

ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPÍA UV Y FTIR DE MACERADOS ACUOSOS Y ALCOHÓLICOS DE *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller. INTERACCIÓN CON SALES INORGÁNICAS

Félix Saavedra Nizama^{1*}, Neptalí Ale Borja^{2*}, Gloria Gordillo Rocha³, Alfonso Apestequí Infante³, Bertha Jurado Teixeira³, y Andrés Revilla Casalino³

RESUMEN

Los heterósidos antraquinónicos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller (sábila) **son utilizados como purgantes y están incluidos en las principales farmacopeas, en las cuales también se incluyen** algunas sales inorgánicas -CuSO₄·5H₂O, Bi(NO₃)₃, AgNO₃- por sus beneficiosas propiedades terapéuticas. Se propone investigar si estas sales y FeCl₃ utilizado como reactivo para cuantificar antraquinonas naturales interaccionan con los macerados acuosos y alcohólicos de hojas de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller (sábila) cuando se guardan herméticamente cerrados en frascos ámbar y bajo refrigeración durante *doce meses*. Se utilizó la espectroscopía FTIR para determinar la presencia de antraquinonas naturales en diez sólidos residuales de las sales mencionadas, obtenidos por filtración, luego de interacción durante siete días con los macerados mencionados; los líquidos filtrados se guardaron nuevamente bajo refrigeración (siete preparados con pequeñas cantidades de sal disuelta), y se analizaron por UV y FTIR después de doce meses.

Para comparar resultados, también se obtuvieron los espectros UV y FTIR de los macerados acuosos y alcohólicos de ambos aloes -sin adición de sales inorgánicas y guardados bajo refrigeración-, con lecturas a los 03, 06 días, 12 y 24 meses; asimismo, se obtuvieron espectros recientes -03 días- de infusiones de *Rheum palmatum* (ruibarbo) y *Cassia senna* L (Sen).

Los espectros UV presentan máximos de absorción **característicos para los derivados antraquinónicos**, la mayoría con desplazamiento hipsocrómico. Todos los espectros FTIR presentan con claridad el máximo que corresponde al grupo funcional carbonilo (C=O), dentro del rango esperado; entre 1590,56 cm⁻¹ y 1644,23 cm⁻¹ para las muestras sólidas; 1593,76 cm⁻¹ y 1641,19 cm⁻¹ para los preparados acuosos (incluyendo sen y ruibarbo), y 1601,28 cm⁻¹ y 1,709,74 cm⁻¹ para los preparados alcohólicos.

Los residuos sólidos de las sales de hierro provenientes de los macerados acuosos y alcohólicos y el residuo de la sal de cobre del preparado acuoso, son los más significativos por su cristalización, y la transmitancia de los correspondientes espectros FTIR indican, de manera relativa, incremento de derivados antracénicos libres respecto al lavado que le dio origen. El desplazamiento del máximo FTIR del residuo sólido de la sal de cobre hacia zona de menor longitud de onda indica la formación de quelato de cobre.

Palabras clave: antraquinonas en *Aloe vera* L, *Aloe barbadensis* Miller, espectroscopía FTIR, interacción en sales inorgánicas.

^{1*} Laboratorio Química General e Inorgánica. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Fesn2709@gmail.com

^{2*} Laboratorio Química Analítica e Instrumentación. Facultad de Química e Ing. Química. nalebunmsm@yahoo.es

³ Laboratorio de Bioquímica. Facultad de Farmacia y Bioquímica.

UV AND FTIR SPECTROSCOPIC ANALYSES OF AQUEOUS AND SPIRITS WASHINGS OF *Aloe vera* L. AND *Aloe barbadensis* Miller, INTERACTION WITH INORGANIC SALTS

ABSTRACT

Natural anthraquinones – anthraquinone heteroside - *Aloe vera* L. and *Aloe barbadensis* Miller (aloe) is used as a purgative and is included in the main pharmacopoeias; on the other hand, some inorganic salts - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, AgNO_3 - also included in the pharmacopoeias for its beneficial therapeutic properties. In this sense, there is the initiative to find out if these salts and FeCl_3 used as reagents to quantify natural anthraquinones when mixed with aqueous and alcoholic washings of leaves of *Aloe vera* L. and *Aloe barbadensis* Miller (Aloe), interact with each other, when stored in airtight amber bottles and refrigerated for *twelve months*. FTIR spectroscopy was used to determine the presence of natural anthraquinones in ten solid waste - the salts specified - obtained by filtration after seven days of interaction with the washing mentioned, the filtrates were stored under refrigeration again (seven preparations with small amounts of dissolved salts), and analyzed by UV and FTIR after twelve months.

To compare results, it was also obtained UV and FTIR spectra of aqueous and alcoholic washings of both aloes - without addition of inorganic salts and stored under refrigeration - with readings of 03, 06 days; 12 and 24 months; also were recent spectra obtained - 03 days - infusions of *Rheum palmatum* (rhubarb) and *Cassia senna* L (Sen). All UV spectra show characteristic absorption peaks for anthraquinone derivatives, most hipsocromic displacement; however, the FTIR spectra of all samples - solid and liquid - clearly show the maximum that corresponds to the functional group carbonyl (C = O) within the expected range.

Solid waste from the iron salts from aqueous and alcoholic preparations and the residue of the copper salt of aqueous preparation are the most significant for its crystallization. The transmittance of the corresponding FTIR spectra relatively indicate, increased of free anthracene derivatives – according to the washing which it was originated - and for copper by displacement of the maximum towards to shorter wavelength, perhaps to form copper chelates.

Key words: anthraquinones in *Aloe vera* L. *Aloe barbadensis* Miller, FTIR spectroscopy, interaction inorganic salts.

INTRODUCCIÓN

La espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) se utiliza para identificar el componente más importante en mezclas de sustancias, como la caracterización nutricional de alimentos para animales¹, la identificación de hidroxitolueno butirato en aceite de palma², la caracterización estructural de grasas y aceites comestibles³, la identificación de colorantes antraquinónicos en pinturas de restos arqueológicos⁴ y para el análisis cualitativo y cuantitativo de ácido rosmarínico compuesto polifenólico, en cultivos de suspensión celular de *Lavandula officinalis*⁵.

Asimismo, para el análisis IR no se recomiendan los solventes agua y etanol, el primero por tener absorción en casi todo el espectro IR y el segundo porque presenta absorción en diversas regiones del espectro, por ejemplo, entre $1000\text{-}1500\text{cm}^{-1}$ y $2800\text{-}3500\text{cm}^{-1}$; las menos acentuadas se presentan entre $1600\text{-}2200\text{cm}^{-1}$. El grupo alcohólico OH libre (no asociado)

absorbe (estiramiento O-H) como una banda aguda cerca de 3610cm^{-1} ; en las asociaciones poliméricas el grupo hidroxilo absorbe bajo forma de una banda redondeada e intensa⁶ cerca de 3300cm^{-1} .

El estudio de la cristalización del antiulceroso cimetidina en mezcla agua-etanol, a porcentajes de agua menores al 20 %, se obtiene fundamentalmente el polimorfo A, el cual cumple con los requerimientos de la Farmacopea Americana. El procedimiento por espectroscopía infrarroja tiene en cuenta que la cimetidina A presenta cuatro picos característicos en las bandas 1400 , 1385 , 1205 y 1155cm^{-1} y el polimorfo B presenta una banda característica a 1180cm^{-1} , lo cual permite la evaluación cuantitativa del contenido del polimorfo B empleando las mezclas etanol-agua⁷.

