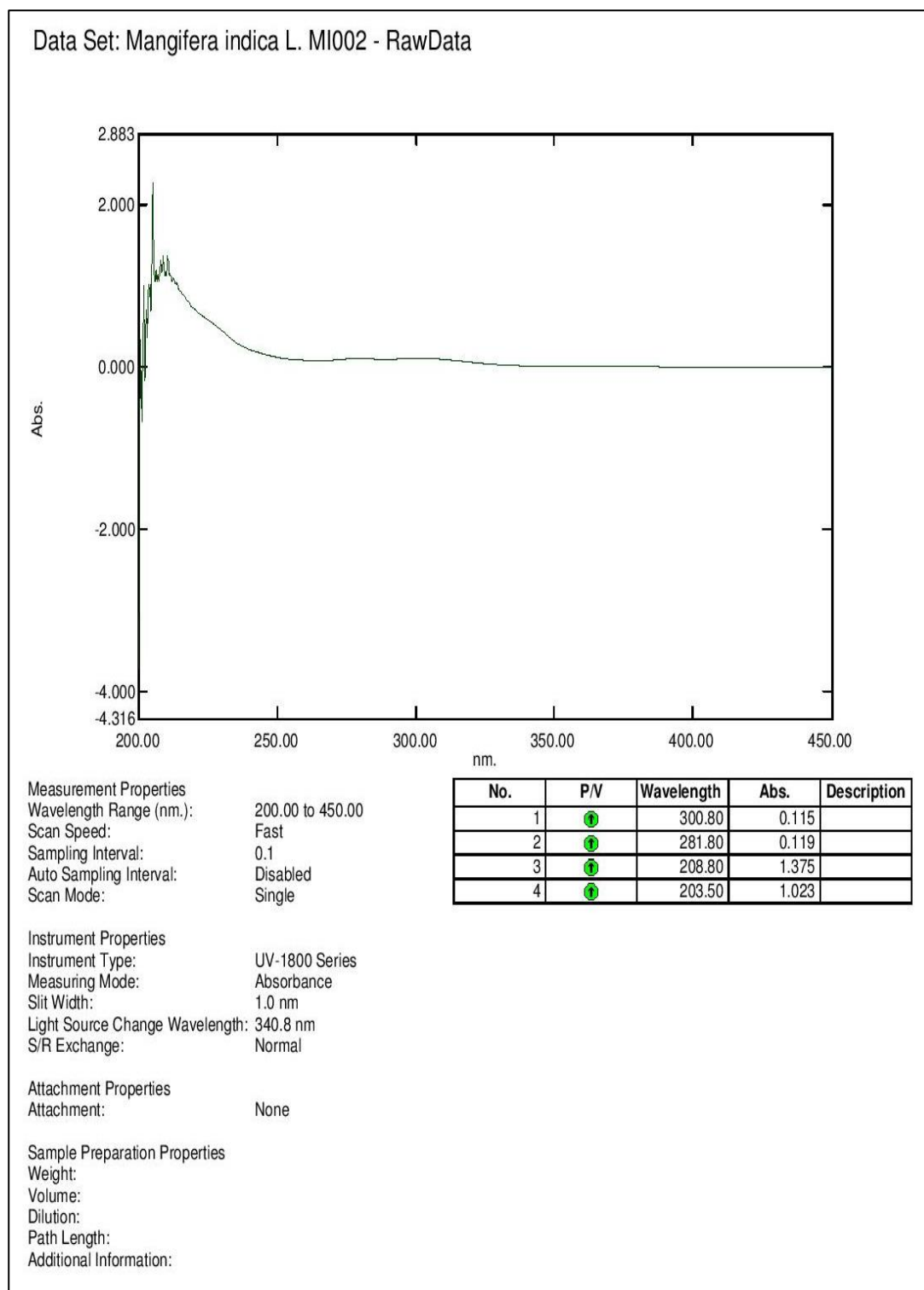


Figura N° 102. Espectro UV-Vis *Mangifera indica* L. Código: MI002

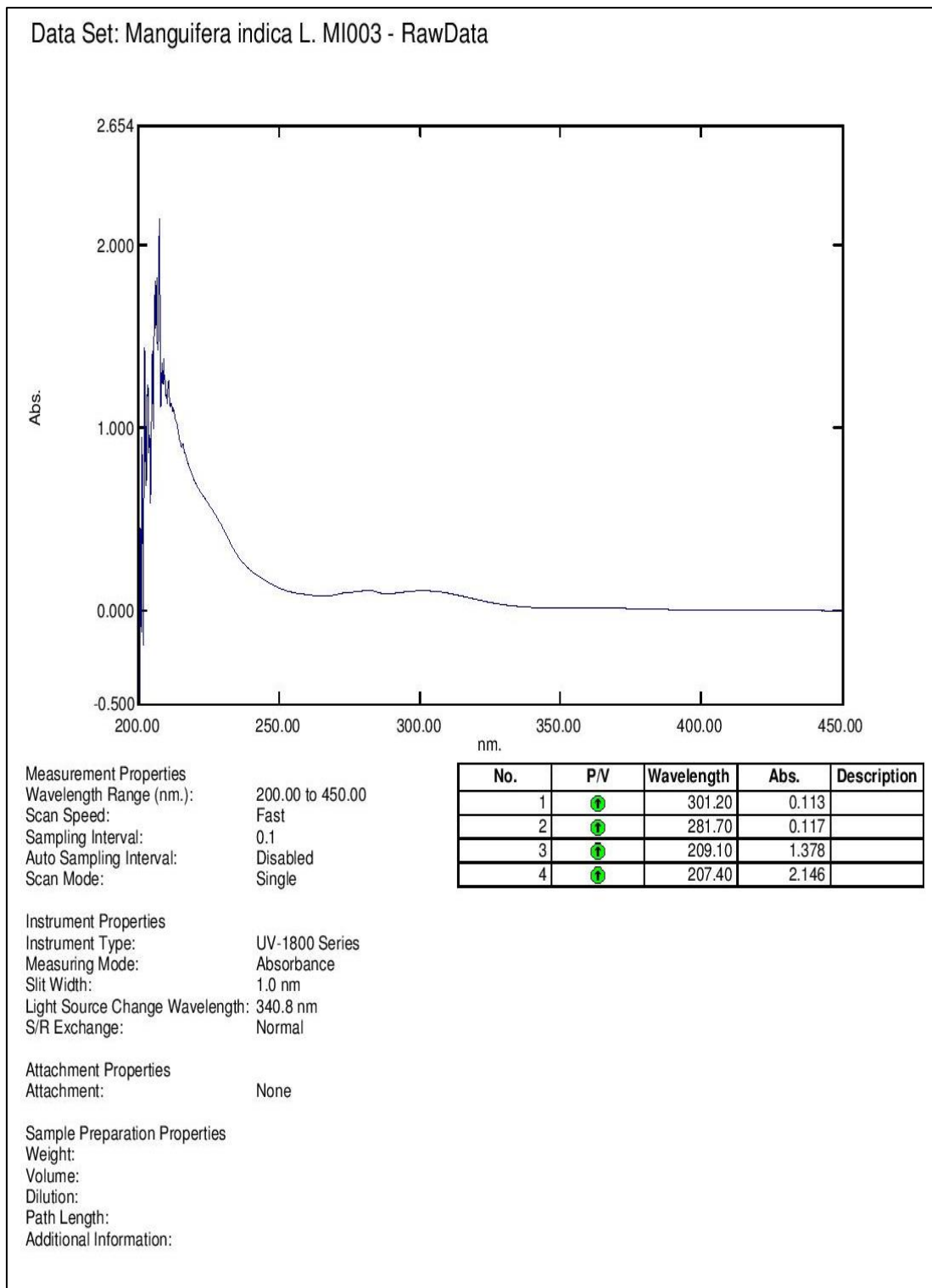


Figura N° 103. Espectro UV-Vis *Mangifera indica* L. Código: MI003

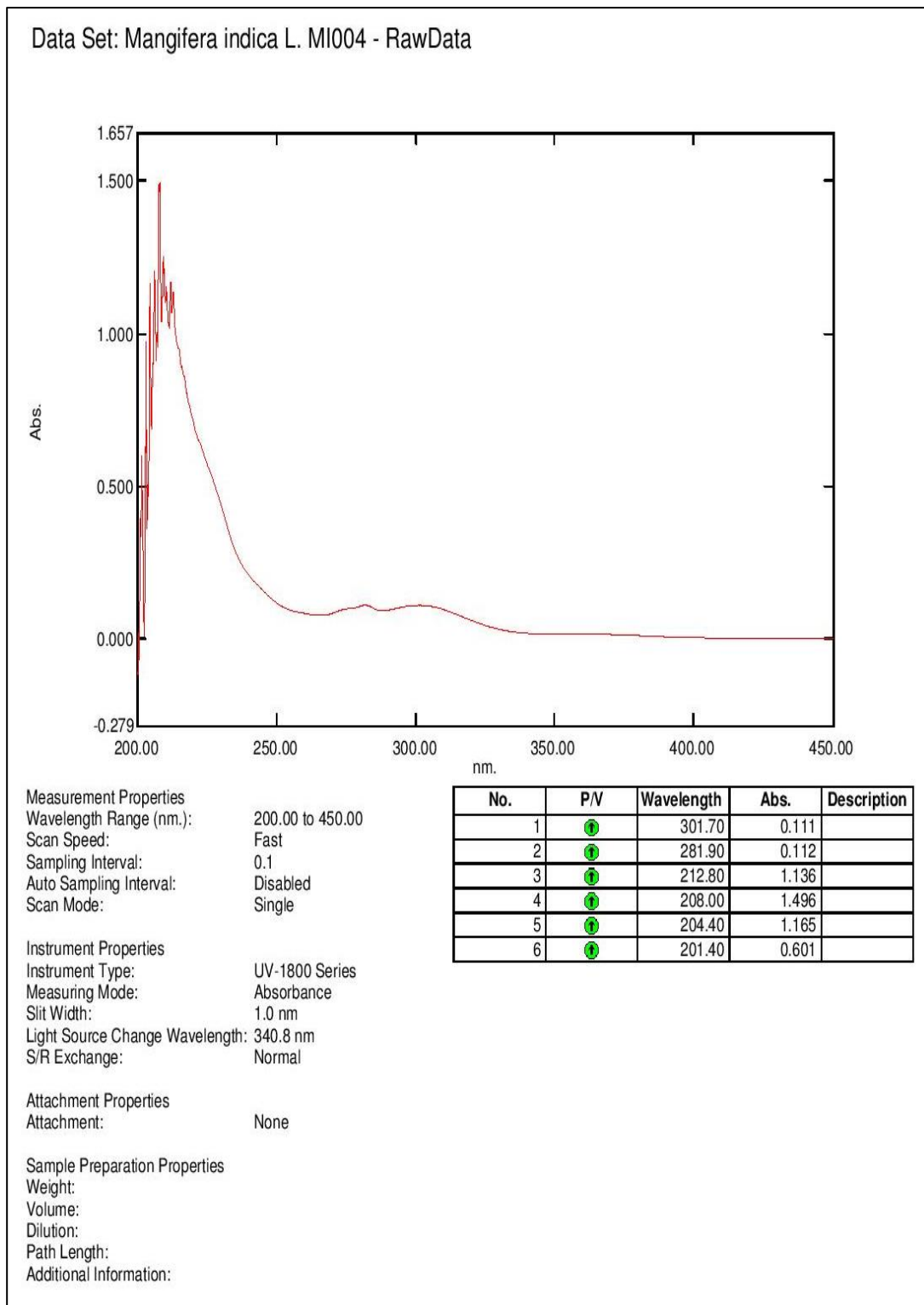


Figura N° 104. Espectro UV-Vis *Mangifera indica* L. Código: MI004

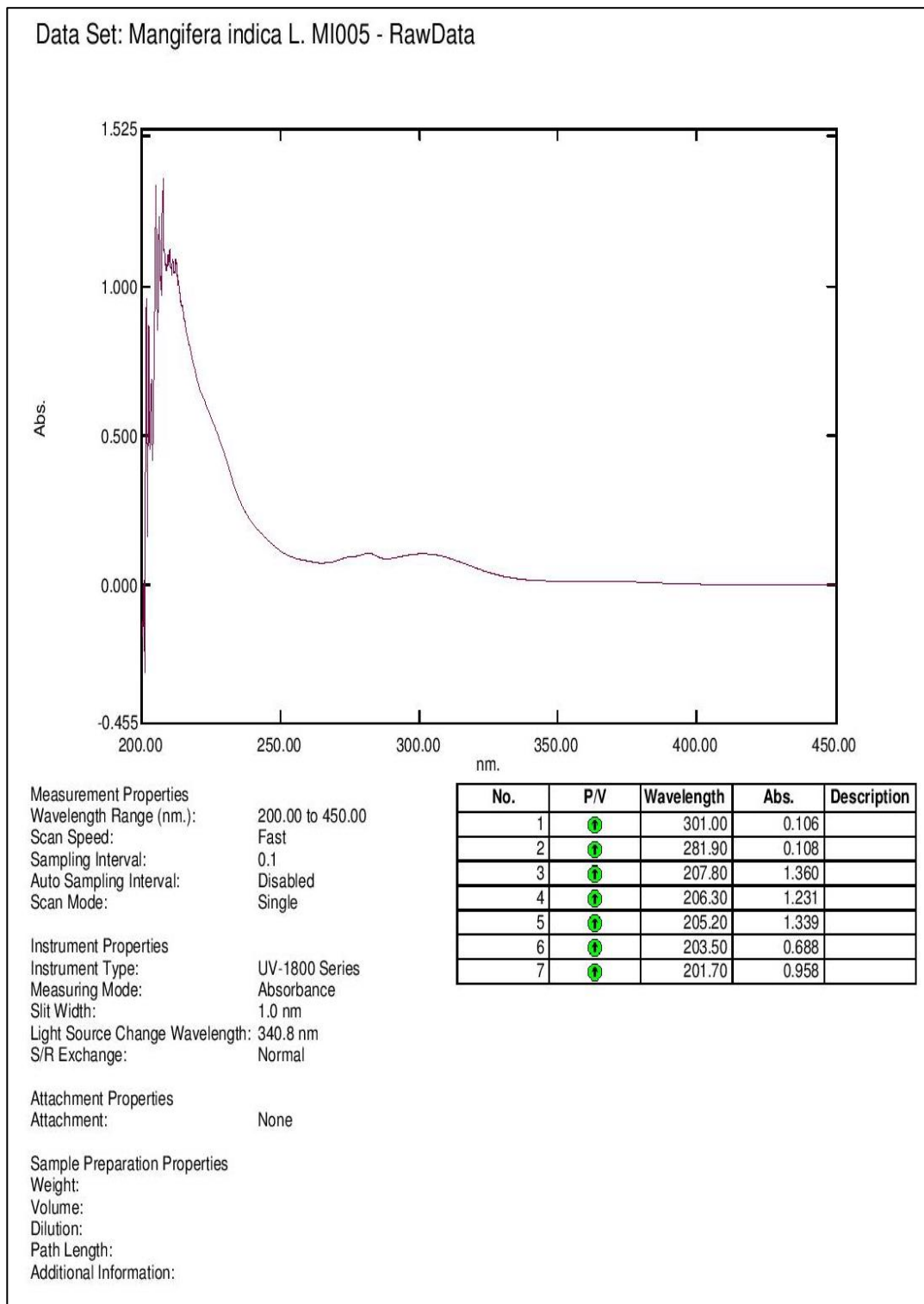


Figura N° 105. Espectro UV-Vis *Mangifera indica* L. Código: MI005

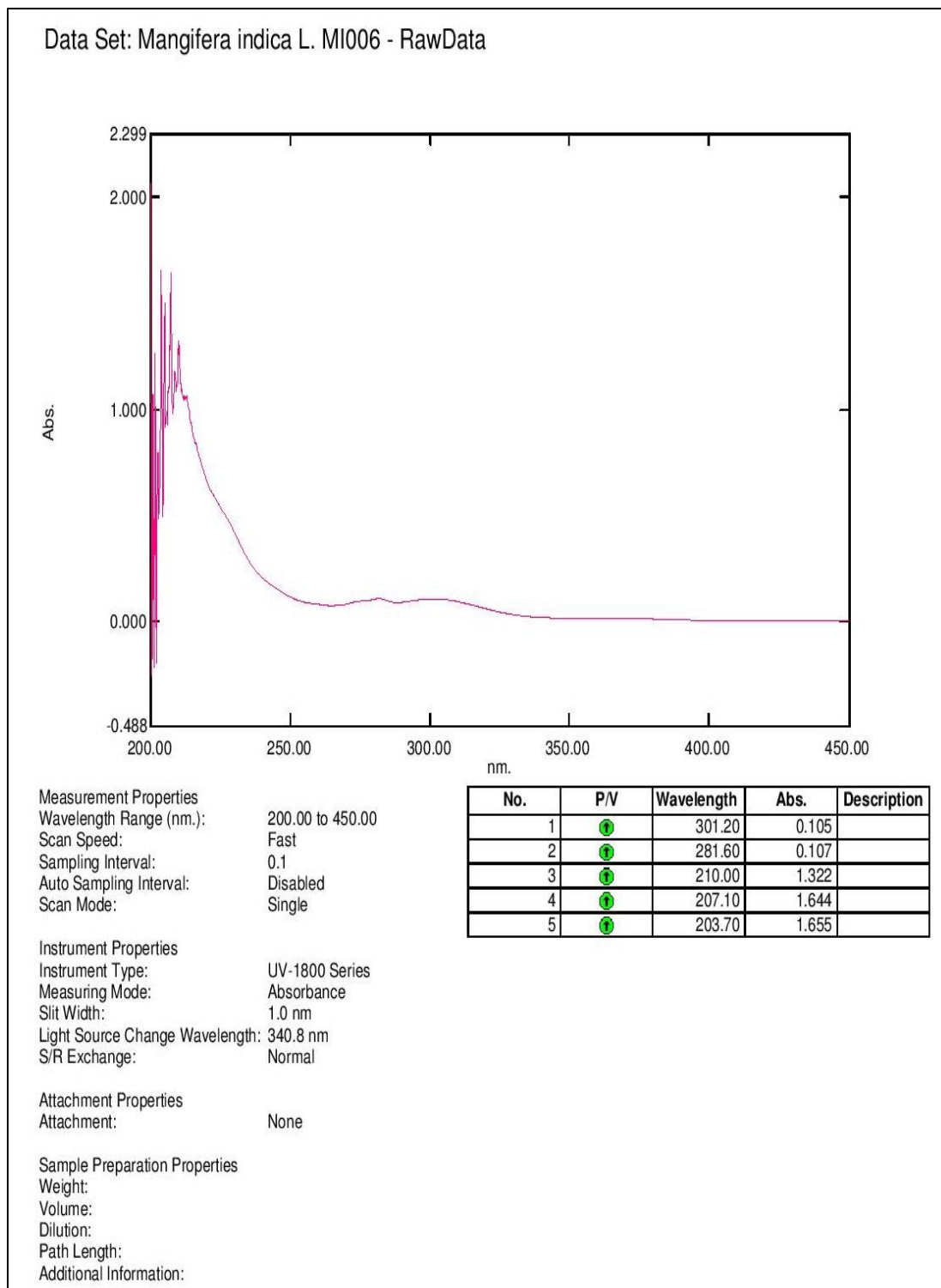


Figura N° 106. Espectro UV-Vis *Mangifera indica* L. Código: MI006