En la cuantificación del agua directamente unida a una matriz polimérica, se determina la frecuencia para dos tipos de agua - $1655,8$ y $1640,3\text{cm}^{-1}$, estableciendo que el agua con frecuencia más baja corresponde al agua en contacto directo con el sólido metilcelulosa⁸.

A nivel biológico, en personas con desórdenes en el metabolismo de carbohidratos (diabetes) se determina la concentración de glucosa humana evaluando la correlación entre la transmisión de una señal infrarrojo a diferentes concentraciones de glucosa en un rango clínicamente aceptable. Para ello se evaluó la zona espectral teniendo en cuenta los picos de absorción de glucosa y las potenciales interferencias como el agua, proteínas, lípidos etc.⁹.

Por otro lado, en sen, ruibarbo, cáscara sagrada, frángula, sábila se hallan antraquinonas naturales libres en mínima cantidad y en forma de glicósidos en mayor porcentaje, los cuales por su efecto farmacológico son utilizados como purgantes. Asimismo, el ácido carmínico –obtenido principalmente de la cochinilla- es un derivado antraquinónico cuyos quelatos metálicos tienen aplicaciones como colorantes y preservantes en las industrias de textiles, alimentos, medicinas y cosméticos¹⁰. También los derivados antracénicos naturales han demostrado tener propiedades antivirales, fungicidas y antimicrobianas^{11,12}.

Las hojas de *Picramnia macrostachys* (Ami) –especie nativa del Perú, Brasil y de las Guyanas– son utilizadas por sus efectos cicatrizantes, antimicrobiano, catártico y como colorante textil; por espectroscopía IR –previa separación cromatográfica- se identificó crisofanol (1,8-dihidroxi-3-metil-antraquinona); tanto la muestra patrón como la muestra analizada presentan una banda significativa a 1620cm^{-1} , la cual corresponde al grupo carbonilo; otras bandas se presentan entre 1265 - 752cm^{-1} . La antraquinona parietina (1,8-dihidroxi-3-metil-6-metoxiantraquinona), obtenida en menor proporción y su muestra patrón presentan la banda del grupo $\text{C}=\text{O}$ ¹³ a 1640cm^{-1} . También se identificaron por espectroscopía IR derivados antraquinónicos (1674 cm^{-1} , 1633 cm^{-1} , 1608 cm^{-1} , 1594 cm^{-1}) obtenidos de suspensión celular de *Rubia cordifolia*¹⁴ y de la corteza del árbol maderero *Melanoxylon brauna* –previa separación cromatográfica – con máximos para el grupo carbonilo¹⁵ a 1664 cm^{-1} y 1642 cm^{-1} .

Las antracilinas doxorrubicina, daunorrubicina, epirrubicina e idarrubicina son antibióticos naturales -con núcleo antraquinónico- utilizados como quimioterápicos antineoplásicos¹⁶; por esta razón, el interés por la síntesis de nuevas antraquinonas es permanente. Cuatro derivados antracénicos presentan bandas a 1650 - 1670cm^{-1} ($\text{C}=\text{O}$), 1030 - 1050 ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$), 1580 - 1590 cm^{-1} ($\text{C}=\text{O}$), 1030 - 1050 ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$), 1580 - 1590cm^{-1} ($\text{C}-\text{N}^+\text{HET}_2$), 2935 - 2940cm^{-1} y 2970 - 2980cm^{-1} (stretching C-H de grupos metil y metileno)¹⁷. En la síntesis de antraquinonas, a partir de fenolatos, las bandas para el grupo carbonilo se ubican en la región 1668 - 1672 - 1676cm^{-1} ¹⁸.

Previo separación cromatográfica se caracterizaron las antraquinonas fenólicas de *Aloe vera* L., (*Aloe barbadensis* Miller), y se determinó que la mayor cantidad de antraquinonas

están en la savia que las contenidas en la cutícula y en el gel. La savia presenta bandas de absorción a 1600 cm^{-1} (C=O) y $3369,4\text{ cm}^{-1}$ (OH fenólico), las antraquinonas de la cutícula a $1623,9\text{ cm}^{-1}$ y $3398,3\text{ cm}^{-1}$, las del gel a $1629,7\text{ cm}^{-1}$ y $3408,0\text{ cm}^{-1}$, respectivamente. Las fracciones cromatografiadas de la savia de aloe, disueltas en cinco mixturas de solventes, presentan la banda para el grupo carbonilo entre $1595,0\text{ cm}^{-1}$ (metanol) y $1633,6\text{ cm}^{-1}$ (acetato de etilo). La banda correspondiente al grupo O-H fenólico presenta máximos de absorción entre $3388,7\text{ cm}^{-1}$ (metanol) y $3417,6\text{ cm}^{-1}$ (acetato de etilo-acetona 4:1). El análisis UV para el grupo carbonilo en la cutícula, gel y savia presenta un primer pico a 217-220 nm, otro a 265-268 nm y uno tercero a 360-370 nm, característicos de las antraquinonas fenólicas¹⁹.

Las antraquinonas de *Aloe vera* y *Aloe barbadensis* (zona Falcón-Venezuela) tienen aplicación como inhibidores de la corrosión; por cromatografía en columnas se determina que 71,03% de la resina contiene los compuestos más polares; de esta fase por cromatografía se logró aislar un solo componente caracterizado como 1,8-dihidroxi-antraquinona, $1624,37\text{ cm}^{-1}$ (característica para cetonas con posibles equilibrios cetoenólicos); el 11,2% de la resina corresponde a los derivados medianamente polares y 14,94% a los de menor polaridad. El análisis IR realizado para los tres grupos de fracciones revela resultados similares. Las bandas características para el grupo carbonilo aparecen en la región de $1870\text{-}1540\text{ cm}^{-1}$, las cuales podrían corresponder a carbonilo de cetonas. La diferencia de polaridad entre los tres grupos de fracciones podría ser explicada en función del tipo de grupo presente, del número de grupos presentes y de la distribución espacial de estos en los compuestos²⁰.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiales.- Hojas de sábila *Aloe vera* Linneo. y *Aloe barbadensis* Miller, polvo de hojas secas de sen, raíz de ruibarbo. Sales inorgánicas $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, FeCl_3 y AgNO_3 , etanol 96°, agua destilada, materiales de vidrio

Equipos.- Para los espectros UV-visible, espectrofotómetro Cary del laboratorio de Bioquímica, E.A.P. Farmacia y Bioquímica. Para los espectros FT-IR, equipo Elmer Perkinson de la Unidad de Servicios de Análisis Químico, ambos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Preparación de los macerados acuosos y alcohólicos

- A.- 450 g de trozos de hojas de *Aloe vera* Linneo –*Aloe barbadensis* Miller- se dejan reposar en 600mL de agua destilada –etanol 96°- por dos horas, luego son separados los pedazos de hojas y se filtran los cuatro macerados obtenidos para eliminar remanentes insolubles. Para comparación se guardan 100 mL de los filtrados -acuoso y alcohólico para cada planta- en frascos herméticamente cerrados. Cuatro preparados sin sales inorgánicas.
- B.- Con el macerado acuoso de las hojas de *Aloe vera* L. se preparan cuatro soluciones, 2%p/p con $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 1 % con AgNO_3 , 2% $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, 1 % con FeCl_3 ; de manera semejante se procede con el macerado alcohólico de esta planta. Ocho preparados en total.
- C.- Con el macerado acuoso y el macerado alcohólico de las hojas de *Aloe barbadensis* Miller se procede de igual manera, añadiendo la misma cantidad de sal inorgánica indicada en B. Ocho preparados análogos.
- D.- Los veinte preparados se guardan en recipientes color ámbar con doble tapa por siete días, luego se filtran y los residuos sólidos (de las sales inorgánicas) son desecados en estufa a 30°C -posteriormente se analizan por espectroscopía FT-IR-; los filtrados se guardaron en frascos similares herméticamente cerrados y se conservaron doce meses bajo refrigeración.

Preparación de las infusiones

- A.- Se pesa 2 g de rizomas de ruibarbo en polvo y se vierte en 200 mL de agua hirviendo 200 mL de alcohol hirviendo- agitando constantemente con bagueta de vidrio, luego se retira del fuego.
- B.- Por otro lado, se pesa 2 g de hojas de sen en polvo y se vierte en 200 mL de agua hirviendo 200 mL de alcohol hirviendo agitando constantemente, luego se retira del fuego.
- C.- Los cuatro preparados –dos de sen y dos de ruibarbo- se filtran y guardan tres días en recipientes color ámbar con doble tapa, herméticamente cerrados y bajo refrigeración, luego son analizados por espectroscopía UV e IR. Sin embargo algunos de los preparados proporcionaron datos inadecuados por lo cual no se reportan en las tablas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de acidez de los preparados antraquinónicos de *Aloe vera* L.

Para tratar de comprender los procesos de oxidación y reducción que se producen en mezclas tan complejas como son los lavados acuosos y alcohólicos de sábila (*Aloe vera* L.) en presencia de sales inorgánicas disueltas durante periodo variable 07 días y 12 meses se procedió a la medición de pH y se comparó con los valores de pH de tres lavados acuosos de *Aloe vera* sin sales inorgánicas, guardados una semana bajo refrigeración y con el pH de las soluciones de sales utilizadas (tabla 1).

Tabla 1. Variación de acidez de los preparados antraquinónicos de *Aloe vera* L., guardados bajo refrigeración

Macerado	Macerado acuoso 07 días	CuSO ₄ 2%	Macerado + CuSO ₄ 12 meses	AgNO ₃ 1 %	Macerado+ AgNO ₃ 12 meses	FeCl ₃ 1 %	Macerado+ FeCl ₃ 12 meses
pH	6,11 -6,28	4,3	3,41 -3,54	3,5	2,90-3,0	2,4	1,88-1,98
Macerado (Etanol pH = 10)	Macerado alcohólico 07 días		Escasa solubilidad 12 meses		Macerado+ AgNO ₃ 12 meses		Macerado+ FeCl ₃ 12 meses
pH	4,97-5,06		3,88-3,93		3,31-3,34		2,14-2,16

En todos los casos la adición de sales inorgánicas favorece la acidificación -y coloración marrón rojiza de los macerados-; de las muestras sin sales, es posible que los procesos de hidrólisis de los electrolitos fuertes Cu²⁺, Ag⁺ y Fe³⁺ favorezcan la formación de policones²¹, entre otros procesos químicos; parcialmente se formen complejos entre los metales y los grupos funcionales C=O de los heterósidos antraquinónicos de la sábila (aloe emodina, barbaloinas A y B, aloinósidos A/B, crisofanol), y los aniones SO₄⁻, NO₃⁻ Cl⁻ se combinen con los hidrogeniones libres, restableciendo la acidez del medio. Además, la presencia de azúcares reductores y enzimas hidrosolubles provenientes del gel de sábila (dentro de recipientes cerrados y bajo condiciones adversas de aireación, temperatura e iluminación), favorecen la ruptura del enlace C-glicosídico y posterior oxidación de la antrona- antranol para originar antraquinonas libres¹⁰.

Identificación de antraquinonas y derivados antracénicos de *Aloe vera* L., *Aloe barbadensis* Miller, *Rheum palmatum* (ruibarbo) y *Cassia sp.* (sen).

En tubo de ensayo verter 2-3 mL de macerado acuoso o alcohólico de *Aloe vera* L., *Aloe barbadensis* Miller, guardados bajo refrigeración –o recientemente preparados–, añadir 5-6 gotas de NaOH 2N; la coloración amarillenta se torna rojo vinosa o violácea según la menor o mayor cantidad de derivados antraquinónicos presentes. El mismo procedimiento se utilizó con las infusiones acuosas y alcohólicas de sen y ruibarbo, obteniendo similares coloraciones. También se comprobó la presencia de antraquinonas con la reacción de Bornträger, solución de NH₄OH 25%, la cual permite identificarlas con formación de complejos de color ámbar o rojo vinoso²². Ambas reacciones permiten la detección directa de quinonas en los extractos vegetales.

Esta variación de color en medio ácido y en medio alcalino de algunos reactivos orgánicos con núcleo antraquinónico solubles en agua, permitió elaborar técnicas fotométricas para la determinación de los iones Al³⁺, Zr^{IV}, Th^{IV}; por ejemplo, alizarina roja S o alizarina azul BS²³. Un antecedente importante de quelación de antraquinonas con iones metálicos (1910) propuso alizarina y otros colorantes alizarínicos disueltos en alcohol, adicionarle solución de TiCl₃, llevar a ebullición y titular con Fe³⁺ hasta desaparición de la coloración azul verdosa de la solución²⁴.

Identificación UV del grupo funcional carbonilo (C=O) en derivados antracénicos de *Aloe vera* L. (sábila) y *Rheum palmatum* (ruibarbo).

Los macerados acuosos de hojas de sábila y las infusiones de ruibarbo constituyen en realidad una mezcla compleja, ya que los derivados antracénicos no fueron aislados por cromatografía u extracción en solventes de diferente polaridad; sin embargo, en la tabla 2 se observan máximos UV característicos para los derivados antraquinónicos^{25,26}, con desplazamiento batocrómico para infusión acuosa de sen y desplazamiento hipsocrómico para las infusiones de ruibarbo.

Tabla 2. Máximos UV para grupo (C=O) en lavados de *Aloe vera* e infusiones de ruibarbo

Preparado	Tiempo	Heterósido	λ habitual	λ batocrómico	λ hipsocrómico
Alizarina	Referencia		248-255 (bencenoide)		
Solución 0,1%	teórica		308-315		
Macerado acuoso de <i>Aloe vera</i>	03 días		245-270		210, 230,
Macerado acuoso de <i>Aloe vera</i>	12 meses		275		210-215; 234
Macerado acuoso de <i>Aloe vera</i>	02 años		296-298 312-314		
Infusión acuosa de ruibarbo	03 días		275-280		220, 230-235, 245-250
Infusión alcohólica de ruibarbo	03 días				210; 230-235 260
Inf. acuosa acidificada de ruibarbo	03 días		275,28		210-225; 255-260
Infusión acuosa de sen	03 días		240,26	345	

Espectros UV de macerados acuosos de *Aloe vera* L. Interacción con sales inorgánicas de Fe, Ag y Bi. Espectros de macerados acuosos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller sin sales. Preparados guardados bajo refrigeración por doce meses.

En la figura 1 destaca el espectro 1 del derivado antracénico con FeCl_3 con máximo alrededor de 330 nm. (absorción bencenoide) y otros máximos a 263-272 nm correspondientes a la región quinoidea²⁷; este mayor contenido de compuestos 1,8-hidroxiantracénicos por mayor absorbancia respecto al mismo preparado sin FeCl_3 (espectro 2), se debería a procesos de hidrólisis en presencia de cloruro férrico (pH= 2,4), lo cual facilita la ruptura del enlace del carbono glicosídico y por tanto, la obtención de quinonas libres de quinonas unidas en forma de glicosidos²⁸. Los macerados acuosos de *Aloe vera* L con los iones Ag^+ y Bi^{3+} originan espectros (2 y 3), con máximo de absorción alrededor de 300 nm (el espectro del preparado acuoso con CuSO_4 es muy semejante), aunque de menor intensidad respecto al originado con FeCl_3 .