5.5.5.1 Análisis UV-Vis de *Mangifera indica* L.

Los espectros de absorción en el rango Ultravioleta-Visible de las 6 muestras, absorben en el rango de 200-305 nm, mostrando similitud en ciertos puntos de absorción como se observa en su acoplamiento espectral (Ver figura 108); por lo cual se procede a analizar la muestra más representativa siendo el número de codificación MI001 la que procedió para el análisis (ver Figura N° 109), en este resultado se puede observar la presencia de bandas de absorción a diferentes longitudes de onda a 301.80nm ($A=0.094$), 282.00nm ($A=0.084$), 210.10nm ($A=0.931$) y 207.40nm ($A=0.993$). Siendo la Longitud de onda máxima a 207.40nm la que absorbe más radiación en la región ultravioleta y se concluye a este valor es su $\gamma_{\text{máxima}}$.

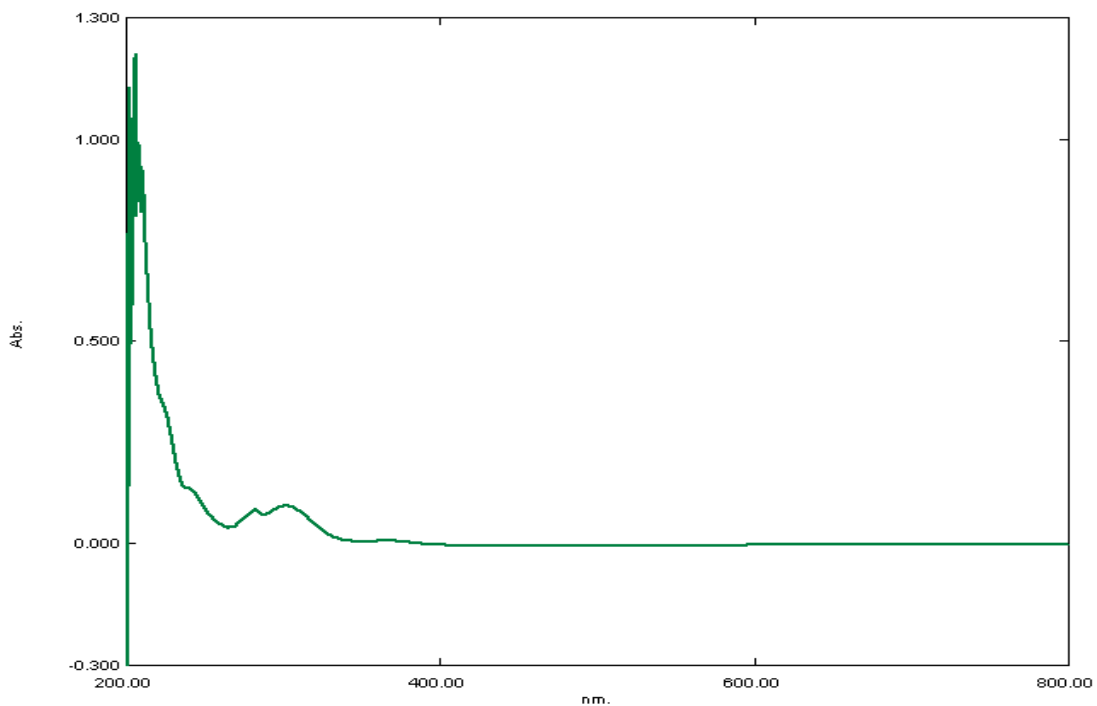


Figura N° 107. Recorte del espectro Ultravioleta visible de la especie *Mangifera indica* L. en la región 800-200 nm

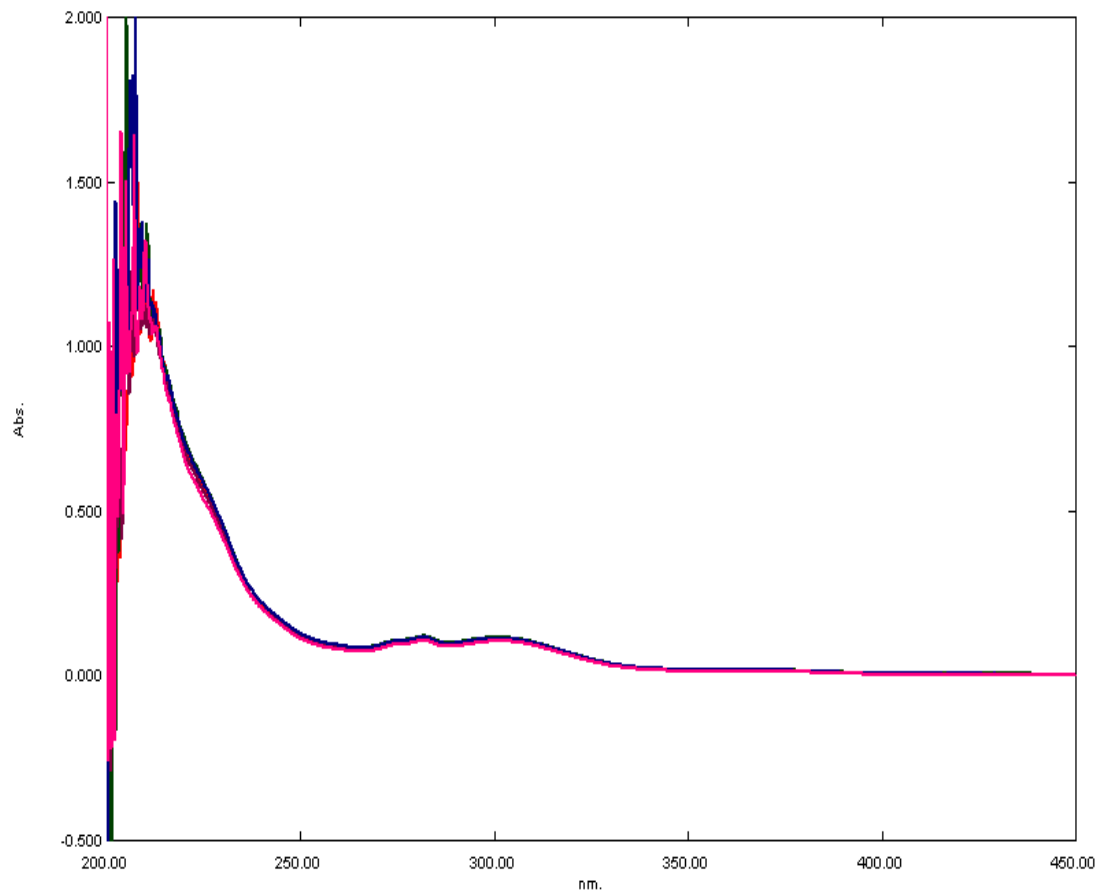


Figura N° 108. Acoplamiento espectral de las especies *Mangifera indica* L.
región 450-200 nm