Al comparar los espectros 2 y 5 de los macerados acuosos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller sin sales inorgánicas y, considerando que se prepararon bajo las mismas condiciones -incluyendo la dilución de los lavados iniciales a 1/5-, por mayor absorbancia, se deduce mayor cantidad de derivados antraquinónicos en *Aloe vera* L. que en *Aloe barbadensis* Miller.

Asimismo, en la figura 1 para todos los espectros es notorio un máximo alrededor de 195-210 nm correspondiente al grupo carbonilo, el cual se debe a transiciones $\pi \rightarrow \pi^*$; sin embargo, para interpretaciones cualitativas del espectro, solamente es de real utilidad la región sobre 200 nm⁶.

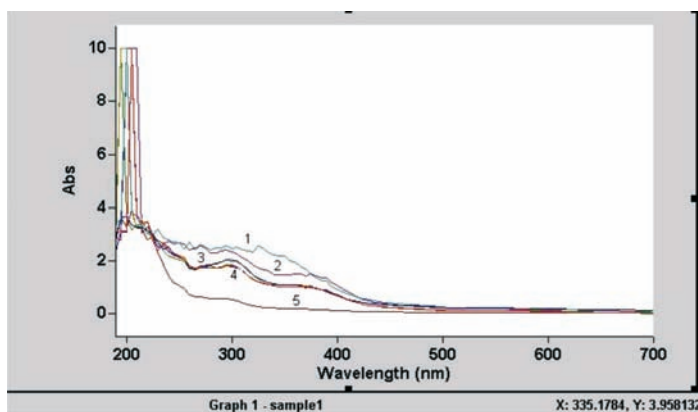


Figura 1. Espectros de macerados acuosos de *Aloe vera* L almacenados doce meses bajo refrigeración, con cloruro férrico (1), sin sal inorgánica (2), con nitrato de plata (3), con nitrato de bismuto (4) y, macerado acuoso de *Aloe barbadensis* Miller sin sal inorgánica (5).

Espectros UV de macerados alcohólicos de hojas de *Aloe vera* L. Interacción con sales inorgánicas de Br, Ag y Fe. Preparados guardados bajo refrigeración por doce meses. Espectro de *Aloe vera* L de macerado alcohólico guardado 02 años.

Los macerados iniciales se diluyeron a 1/5, destaca la intensidad de picos a 305-310 nm del preparado alcohólico de *Aloe vera* sin adición de sales -espectro 1-, esta mayor cantidad de derivados antracénicos libres, probablemente, se debe a la atracción del grupo polar carbonilo de las antraquinonas naturales con el grupo funcional OH del alcohol -puente hidrógeno-

produciéndose la hidroxilación de los derivados antracénicos²⁹. Los espectros 2, 3 y 4 respectivamente, (figura 1) de los tres preparados alcohólicos con sales de Bi, Ag y Fe, son semejantes entre sí, y presentan su mayor absorbancia alrededor de 300 nm. El preparado alcohólico con la sal de cobre –que no figura- presenta espectro UV semejante (figura 2).

El espectro correspondiente al preparado con la sal de bismuto –sin adición de ácido para solubilizarlo por su carácter básico-, presenta además, dos picos agudos, uno a 200 nm y otro cerca de 220 nm; el espectro del preparado con nitrato de plata presenta solamente un pico, alrededor de 230 nm y el espectro del preparado con cloruro férrico tiene un pico alrededor de 200 nm; por su ubicación, estos picos se atribuyen a los grupos funcionales quinónicos de los derivados antracénicos, es decir, el carácter básico del medio favorece la mayor absorbancia de los dos primeros espectros.

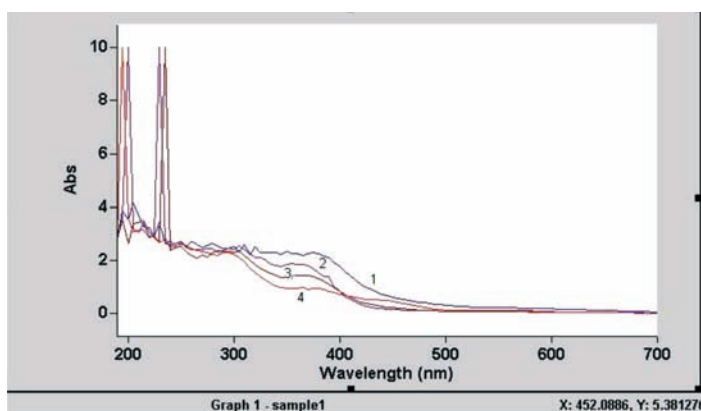


Figura 2. Espectros de macerados alcohólicos de *Aloe vera* L guardados bajo refrigeración por doce meses: sin sal inorgánica guardado 02 años (1). Con nitrato de bismuto (2), nitrato de plata (3) y cloruro férrico (4).

Análisis espectral infrarrojo de sólidos residuales de sales inorgánicas por interacción con macerados acuosos y alcohólicos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller, durante doce meses.

Los residuos sólidos provenientes de AgNO_3 fueron de color marrón claro y negruzco; los residuos de la sal de cobre fueron de color celeste o verdoso, recordando el color inicial de la sal, pero los cristales fueron más grandes. La recrystalización más vistosa del CuSO_4 fue rojo vinosa oscuro brillante, quizás conteniendo compuestos de cobre (I). Los residuos de la sal de bismuto fueron marrón-blancuzco, anaranjado-amarillento y marrón, y los residuos del cloruro férrico fueron de color marrón negruzco, gris y castaño. Con ayuda de la espectrofotometría IR nos planteamos la tarea de investigar si en la superficie de estos sólidos se habrían formado quelatos metálicos por interacción entre los grupos funcionales $\text{C}=\text{O}$ de los derivados antracénicos presentes en los macerados acuosos y alcohólicos y los cationes metálicos de las sales usadas.

A manera de referencia, se muestra los residuos sólidos de cloruro férrico con lavado acuoso de *Aloe vera* L. (más de dos semanas), los cuales no se analizaron, y al parecer, son derivados inorgánicos de hierro (figura 3).

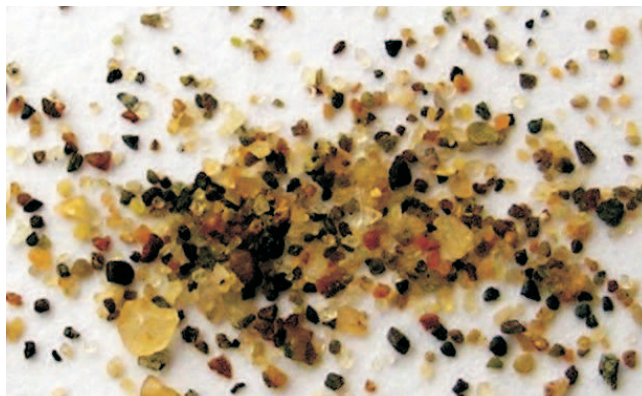


Figura 3. Cristales formados por interacción de cloruro férrico con lavado acuoso de hojas de *Aloe vera* L.

Tabla 3. Análisis espectral infrarrojo de sólidos residuales de sales de cloruro férrico, nitrato de plata, nitrato de bismuto y sulfato de cobre (II) por interacción con macerados alcohólicos y acuosos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller.