- Muestra: *Mangifera indica L.* Código: MI001 Método: UV/vis

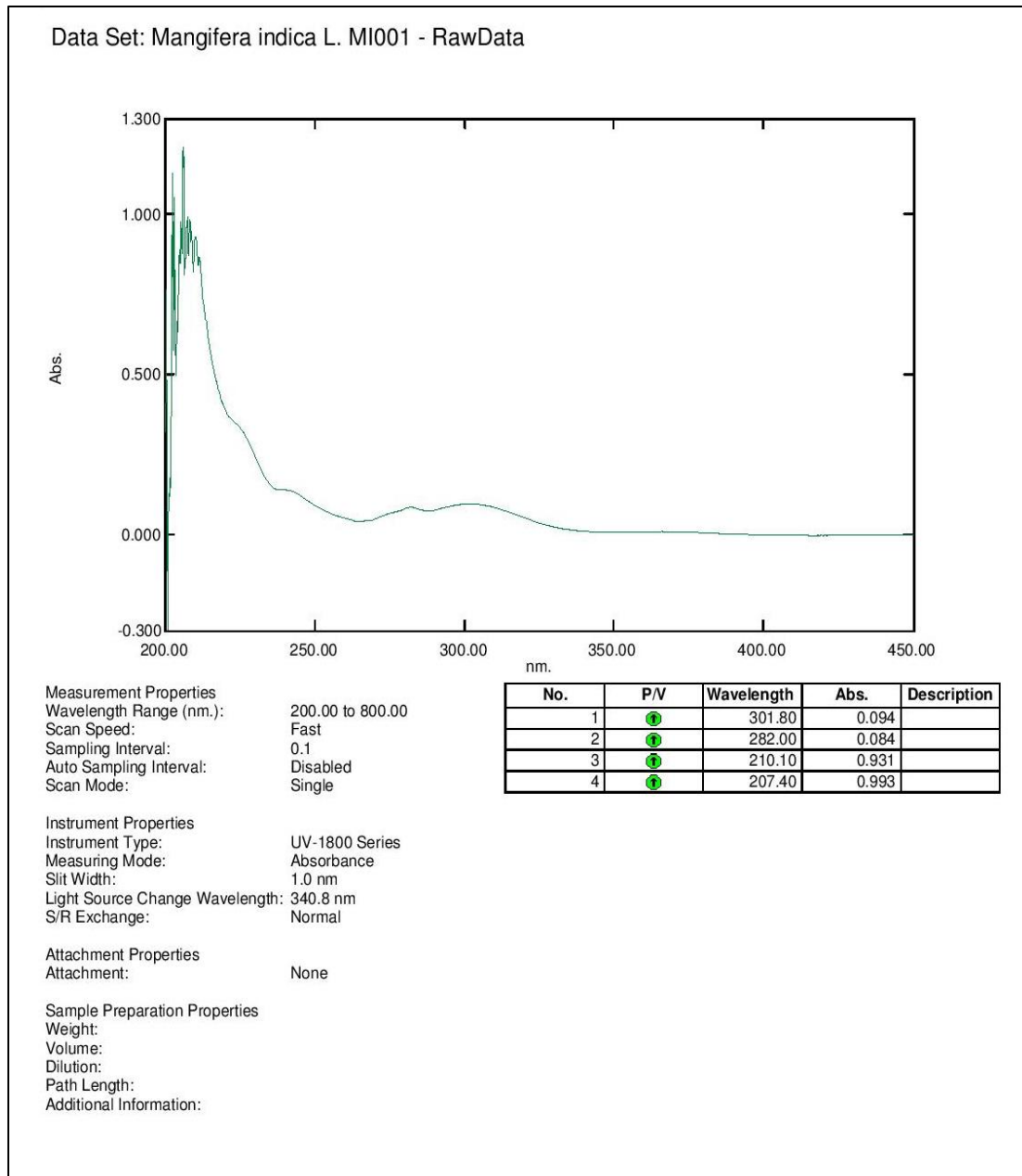


Figura N° 109. Espectro Ultravioleta visible representativo de la especie *Mangifera indica L.* en la región 450-200 nm.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0. CONCLUSIONES

1. El solvente que se utilizó; fue alcohol etílico 90°, debido a que los exudados vegetales presentan mayor solubilidad puesto que tiene una parte hidrofília y una parte hidrófoba, capas de disolver sustancias polares y no polares, aparte de ello por ser unos de los solventes orgánicos con menor toxicidad y amigable con el medio ambiente.
2. Las concentraciones de los exudados para la obtención de los espectros UV-Vis son: *E. globulus Labill* y *C. citriodora Hook* fue de 0.01 µg/mL, *Araucaria heterophylla* y *Hymenaea courbaril L.* fue de 0.05 µg/mL, y de *Mangifera indica L.* fue de 0.08 µg/mL, debido a que con estas se logró obtener los espectros.
3. Para el análisis en el Infrarrojo intermedio 4000-500 cm⁻¹ de la especie *E. globulus Labill* se obtuvieron un total de 8 espectros, los cuales al realizarles un acoplamiento espectral se observó una similitud en los diferentes picos que al constatarlo con las tablas de correlación se deduce la posible presencia de grupos -OH, C-H saturados, C=O (carbonilo), C=C de alquenos y posiblemente de anillos aromáticos.
4. De *Corymbia citriodora Hook* se obtuvieron diez espectros en el IR, los cuales al ser acoplados espectralmente, se observó una similitud en los resultados con *E. globulus Labill*, puesto que ambas especies vegetales pertenecen a la misma familia botánica.
5. De *Araucaria heterophylla* se obtuvieron 9 espectros IR, al realizar su acoplamiento se observa similitudes en sus picos obtenidos, y al compararlos con tablas de correlación se deduce la posibilidad de grupos

C=O (carbonilo), C-H saturados y dobles enlaces en los compuestos presentes.

6. En el espectro IR de *Hymenaea courbaril* L. se deduce la posible presencia de grupos C-H saturados, C=O (carbonilo).
7. Al realizar el acoplamiento espectral de las 6 muestras de *Mangifera indica* L. y comparándolas con las tablas de correlación se encontró la posible presencia de grupos –OH, C-H saturados.
8. A través de la espectroscopia UV-Visible se logró determinar en las muestras de exudados vegetales, bandas de absorción en la región ultravioleta, indicando convenientemente máximos de bandas (γ_{mas}). Por el contrario no así en la región visible.
9. La aplicación de los análisis en el IR y UV-Visible para determinar la presencia de grupos funcionales y bandas de absorción en muestras de exudados, resulto ser valiosa, ya que estos resultados proporcionarían más información sobre las especies vegetales en estudio.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

V. RECOMENDACIONES

1. A los estudiantes egresados continuar con investigaciones similares en cuanto a la vegetación del Campus Central de la Universidad para que el marco de referencia en este tipo de investigaciones se amplíe mucho más.
2. A la comunidad universitaria que tenga sensibilidad en cuanto a la importancia de la flora presente en el campus central, para que la proteja de cualquier daño como tala indiscriminada.
3. A los investigadores, en el análisis Ultravioleta Visible experimentar a través de ensayos en el equipo instrumental diferentes concentraciones a las cuales las diferentes diluciones puedan ser detectadas, para que los datos obtenidos sean menor a 1.0 de Absorbancia, siempre y cuando el espectro sea representativo para el análisis posterior, con esto se contribuirá a ampliar la información existente.
4. A las autoridades de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, realizar las gestiones necesarias para la obtención de equipos de mayor capacidad y sensibilidad tales como Absorción Atómica y de Resonancia Magnética Nuclear.
5. A los docentes de la Universidad de El Salvador en el área de la Botánica, ejecutar por medio de proyectos de proyección social, la identificación de todas las especies vegetales presentes en el campus central de La Universidad de El Salvador para abonar al mejoramiento de las instalaciones y a la investigación científica.