Código	Especie	Sal	Macedo inicial	Estado Final	C=O cm^{-1}	%T
Referencia	Alizarina (indicador)			Polvo anaranjado oscuro	1588,28 1661,16 1634,21	20-27
055-01	<i>Aloe vera</i> L.	FeCl_3	Acuoso	Polvo gris	1622,17	58,0
055-02	<i>Aloe vera</i> L.	AgNO_3	Alcohólico	Sólido oscuro cierto brillo	1590,56	69,0
055-03	<i>Aloe vera</i> L.	FeCl_3	Alcohólico	Cristales oscuros	1615,30 (1557,36)	35
055-04	<i>Aloe vera</i> L. (03 años)	FeCl_3	Acuoso	Sólido marrón negruzco	1642,46	54
055-05	<i>Aloe vera</i> L.	FeCl_3	Alcohólico (parénquima)	Polvo cristalino castaño	1608,13 (1559,44)	38,5
055-06	<i>Aloe vera</i> L.	CuSO_4	Alcohólico	Pequeños cristales celestes	1627,48 (1582,93)	58,5
055-07	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	AgNO_3	Alcohólico	Polvo oscuro cierto brillo	1638,30	63,0
055-08	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$	Acuoso	Polvo gris oscuro	1644,23	66,0
055-09	<i>Aloe vera</i> L.	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$	Alcohólico	Polvo gris	1629,22	52,5
055-10	<i>Aloe vera</i> L.	CuSO_4	Acuoso	Cristales rojo-oscuro	1598,29	29,0

Tabla 4. Análisis espectral infrarrojo de preparados acuosos y alcohólicos de *Aloe vera* L., *Aloe barbadensis* Miller e infusiones acuosas de *Rheum palmatum* (ruibarbo) y *Cassia sp.* (sen) interacción con sales inorgánicas durante tiempo variable.

Código	Especie	Sal	Preparado inicial	Estado final	C=O cm ⁻¹	% T
Estándar N° 1	<i>Aloe vera</i> L.	—	Macerado alcohólico	Solución alcohólica (03 días)	1602,92	62,0
Estándar N° 2	<i>Aloe vera</i> L	—	Macerado acuoso	Solución acuosa (06 días)	1606,27	82,5
Estándar N° 3	<i>Aloe vera</i> L	—	Macerado acuoso	Solución acuosa (03 días)	1604,52	90,5
Ruibarbo N° 4	Ruibarbo	—	Infusión acuosa	Solución acuosa (03 días)	1621,48	91,0
Old N° 5	<i>Aloe vera</i> L	—	Macerado acuoso	Solución acuosa (02 años)	1645,58	65,0
Miller N° 6	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	—	Macerado alcohólico	Solución alcohólica (03 días)	1602,4	70,0
Sen N° 7	Sen	—	Infusión acuosa	Solución acuosa (03 días)	1593,76	83,5
AVL N° 8	<i>Aloe vera</i> L	FeCl ₃	Macerado acuoso	Solución acuosa (12 meses)	1609,03	40,0
AVL Bi N° 9	<i>Aloe vera</i> L	Bi(NO ₃) ₃	Macerado acuoso	Solución acuosa (12 meses)	1603,16	86,0
N° 10	<i>Aloe vera</i> L	AgNO ₃			No válido	
AVL N° 11	<i>Aloe vera</i> L	CuSO ₄	Macerado acuoso	Solución acuosa (12 meses)	1641,19	74,0
AVL N° 12	<i>Aloe vera</i> L	FeCl ₃	Macerado alcohólico	Solución alcohólica (12 meses)	1601,28	51,5
AVL N° 13	<i>Aloe vera</i> L	CuSO ₄	Macerado alcohólico	Solución alcohólica (12 meses)	1641,18	45,0
Miller N° 14	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	FeCl ₃	Macerado alcohólico	Solución alcohólica (12 meses)	1601,52	42,0
Miller N° 15	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	CuSO ₄	Macerado alcohólico	Solución alcohólica (12 meses)	1709,74 (1671,92)	68,0

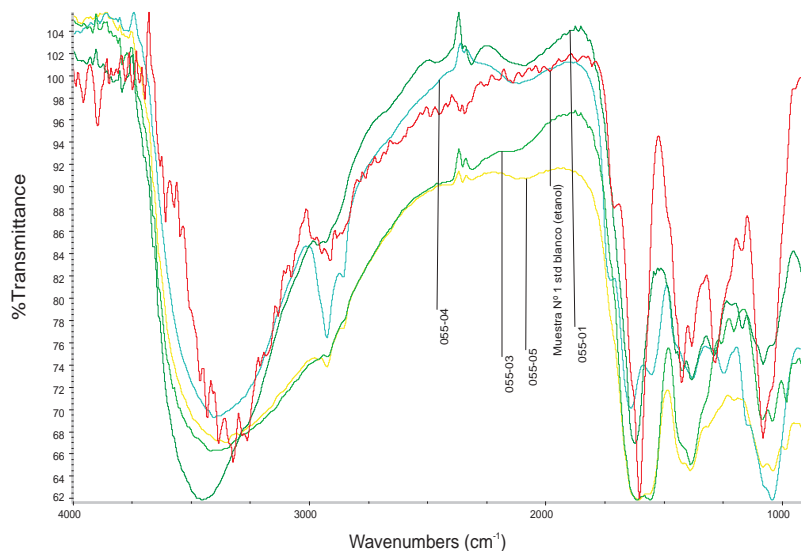


Figura 4. Análisis espectral infrarrojo de macerados acuosos y alcohólicos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller por interacción con cloruro férrico.

Tabla 5. Análisis espectral infrarrojo de macerados acuosos y alcohólicos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller por interacción con cloruro férrico

Código	Especie y tiempo del macerado	Tiempo con sal	Solución inicial	Estado final	C=O cm^{-1}	%T
Muestra N°1	<i>Aloe vera</i> L. (02 días)	—	Alcohólica	Sol. alcohólica	1602,92	62,0
065-01	<i>Aloe vera</i> L.	FeCl ₃ 07 días	Acuosa	Polvo gris	1622,17	57,5
065-03	<i>Aloe vera</i> L.	FeCl ₃ 07 días	Alcohólica	Cristales oscuros volátiles	1615,30 (1557,36)	37,0
065-04	Aloe acuoso (antiguo, 02 años)	FeCl ₃ 07 días	Acuosa	Sólido negruzco	1642,46	56,0
065-05	<i>Aloe vera</i> L.	FeCl ₃ 07 días	Alcohólica	Polvo cristalino castaño	1608,13 (1559,24)	41,5

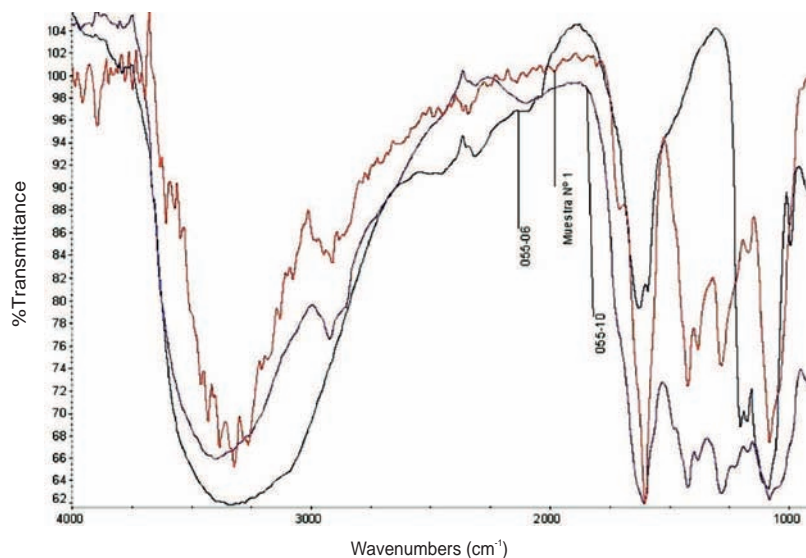


Figura 5. Espectros FTIR de sólidos residuales de sulfato de cobre por interacción con macerados acuoso y alcohólico de *Aloe vera* L.