BIBLIOGRAFIA

1. Alzate Tamayo, Garcés (2008). Propiedades farmacológicas del Algarrobo (*Hymenaea courbaril* Linneaus) de interés para la industria de alimentos. *Lasallista de Investigación*, 104-105, 107-108.
2. Alas Galdámez M.C., Pinto Flores J.A. (2007) Determinación de la actividad antimicrobiana de las fracciones obtenidas de la cromatografía de columna (n- hexano: AcOEt 10%, 30% y 50%) procedentes del extracto diclorometanico de la goma-resina de *Eucalyptus citriodora* (Eucalipto). [Trabajo de Graduación]. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. Pag. 29
3. Arekar, A.B.; Saudagar R.B.; Patil, A.R. (2013). *Araucaria heterophylla*: the review. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*. Volume 3. India.
4. Bruno Rodríguez, Erika Beatriz; López Mirand, Carmen Esther. (2012)- Trabajo de Graduacion para optar al grado de Lic. en Química y Farmacia. "Adecuación del método de espectroscopía infrarroja en la identificación de grasas trans en margarina. San Salvador, El Salvador, Centroametica.
5. Cáceres, A. (1966). "Plantas de uso medicinal en Guatemala".1 Edición. Guatemala. Editorial Universitaria. P.170-172, 287-289, 319-321.
6. Caroli, Linnae. (1975). *Especies Plantarum 2*; Exhibientes planta Rite cognitae, ag genera recaeas, cum Differentiis Specificis, Nominibus Trivialibus, Synonymis selectis, Locis Natalibus, secundum, Systema Sexuale. Digetas. Tomo II. Pag. 86-88

7. CONABIO. (2009). Catálogo taxonómico de especies de México. In Capital Nat. México. CONABIO, México City.
8. Janzen, D.H. (1991). Historia Natural de Costa Rica, San José, CR. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
9. Lagos, Jorgue Adalberto. (1983} "Compendio de Botánica Sistemática". Segunda Edición. San Salvador.
10. Manual de Análisis Instrumental FQF/UES 2016; Práctica N° 3 Espectroscopia Ultravioleta Págs. 30-46. Practica N° 4 Espectroscopia de Absorción en el Infrarrojo; págs. 48-54. Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador.
11. Martínez Guerrero R. E., Quinteros Pérez M. T. (2003). Comprobación de la actividad antimicótica in Vitro de una tintura elaborada con oleorresina de Eucalipto. [Trabajo de Graduación]. .Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador. Técnicas experimentales en síntesis orgánicas. Editorial Síntesis. Págs. 168-177.
12. Morrión y Bord. Química Orgánica, Quinta Edición. Editorial Addison Wesley Longinán de México S.A. de C.V. Pag. 564-566, 567-568, 672-673, 709-710, 773-774, 834-835, 874-875,968-969, 999-1000.
13. NÁJERA, F. - 1961. Sistema de pica de corteza estimulada con ácido sulfúrico: normas de aplicación. M° de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). Madrid.

14. Parker, Tracey. (2008). Trees of Guatemala. Copyright by Tracey Parker. Guatemala.
15. Planter (1989) "Obtención y aprovechamiento de extractos vegetales de la flora salvadoreña". Volumen I. El Salvador. Pag. 152-153
16. Roldan, Alfredo A. (1997). "100 Plantas Medicinales Escogidas una guía de plantas de todo el mundo seleccionadas por su valor terapéutico". 3° Edición. Editorial EDAF, S. A. Jorgue Juan, 30. Pag. 174-177
17. Skoog, Douglas A.; Holler, F. James; Nieman, Timothy A. (2001). «Introducción a los métodos espectrométricos». Principios de Análisis instrumental. 5ª Edición. Madrid: McGraw-Hill. 84-481-2775-7.
18. Skoog, Duoglas; Holler, James. (2001). Principios de análisis instrumental. Quinta Edición. Editorial Mc Graw – Hill
19. Stuart Bárbara, Infrared Spectroscopy: fundamentals and Applications. Wiley. U.S.A.
20. THE UNITED STATES PHARMACOPEIAL CONVENTION 12601 Twinbrook Parkway, Rockville, MD 20852, Estados Unidos de América (2007), Volumen 1. Pag. 912.
21. Toledo Mendoza, Rina A. (2002). Cincuenta especies de la flora medicinal existentes en El Salvador. Asociación Salvadoreña de Promotores Salvadoreños APROCSAL. Imprenta Díaz. Pag. 43-44, 72-73

22. Toledo Mendoza, Rina A. "Metodos de Extracción de Productos Naturales". Catedra de Farmacognosia, Ciclo I, 2014. Facultad de Quimica y Farmacia. Universidad de El Salvador.
23. Whitmore T. C (1980). A monograph of Agathis. Plant Systematics & Evolution.
24. Universidad de Colorado. [Acceso: 16 de Marzo 2016]; Disponible en: <http://orgchem.colorado.edu/Technique/Procedures/IR/>
25. Willard, H., Merrit, D., Dean, J. Y Settle, F. (1991). Métodos instrumentales de análisis. Editorial Iberoamericana.

ANEXOS

ANEXO N° 1

Espectro electromagnético.

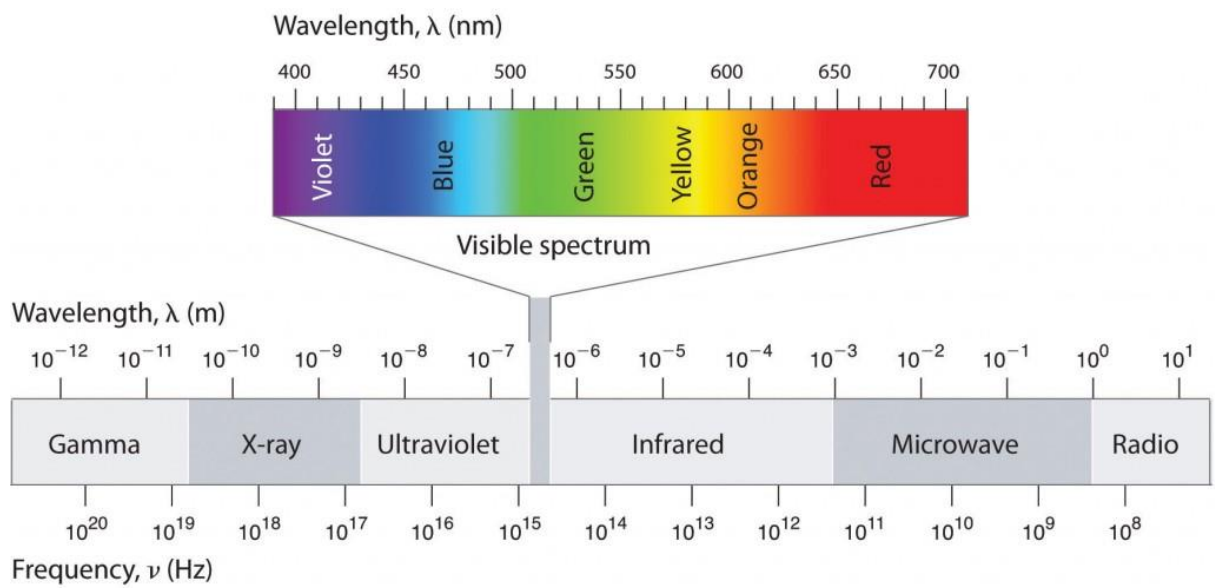


Figura N° 110. Longitudes de onda del espectro electromagnético

ANEXO N° 2

Transiciones electrónicas de los orbitales moleculares

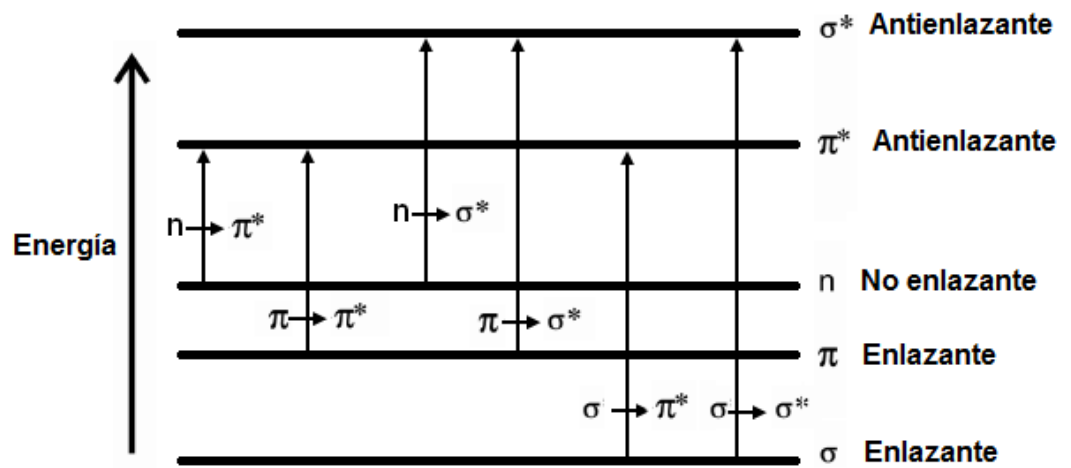


Figura N° 111. Posibles transiciones electrónicas entre los orbitales

ANEXO N° 3

Recolección de muestras representativas de especies de árboles para la
identificación botánica.



Figura Nº 112. Recolección de muestras vegetales.



Figura Nº 113. Recolección de muestras vegetales.



Figura N° 114. Ordenamiento de las muestras vegetales.



Figura N° 115. Seleccionando parte representativa de la planta.



Figura N° 116. Muestras para ser identificadas en el Jardín Botánico la Laguna

ANEXO N° 4

Identificación Botánica de las especies recolectadas en el Jardín Botánico
la Laguna.



Figura Nº 117. Seleccionando las especies en herbario LAGU



Figura Nº 118. Especialista botánico analizando muestras vegetales.



Figura N° 119. Verificación en base de datos para identificación botánica.

ANEXO N° 5

Codificación de Muestras para el análisis.

Cuadro N° 13. Codificación Botánica de las muestras a recolectar.

Especie	Codificación	Latitud/Longitud	Lugar de Recolección
<i>Eucalyptus globulus</i> <i>Labill</i>	EG001	13.719893 -89.201487	Campus Central Universidad de El Salvador.
	EG002	13.719892 -89.201485	
	EG003	13.717341 -89.200268	
	EG004	13.717349 -89.200257	
	EG005	13.717464 -89.200718	
	EG006	13.717480 -89.200730	
	EG007	13.717539 -89.200787	
	EG008	13.719553 -89.205087	
<i>Corymbia citriodora</i> <i>Hook</i>	CC001	13.717837 -89.200840	Campus Central Universidad de El Salvador.
	CC002	13.717789 -89.200788	
	CC003	13.717789 -89.200818	
	CC004	13.717788 -89.200817	
	CC005	13.717889 -89.200816	
	CC006	13.717789 -89.200817	
	CC007	13. 717918 -89.200651	

Cont. Cuadro N° 13. Continuación

Especie	Codificación	Latitud/Longitud	Lugar de Recolección
	CC008	13.717932 -89.200647	
	CC009	13.718947 -89.205525	
	CC010	13.719425 -89.205525	
<i>Araucaria heterophylla</i>	IR= AE001 UV-Vis =AH001	13.717304 -89.204620	Campus Central Universidad de El Salvador.
	IR= AE002 UV-Vis =AH002	13.719553 -89.204834	
	IR= AE003 UV-Vis =AH003	13.719569 -89.204772	
	IR= AE004 UV-Vis =AH004	13.719605 -89.204830	
	IR= AE005 UV-Vis =AH005	13.719517 -89.204830	
	IR= AE006 UV-Vis =AH006	13.719494 -89.203077	
	IR= AE007 UV-Vis =AH007	13.719891 -89.203030	
	IR= AE008 UV-Vis =AH008	13.719628 -89.203150	
	IR= AE009 UV-Vis =AH009	13.719513 -89.204828	

Cuadro N° 13. Continuación

Especie	Codificación	Latitud/Longitud	Lugar de Recolección
<i>Mangifera indica L.</i>	MI001	13.719425 -89.203584	Campus Central Universidad de El Salvador.
	MI002	13.717933 -89.201674	
	MI003	13.717772 -89.201125	
	MI004	13.717489 -89.201062	
	MI005	13.717630 -89.201587	
	MI006	13.717878 -89.201949	
<i>Hymenaea courbaril L.</i>	HC001	13.717768 -89.202068	Campus Central Universidad de El Salvador.

ANEXO N° 5

Tratamiento de muestras para Ultravioleta Visible



Figura N° 120. Pesado de muestras en balanza analítica.



Figura N° 121. Cristalería utilizada en la metodología.



Figura N° 122. Filtración de soluciones.



Figura N° 123. Diluciones realizadas para análisis en Ultravioleta visible.

ANEXO N° 7

Instrumento de Análisis en el Ultravioleta-visible



Figura N° 124. Espectrofotómetro Shimadzu UV-1800.

ANEXO N° 8

Utilización del Espectrofotómetro Shimadzu UV-1800



Figura N° 125. Lectura de muestras en la región Ultravioleta Visible.

ANEXO N° 9

Especificaciones del equipo espectrofotómetro Shimadzu UV-1800

Cuadro N° 14. Especificaciones del Shimadzu uv-1800

Característica	Observaciones
Rango de Longitud de Onda	- 190 a 1100 nm
Ancho de banda espectral	- 1 nm (190 a 1100 nm)
Visualización de la longitud de onda	- Incrementos de 0.1 nm
Ajuste de la longitud de onda	- Incrementos de 0.1 nm (1 nm incrementa cuando se asigna el rango de escaneo) -
Exactitud de longitud de onda	- ± 0.1 nm @ 656.1 nm D2 - ± 0.3 nm (190 a 1100 nm)
Respetabilidad de longitud de onda	- ± 0.1 nm
Pérdida de radiación	- Menor al 0.02% NaI @ 220 nm, NaNO ₂ @ 340 nm
Sistema Fotométrico	- Doble Haz
Rango Fotométrico	- Absorbancia: -4 a 4 Abs - Transmitancia: 0% a 400%
Exactitud Fotométrica	- ± 0.002 Abs (0.5Abs) - ± 0.004 Abs (1.0Abs) - ± 0.006 Abs (2.0Abs)
Repetabilidad Fotométrica	- Menor a ± 0.001 Abs (0.5Abs) - Menor a ± 0.001 Abs (1.0Abs) - Menor a ± 0.003 Abs (2.0Abs)
Estabilidad de la línea basa	- Menor que 0.0003 Abs/H @ 700 nm (Una hora)

Cuadro N° 14. Continuación

	después de encenderse la fuente del equipo.
Adelgazamiento de la línea base	- Dentro de ± 0.0006 Abs (190 a 1100nm, una hora después del encendido de las fuentes)
Nivel de ruido	- Dentro de 0.00005 Abs valor de RMS (@700 nm)
Dimensiones	- 450(W) x 490(D) x 270(H)
Peso	- 15kg
Impresoras	- DPU, ESC/P, impresoras PCL, USB I/F Windows-varias impresoras con memoria USB y PC software
Memoria	- Opción de memoria USB guardado como texto y archivos UVPC
Desempeño para PC	- Memoria USB + Software UV Probe Estándar bajo Windows XP/2000/me/98