Tabla 6. Análisis espectral FTIR de sólidos residuales de sulfato de cobre por interacción con macerados acuoso y alcohólico de *Aloe vera* L.

Código	Especie y tiempo del macerado	Tiempo con sal	Solución inicial	Estado final	C=O cm^{-1}	%T
Muestra Nº 1	<i>Aloe vera</i> Linneo (02 días)	-	Alcohólica	Solución alcohólica	1602,92	62,0
055-06	<i>Aloe vera</i> Linneo	CuSO ₄ 07 días	Alcohólica	Pequeños cristales brillantes celestes	1627,48 (1582,93)	57,5
055-10	<i>Aloe vera</i> Linneo	CuSO ₄ 07 días	Acuosa	Pequeños cristales oscuro rojizos	1598,29	30,5

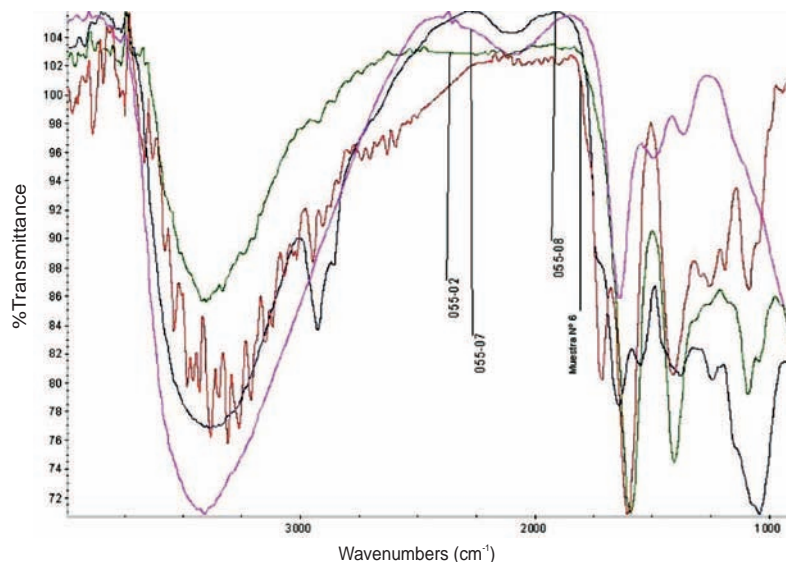


Figura 6. Análisis espectral FTIR de sólidos residuales de sales de plata y bismuto por interacción con macerados alcohólicos y acuoso de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller.

Tabla 7. Análisis Espectral FTIR de sólidos residuales de sales de plata y bismuto por interacción con macerados alcohólicos y acuoso de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller.

Código	Especie y tiempo del macerado	Tiempo con sal	Solución inicial	Estado final	C=O cm^{-1}	%T
N°6 Miller	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	—	Alcohólica	Sol. alcohólica (03 días)	1602,40	69,5
055-02	<i>Aloe vera</i> L.	AgNO ₃ 07 días	Alcohólica	Sólido oscuro cierto brillo	1590,56	69,0
055-07	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	AgNO ₃ 07 días	Alcohólica	Polvo oscuro cierto brillo	1638,30	63,0
055-08	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	Bi(NO ₃) ₃ 07 días	Acuosa	Polvo gris oscuro	1644,23	66,0

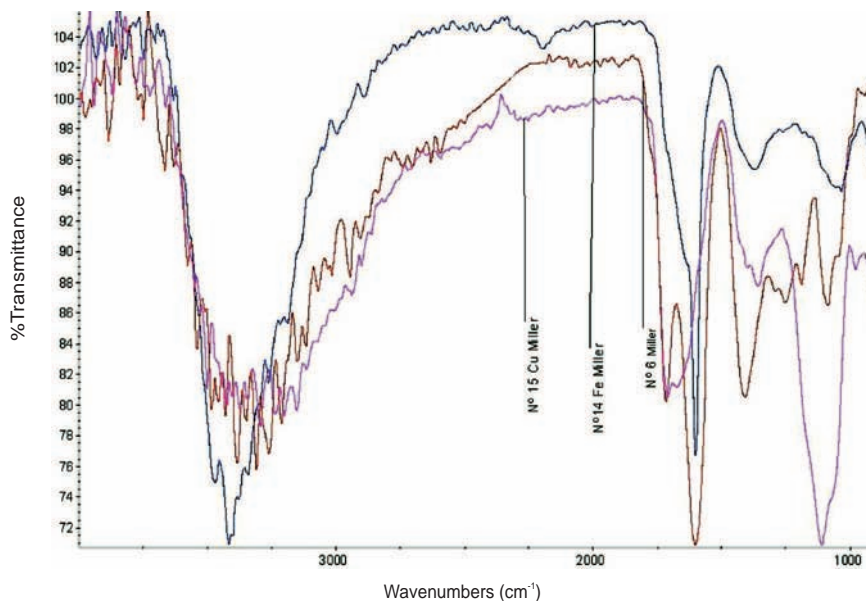


Figura 7. Análisis espectral FTIR de soluciones alcohólicas *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller con sales de hierro y cobre.

Tabla 8. Análisis espectral FTIR de soluciones alcohólicas *Aloe vera* L. y *Aloe Barbadensis* Miller con sales de hierro y cobre

Código	Especie	Tiempo con sal	Solución inicial	Estado final	C=O cm^{-1}	%T
N°6 Miller	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	-	Alcohólica	Sol. alcohólica (03 días)	1602,40	69,5
N°14 Miller	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	FeCl ₃ 07 días	Alcohólica	Sol. alcohólica (12 meses)	1601,52	41,0
N°15 Miller	<i>Aloe barbadensis</i> Miller	CuSO ₄ 07 días	Alcohólica	Sol. alcohólica (12 meses)	1709,74 (1671,92)	68,0

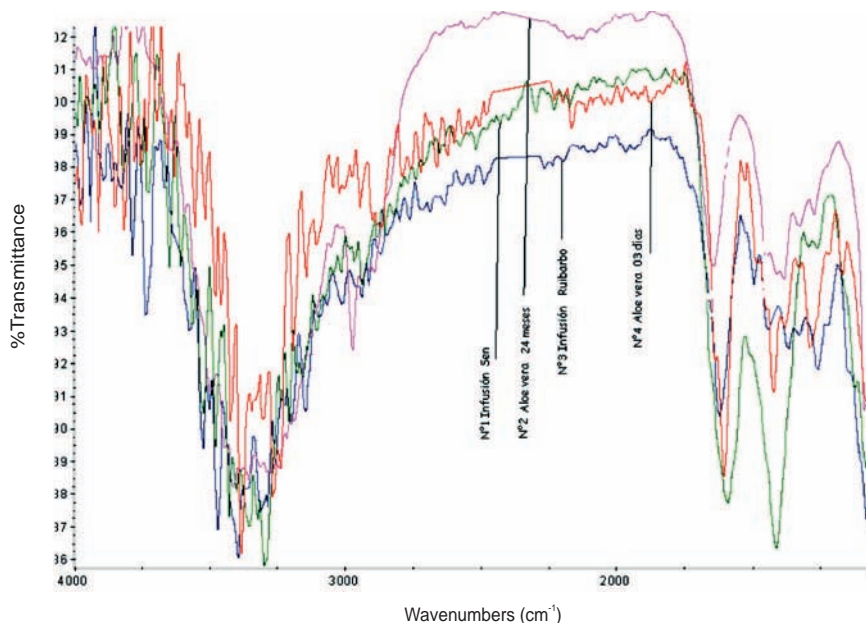


Figura 8. Análisis espectral FTIR de soluciones acuosas de *Aloe vera* L. e infusiones de *Rheum palmatum* (ruibarbo) y *Cassia senna* L. (sen)

TABLA 9. Análisis espectral FTIR de soluciones acuosas de *Aloe vera* L. e infusiones de *Rheum palmatum* (Ruibarbo) y *Cassia senna* L. (Sen)

Muestra	Especie	Tiempo con sal	Solución inicial	Estado final	C=O cm ⁻¹	%T
Nº 1	Sen (03 días)	-	Acuosa	Sol. acuosa	1593,76	83,0
Nº 2	<i>Aloe vera</i> Linneo (24 meses)	-	Acuosa	Sol. acuosa	1645,58	64,0
Nº 3	Ruibarbo (03 días)	-	Acuosa	Sol. acuosa	1621,48	92,5
Nº 4	<i>Aloe vera</i> Linneo (03 días)	-	Acuosa	Sol. acuosa	1604,52	90,8

A) Las figuras 4, 5, 6, 7 y 8 presentan los máximos de absorción del grupo funcional carbonilo (C=O) de todos los preparados -sólidos y líquidos- analizados. Estos picos se hallan en la zona 1600cm^{-1} - 1700cm^{-1} , dentro del rango de trabajos relacionados^{13,14}, incluyendo *Aloe vera* L.^{19,20}.

Las figuras 4 y 5 (tablas 5,6) presentan el espectro del macerado alcohólico reciente de *Aloe vera* L. con pico de absorción a $1602,92\text{cm}^{-1}$, este líquido amarillento con el tiempo se oxida pasando a color rojo vinoso y el máximo de absorción se desplaza a zona de mayor longitud de onda; es probable que este máximo corresponda a la mezcla de aloína (C-glucósido de la antrona aloe emodina) y aloinósido (C y O-glucósido de la antrona de aloe emodina)³⁰⁻³³, presente en las diferentes variedades de aloes, por ejemplo en aloe de los barbados (28%) y aloe del Cabo (18%)³³.

En la figura 4 (tabla 5) se observa los espectros de los sólidos residuales de la interacción de FeCl_3 con macerados alcohólicos y acuosos de *Aloe vera* L. obteniéndose espectros superpuestos -incluyendo el lavado de aloe sin FeCl_3 -, siendo más ensanchado el máximo de absorción para los residuos sólidos obtenidos de los preparados alcohólicos, sugiriendo equilibrios cetoenólicos, con formación de diversos compuestos.

La figura 5 (tabla 6) presenta los espectros de los sólidos residuales de la sal de cobre con los macerados -acuoso y alcohólico- de *Aloe vera* L., en armonía con el máximo del lavado alcohólico sin sal inorgánica; el ensanchamiento de la banda alcohólica, con máximos aledaños ($1627,48\text{cm}^{-1}$ - $1582,93$) presupone, la formación de derivados antraquinónicos libres, vía hidrólisis con la sal (a pesar de la escasa solubilidad de CuSO_4 en etanol), con participación de sustancias solubles del gel de sábila presentes en el envase cerrado; en cambio el sólido proveniente del preparado acuoso con la sal de cobre genera un máximo de absorción a 1598cm^{-1} . Aquí, por el desplazamiento a zona de menor longitud de onda, se puede postular la formación de un quelato de cobre.

B) Las figuras 6 y 7 (tablas 7,8) tienen en común el espectro del macerado alcohólico reciente de *Aloe barbadensis* Miller -02 días-, con máximo de absorción para el grupo carbonilo a $1602,40\text{cm}^{-1}$ (similar al máximo referencia de las figuras 4 y 5); además, en la figura 6 (tabla 7), se observan los espectros de los residuos sólidos de AgNO_3 provenientes de la interacción de dicha sal con los macerados alcohólicos de las dos variedades de aloes; el pico a $1590,56\text{cm}^{-1}$, sugiere la formación del quelato de plata; en cambio, el máximo a $1638,30\text{cm}^{-1}$ (proveniente del macerado alcohólico de *Aloe barbadensis* Miller), se puede atribuir al incremento -hidroxilación- de formas libres de derivados antraquinónicos -provenientes de aloína-, por procesos de hidrólisis.

En la figura 6 también se observa el espectro de la interacción de la sal de bismuto con el macerado acuoso de *Aloe barbadensis* Miller, el máximo para el grupo carbonilo se halla a $1644,23\text{cm}^{-1}$, lo cual sugiere que por procesos de hidrólisis se incrementa la cantidad de derivados 2,8-dihidroxiantracénicos libres a partir de aloína.

La figura 7 (tabla 8) presenta los espectros de tres preparados alcohólicos de *Aloe barbadensis* Miller superpuestos, uno corresponde al macerado sin sal inorgánica ($1602,40\text{cm}^{-1}$); otro espectro corresponde a la interacción con la sal de cobre, el cual presenta una banda ancha con dos máximos ($1709,74\text{cm}^{-1}$ - $1671,92\text{cm}^{-1}$), lo que sugiere la formación de amidas y aldehídos aromáticos; el tercer espectro corresponde al preparado con cloruro férrico, con un máximo agudo a $1601,52$, lo cual indica grupos cetónicos diferenciados; sin embargo, los tres espectros se hallan dentro del rango señalado para los derivados 1,8-dihidroxiantracénicos de diferente polaridad²⁰.

C) La figura 8 (tabla 9) presenta los espectros de cuatro preparados acuosos, infusiones de sen y ruibarbo, -con predominio de diantronas glicosadas- y macerados acuosos de *Aloe vera* 02 años y *Aloe vera* 03 días -con predominio de antraquinonas glicosadas-; algunas zonas espectrales tienen gran similitud, sobre todo para las infusiones de sen y ruibarbo. Observando la intensidad de los picos -y % Transmitancia- del grupo funcional carbonilo, de manera relativa, el sen tiene mayor porcentaje de derivados antracénicos libres que el ruibarbo. Respecto a los preparados acuosos de *Aloe vera* L.-03 días y 02 años-, por incremento en la intensidad del máximo -aunque se desplaza a zona de mayor longitud de onda-, se colige mayor contenido de antraquinonas libres en el preparado acuoso 02 años.