ANEXO N° 10

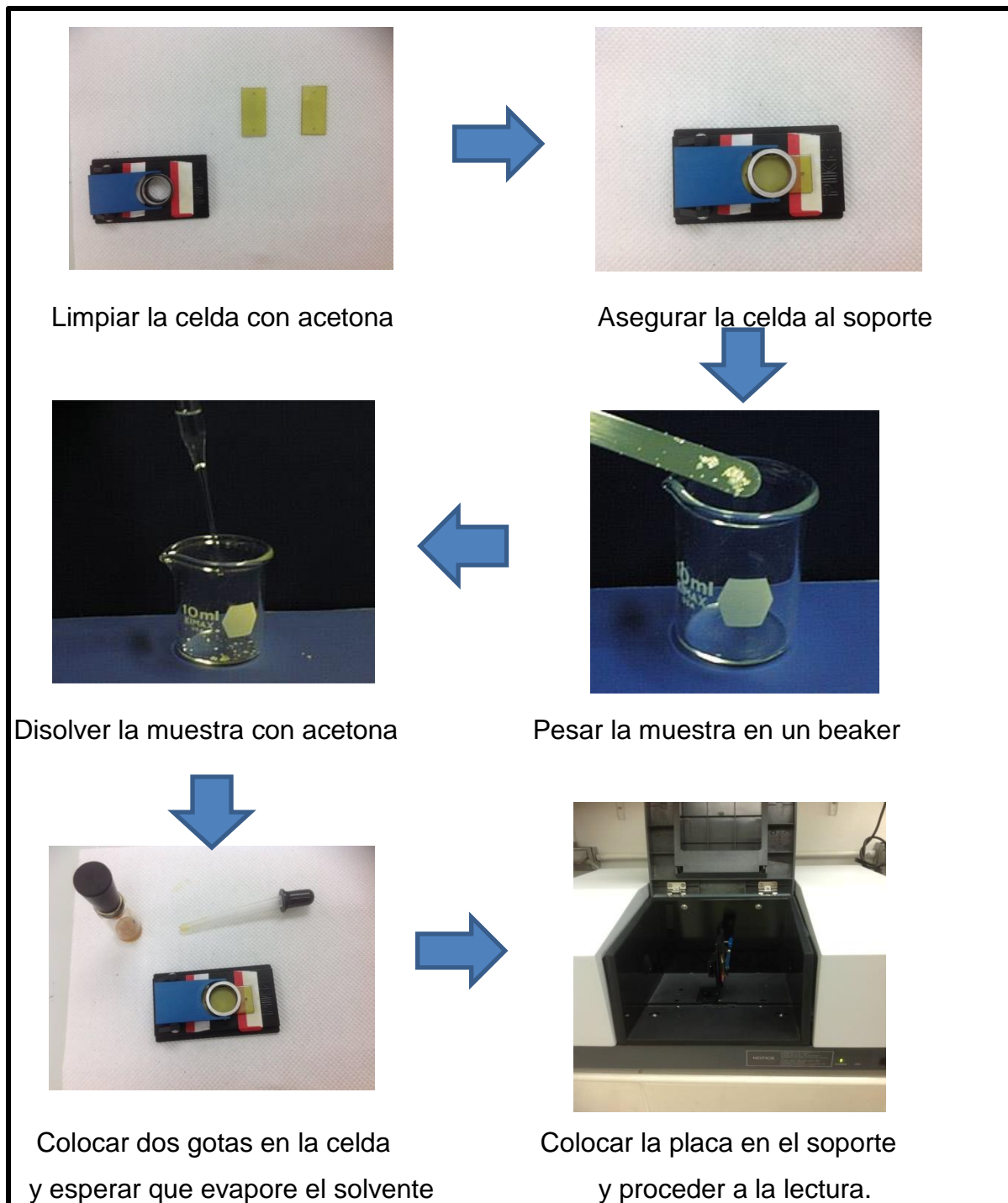


Figura N° 126 Método de "Thin Film sólido"

ANEXO N° 11

Instrumento de Análisis en el Infrarrojo



Figura N° 127. Espectrofotómetro IRAFFINITY-1

ANEXO N° 12

Especificaciones del equipo espectrofotómetro infrarrojo con transformada de fourier Shimadzu IRAFFINITY-1

Cuadro N° 15. Especificaciones del infrarrojo Shimadzu IRAFFINITY-1

Característica	Observaciones
Interferómetro	<ul style="list-style-type: none"> - Interferómetro de Michelson (ángulo de incidencia de 30 grados) - Sistema avanzado de alineamiento dinámico - Interferómetro sellado y secado con desecador automático
Divisor de radiación	<ul style="list-style-type: none"> - Cubierta de Germanio y placa de KBr para región intermedia del IR (Standard) - Cubierta de Germanio y placa de CsI para región Intermedia/lejana del IR (Opcional) - Cubierta de Silicón y placa de CaF2 para región cercana del IR (Opcional)
Fuente	<ul style="list-style-type: none"> - Fuente de Globar (Cerámica) con enfriamiento de aire para la región intermedia/lejana del IR con 3 años de garantía (Standard) - Lámpara de Tungsteno para región cercana del IR (Opcional)
Detector	<ul style="list-style-type: none"> - Detector DLATGS con control de Temperatura para la región intermedia/lejana del IR (Standard) - Detector MCT (Hg-Cd-Te) con enfriamiento con Nitrógeno líquido para la región intermedia del IR (Opcional) - Detector InGaAs para región cercana del IR (Opcional)
Rango de números de onda	<ul style="list-style-type: none"> - 7,800 - 350 cm⁻¹ - 12,500 - 240 cm⁻¹ (Opcional)
Resolución	<ul style="list-style-type: none"> - 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 cm⁻¹ (Intermedio/lejano del IR) - 2, 4, 8, 16 cm⁻¹ (cercano del IR) -
Razón S/N (señal/ruido)	<ul style="list-style-type: none"> - 40,000: 1 y mayores (pico-a-pico, resolución de 4 cm⁻¹, aprox. 2100 cm⁻¹, escaneo (barrido) de 1 minuto)
Sistema operativo	<ul style="list-style-type: none"> - Microsoft Windows 2000/XP
Interface entre PC y FTIR	<ul style="list-style-type: none"> - IEEE 1394

Cuadro N° 15. Continuación

Monitoreo de hardware	<ul style="list-style-type: none"> - Auto diagnóstico, Monitor de estado - Programa de validación en cumplimiento conforme con la Farmacopea Japonesa , Farmacopea Europea, Normas ASTM
Procesamiento de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Adición, Multiplicación, conversión Abs a %T, normalización, corrección de línea base, conversión logarítmica, difuminado, derivación, corrección ATR, conversión Kubelka-Munk, análisis de Kramers-Kronig, conversión de numero de onda/longitud de onda, detección de pico, cálculo de área del pico, cálculo de espesor de película
Procesamiento cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> - Curva de Calibración Multipunto con altura/área/radio o razón del pico, regresión multilinear (método MLR)
Búsqueda de espectro	<ul style="list-style-type: none"> - Búsqueda de parámetros, Búsqueda, creación de Librería de espectros
Proceso de impresión	<ul style="list-style-type: none"> - Generador de reportes
Software opcionales	<ul style="list-style-type: none"> - Programación de Macro, cuantificación de PLS, curva adecuada, Presentación tridimensional con mapeo
Rastreo de Auditoria	<ul style="list-style-type: none"> - Función de contenedor con almacenaje de interferograma/espectro de fondo (background), Historial de operación - Protección con clave de ingreso - Grabado Log - Conformidad con FDA CFR Part 11, firma electrónica
Detección de accesorios	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento automático del accesorio instalado. Además configuración de parámetros de escaneo o barrido y corrida de programación con macro. - Accesorios ATR; ATR-8000A, ATR-8200HA, MIRacle A, DuraSamplIR A, etc. - Accesorios de reflectancia difusa; DRS-8000A, etc. - Accesorios de reflectancia; SRM-8000A, RAS-8000A, etc.
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> - 600 (W) x 680 (L) x 290 (H) mm
Peso	<ul style="list-style-type: none"> - 54 Kg

ANEXO N° 13

Tablas de correlación Espectroscopia Infrarroja según Química Orgánica de Morrión y Bord Quinta Edición.

Cuadro N°16. Bandas Características de absorción Infrarroja.

Enlace	Tipo de compuesto	Intervalo de frecuencia cm^{-1}
C-H	Alcanos	2850 -2960 1350-1470
C-H	Alquenos	3020-3080 (m) 675-1000
C-H	Anillos aromáticos	3000-3100 (m) 675-870
C-H	Alquinos	3300
C=C	Alquenos	1640-1680 (v)
C≡C	Alquinos	2100-2260 (v)
C=C	Anillos aromáticos	1500-1600 (v)
C-O	Alcoholes, éteres, ácidos carboxílicos, ésteres	1080-1300
C=O	Aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres	1690-1760
O-H	- Alcoholes monómeros, fenoles - Alcoholes con puente de hidrogeno, Fenoles Ácidos carboxílicos	3160-3640 (v) 3200-3600 (a) 2500-3000 (a)
N-H	Aminas	3300-3500 (m)
C-N	Aminas	1180-1360
C≡N	Nitrilos	2210-2260 (v)
-NO ₂	Compuestos nitro	1515-1560 1345-1385

Todas las bandas son intensas, salvo las marcadas; m, moderada; v, variable.