CONCLUSIONES

- El análisis UV de macerados acuosos y alcohólicos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller y de las infusiones acuosa y alcohólica de *Rheum palmatum* (Ruibarbo) y *Cassia senna* L. (sen) permite detectar derivados antracénicos.
- Por FTIR se detecta la formación de derivados antraquinónicos en la superficie de sólidos residuales producto de la interacción de macerados acuosos y alcohólicos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller con sales inorgánicas de Fe, Ag, Cu y Bi. Los máximos de absorción con algunos preparados de plata y cobre sugiere la formación de quelatos.
- El análisis por FTIR de los macerados acuosos y alcohólicos de *Aloe vera* L. y *Aloe barbadensis* Miller -guardados por diferente tiempo- y de las infusiones acuosas recientes de *Rheum palmatum* y *Cassia senna* L. -sin adición de sales-, permite identificar derivados antracénicos en dichas soluciones, además, con el tiempo estos espectros se desplazan a mayor longitud de onda disminuyendo la Transmitancia, es decir, aumentan las antraquinonas libres.
- El análisis por FTIR de los filtrados obtenidos de la interacción entre los macerados acuosos y alcohólicos de *Aloe vera* L. con sales inorgánicas -guardados durante doce meses- permite identificar derivados antracénicos en dichas soluciones. Para los preparados de cobre, por el desplazamiento del máximo hacia zona de mayor longitud de onda y variación de Transmitancia, con los meses, se deduce mayor cantidad de derivados antraquinónicos.
- En los preparados alcohólicos -sin adición de sales- y en igualdad de condiciones experimentales, se distingue mayor cantidad de derivados antracénicos en *Aloe vera* L. que en *Aloe barbadensis* Miller (por el % de Transmitancia); diferencia que se mantiene cuando los macerados alcohólicos interaccionan con sulfato de cobre, aunque los máximos de absorción se presentan a diferente longitud de onda.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Héctor Pablo Rivera Riofano, docente asociado de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y a la Unidad de Servicios de Análisis Químico de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la UNMSM y a la Srta. Kelita Ytamar Rodríguez Rojas por su valiosa colaboración.

REFERENCIAS

1. Vásquez D.R., Abadía B., Arreaza L.C. *Revista Corpoica* 2004 Vol. 5 N°1. Colombia. Pág.49-55.
2. Ammawath W., Che Man R.B., Rahman A. and Baharin B.S. *Journal of The American Oil Chemists' Society*; 2006. 83, 3.

3. Crowther M.W. *Journal of Chemical Education*. 2008. Tom 85, iss 11; Pág.1550.
4. Hansen E.F., Hansen R.D., Derrick M.R. VIII Simposio de Investigaciones arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología Guatemala (versión digital), 1994, Pág. 456-470.
5. K. Stehfest, M. Boese, G. Kerns, A. Piry, Ch. Wilhelm. *Journal of Plant Physiology*; Feb.2004; 161, 2; ProQuest Biology Journals.
6. Dyer J.R. Aplicaciones de espectroscopía de absorción en compuestos orgánicos. Edit. Prentice-Hall International Englewood Cliffs, N.J. USA. 1973. Pág. 9,18, 24-28.
7. García J.V., Portas M.P. Estudio de la cristalización de la Cimetidina en mezclas de etanol-agua. 1999. *Sintefarma* 5(2).
8. Velásquez G., Martín-Polo M.O., Herrera A. Cuantificación por IR del agua directamente unida a una matriz polimérica. *Superficies y vacío* 11. 2000. México Pág. 24-31.
9. Pulenta L.J., Ávila E.M. XV Congreso Argentino de Bioingeniería: 047F1.
10. Gibaja S. Pigmentos naturales quinónicos. Fondo Editorial UNMSM. 1998. Lima-Perú Pág. 73, 81, 93, 100, 102,184. 200-203.
11. Sydiskis RJ, Owen DG, Lohr JL, Rosler KH, Blomster RN. Inactivation of enveloped viruses by anthraquinones extracted from plants. *Antimicrob Agents Chemother*. 35(12):2463-6. 1991.
12. Ali MI, Shalaby NM, Elgamal MH, Mousa AS. Antifungal effects of different plant extracts and their major components of selected aloe species. 1999. *Phytother. Res*; 13(5):401-7.
13. Arana CR, Julca IB. Estudio Farmacognóstico y de la Actividad Antimicrobiana de *Picramnia*. Trabajo de Aptitud Profesional para optar el Título de Químico Farmacéutico. 1987. Lima, Perú.
14. Mishenko N.P., Fedoreiev S.A., Briuxanov V.M., Zvierev Ya F. Composición química y actividad farmacológica de las antraquinonas de cultivo celular de *Rubia Cordifolia*. *Zhurnal Ximiko Farmasevticheski*. 1997. Tom 41, N° 11, Pág. 38-41.
15. Gottlieb O.R., Martins H., Magalhães M.T. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, v 42, 1979. Pág. 73-76.
16. Cristóbal Pera. Cirugía: Fundamentos, indicaciones y opciones técnicas. Edit. Elsevier. 1996. España, Tomo I, pág. 307. books.google.com.pe/books.
17. Litvinova L.A., Lempart G.V., Filippova L.A. y Zhuk O.V. 1978. Synthesis and immunotropic activity. *Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal*, Vol.12, N°11, Pág. 65-67.
18. Bailey D., Jeffrey N., Murphy, and Williams V.E. From enolates to anthraquinones *Canadian Journal of Chemistry*. 2006; 84, 4.
19. Rajendran A., Narayanan V. *Gnanavel I. Journal of Applied Sciences Research*, 3(11): 1407-1415. 2007.
20. Prato María de Rosario, Ávila Ramona, Donquis Carmen, Medina Edgar y Reyes Rosa Antraquinonas en *Aloe vera* *Barbadensis* de zonas semiáridas de Falcón, 2008. Venezuela, como inhibidores de la corrosión. *Multiciencias*, V.8,N°2,Pág.148-154.
21. V.Zenitagoya, H. Alarcón. Polimerización de hierro (III) y tungsteno (VI) en solución acuosa. *Tecnia*. 2003. Vol. 13, N° 2 diciembre UNI, Lima-Perú.
22. USP-23; NF-18; 1995 Tom. I.
23. Julius Lurie. *Handbook of Analytical Chemistry* Mir Publishers Moscow, 1978, Pág. 194, 196, 360.
24. Asnworth M.R.F. *Titrimetric Organic Analysis Part II Indirect Method* Interscience Publishers New York-London-Sydney. 1970. Pág. 972.

25. Belikov V.G. Farmashevitcheskaya Ximia. Edit. Vuishaya Shkola Moscú, 1985. Pág. 55.
26. E.Pretsch, T.Clerc, J.Seibl, W. Simon. Tablas para la elucidación estructural de compuestos orgánicos por métodos espectroscópicos. Edit. Alhambra Madrid. 1980. pp. 21, 267, 274.
27. Olga Lock de Ugaz. Investigación Fitoquímica. Métodos en el estudio de productos naturales. Fondo Editorial PUCP Lima-Perú. 1994. Pág.190.
28. Ibarretxe P., M.E.Hernández J. O.García P. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* ISSN 1028-4796 versão on-line 2005. Pág 1-5.
29. Potapov M.M. Tatarinchik. Química Orgánica Edit. MIR Moscú. 1983. Pág. 180.
30. Barrantes E., Guinea M. Inhibition of collagenase and metalloproteinases by aloins and aloe gel. 2003. *Life Sci.* Jan 3; 72(7):843-50.
31. Shen Z., Li J, Hu Z. Distribution of anthraquinones in leaves of two Aloe species and defence strategy. 2002. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao.* Nov; 13(11):1381-4.
32. ElSohly M.A., Gul W, Murphy TP. Analysis of the anthraquinones aloe-emodin and aloin by gas chromatography/mass spectrometry. *Int. Immunopharmacol.* 2004 Dec 20; 4(14): 1739-44.
33. Castillo García E., Martínez Solís Y. Manual de Fitoterapia. 2007. Edit. Elsevier Masson. books google.com.pe/books ISBN=8445817973.