Espectros IR de Hidrocarburos.

Los alcanos, alquenos, alquinos y aromáticos tienen espectros IR con frecuencia dan absorción que son características para cada clase de hidrocarburo. Aunque es casi imposible identificar un hidrocarburo a partir de su espectro IR solamente, si se puede determinar su tipo o clase.

Los hidrocarburos solo tienen enlaces carbono-carbono y carbono-hidrogeno. Estos enlaces tienen frecuencias de absorción infrarroja que son características para cada clase de hidrocarburo. Las vibraciones de tensión son típicas asociadas con los enlaces e distintos hidrocarburos, las cuales se presentan a continuación:

Tensión Carbono-Carbono

C-C de alcanos y Cicloalcanos: Una banda aproximadamente 1200 cm^{-1} (no es útil porque en esta res la región de la huella dactilar)

C=C de alquenos: Un pico agudo aproximadamente entre $1640\text{-}1680\text{ cm}^{-1}$

C=C de aromáticos: Dos picos agudos a aproximadamente 1500 cm^{-1} y 1600 cm^{-1} . El primero de ellos es pequeño o está ausente en los compuestos más simétricos.

recuencia exacta puede dar mucha información sobre la estructura de la molécula.

El grupo -CHO de un aldehído tiene una banda de alargamiento C-H característica, cerca de 2720 cm^{-1} . Si se considera en conjunto con la banda carbonílica, se trata casi con certeza de un aldehído. Ácidos carboxílicos y esterres también presentan absorción carbonílica, y en la misma región general de aldehídos y cetonas. Los ácidos, sin embargo, también presentan la banda ancha del O-H. Los esterres tienen la banda carbonílica a frecuencia algo más elevada que las cetonas de igual estructura general. Además, los esterres tienen bandas de alargamiento C-O características.

Análisis Infrarrojo de Ácidos Carboxílicos.

El grupo carbonilo está constituido por un grupo carbonilo (C=O) y un hidroxilo (OH), de modo que el espectro infrarrojo de los ácidos carboxílicos refleja

ambas unidades estructurales. Para ácidos unidos por puentes de hidrógeno (dímeros), los alargamientos O-H dan una banda ancha, intensa, en el intervalo de 2500-3000 cm^{-1} .

Alargamiento O-H, intensa, ancha.

-COOH y enoles 2500-3000 cm^{-1}

ROH y Ar-OH 3200-3600 cm^{-1}

Con los ácidos encontramos de nuevo la absorción debida al alargamiento del grupo carbonilo. Lo mismo que para aldehídos y cetonas, esta banda intensa aparece en una región que normalmente está libre de otras absorciones intensas y debido a su frecuencia exacta da mucha información acerca de la estructura. Para ácidos la banda C=O se encuentra a unos 1700 cm^{-1} .

Alargamiento C=O, intensa.

R-COOH 1700-1725 cm^{-1}

C=C-COOH 1680-1700 cm^{-1}

Ar-COOH 1680-1700 cm^{-1}

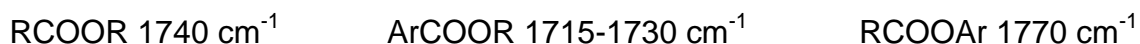
Los ácidos presentan una banda de alargamiento C-O a unos 1250 cm^{-1} , y bandas de flexión O-H cerca de 1400 cm^{-1} y 920 cm^{-1} (ancha). También los enoles presentan absorción O-H y C=O. Estos pueden distinguirse por la frecuencia específica de la banda C=O. Aldehídos y cetonas y ésteres muestran absorción carbonílica, pero falta de banda O-H.

Análisis Infrarrojo de los derivados de ácidos carboxílicos.

El espectro infrarrojo de un compuesto de acilo presenta la banda intensa próxima a los 1700 cm^{-1} que asociamos con el alargamiento del C=O. La frecuencia precisa depende de la familia a la que pertenece el compuesto y de

la estructura exacta de un miembro de una familia determinada. Para esteres por ejemplo:

Alargamiento C=O, intensa.



Los esteres se distinguen de los ácidos por la ausencia de la banda del O-H, y de las cetonas, por presentar dos bandas intensas de alargamiento del C-O en la región de 1050-1300 cm^{-1} ; la ubicación exacta de estas bandas también depende de la estructura del éster. Aparte de la banda carbonílica, las amidas presentan absorción en la región de 3050-3550 cm^{-1} debida al alargamiento del N-H (el número de bandas y su ubicación dependen del grado de asociación por puentes de hidrogeno), y absorción debida a la flexión N-H en la región de 1600-1640 cm^{-1} .

Cuadro N°17. Absorción Infrarroja en Compuestos Oxigenados.

Compuesto	O-H	C-O	C=O
Alcoholes	3200-3600 cm^{-1}	1000-1200 cm^{-1}	-
Fenoles	3200-3600	1140-1230	-
Éteres alifáticos	-	1060-1150	-
Éteres Aromáticos	-	1200-1275 1020-1075	-
Aldehídos, cetonas	-	-	1675-1725 cm^{-1}
Ácidos carboxílicos	2500-3000	1250	1680-1725
Esteres	-	1050-1300 (dos bandas)	1715-1740
Cloruros de ácido	-	-	1750-1810
Amidas [RCONH ₂]	(N-H 3050-3550)	-	1650-1690

Análisis Infrarrojo de aminas y amidas sustituidas.

El número y la ubicación de las bandas de absorción dependen del tipo a que pertenece la amina. Una amida sustituida o no, presenta la banda C=O en la región 1640-1690 cm^{-1} .

Además, si contiene un grupo N-H libre, presenta el alargamiento N-H en 3050-3550 cm^{-1} y flexión -NH en 1600-1640 cm^{-1} (RCONH₃) o en 1530-1570 cm^{-1} (RCONHR').

Alargamiento N-H, 3200-3500 cm^{-1}

- Amina 1° A menudo dos bandas, amina 2° Una banda, amina 3° Ninguna banda

Flexión N-H

Aminas 1° Bandas intensas 650-900 cm^{-1} (anchas) y 1560-1650 cm^{-1}

Alargamiento C-N

Alifáticas 1030-1230 cm^{-1} (débil)
(3°: corrientemente un doblete)

Aromáticas 1180-1360 cm^{-1} (intensa)
Dos bandas

Análisis Infrarrojo de fenoles

Los fenoles presentan una banda intensa y ancha debida al alargamiento O-H en la misma región de los alcoholes 3200-3600 cm^{-1}

Alargamiento O-H, intensa, ancha

Fenoles (o alcoholes), 3200-3600 cm^{-1}

Sin embargo los fenoles difieren de los alcoholes en la posición de la banda de alargamiento del C-O.

Alargamiento C-O, intensa, ancha

Fenoles, alrededor de 1230 cm^{-1}

Alcoholes $1050\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$

Los éteres fenólicos no presentan, por supuesto, la banda O-H, pero si el alargamiento C-O.

ANEXO N°14

Materiales, equipos, reactivos y solventes utilizados.

MUESTRAS, MATERIALES, EQUIPOS, REACTIVOS Y SOLVENTES

Muestras Vegetales.

- *Exudado de Corymbia citriodora Hook*
- *Exudado de Eucalyptus globulus Labill*
- *Exudado de Mangifera indica L.*
- *Exudado de Hymenaea courbaril L.*
- *Exudado de Araucaria Heterophylla*

Material de Laboratorio.

- Tubos de ensayo con rosca
- Beakers (10, 30, 50, 100, 250 mL)
- Embudos de vidrio
- Balones volumétricos de 10 mL
- Pipetas volumétricas (1.0, 2.0, 5.0)
- Micro pipeta volumétrica
- Espátula metálica
- Plumones
- Tirro
- Papel toalla
- Papel kleenex
- Gradilla para tubos
- Gabacha, mascarilla, gorro y guantes estériles
- Goteros
- Probetas (10, 25, 100 mL)
- Papel Papel-film

Equipo de Laboratorio.

- Espectrofotómetro Ultravioleta-Visible
- Espectrofotómetro Infrarrojo
- Computadora acoplada al sistema
- Balanza analítica
- Balanza granataria
- Balanza semianalítica
- Ultrasonido
- Impresora
- CPU

Reactivos y solventes.

- Acetona.
- Etanol 90°
- Benceno.
- n-hexano.
- Tetracloruro de Carbono
- Tolueno.
- Éter de petróleo.
- Éter etílico.
- Cloroformo.
- Dicloro metano.
- Agua destilada.