

El espectro invisible: una fuente de luz en la investigación científica de productos naturales^ϕ

Diana Angélica Franco-May¹, María Gabriela Mancilla-Montelongo^{*2}

Introducción

Los productos naturales (PNs), compuestos derivados del metabolismo secundario de plantas, hongos y bacterias, tienen funciones biológicas para la defensa y comunicación, pero no para la supervivencia del organismo. Los PNs son una fuente importante de compuestos terapéuticos, nutraceuticos y antimicrobianos (Demain 2014; de las Heras Polo 2021) y para obtener e identificar aquellos PNs de interés por su bioactividad los científicos los extraen, purifican y caracterizan. Estos procesos, que involucran el uso de disolventes, adsorbentes (como sílica) y equipos especializados, pueden ser muy complejos. Sin embargo, existen métodos en los que se dispone de un factor tan común como la luz.

La aplicación de luz para el análisis de muestras, y así cuantificar sustancias o partículas, es común en el laboratorio. No obstante, la luz oculta ondas invisibles no tan conocidas que revelan información científica valiosa. El objetivo de este artículo es describir el uso de diferentes espectros de luz en la investigación científica de los PNs, especialmente aquellos usos relacionados con las longitudes invisibles.

Retos en la identificación de PNs bioactivos

Actualmente, la medicina veterinaria y humana tienen varios retos para el tratamiento y prevención de enfermedades. La resistencia de parásitos y patógenos hacia los medicamentos más utilizados continúa estrechando su campo de acción y generando la necesidad de

^ϕ1Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán

²CONAHCYT-Universidad Autónoma de Yucatán. *Autor para correspondencia:

maria.mancilla@correo.uady.mx

DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5091>

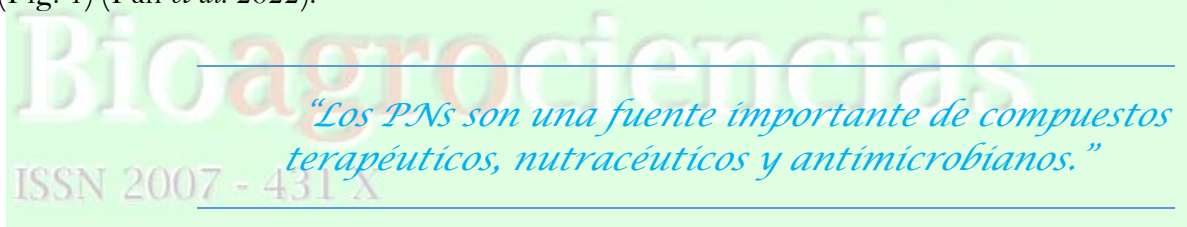


encontrar nuevas formas para el tratamiento contra artrópodos, hongos y bacterias (Palma *et al.* 2020; Waller *et al.* 2017).

Los PNs son alternativas ante la creciente demanda de tratamientos. Por ejemplo, recientemente se han aislado compuestos, como la curcumina a partir de la planta herbácea *Curcuma longa*, la azadiractina obtenida del árbol nim *Azadirachta indica* y la peperina extraída de la planta *Piper longum*. Dichas sustancias han demostrado ser antiinflamatorias, antiparasitarias y antimicrobianas, respectivamente (Dias-Souza *et al.* 2023). Por esta razón, es importante conocer la actividad biológica y los métodos para revelar la identidad de esas sustancias.

Los espectros de luz y longitudes de onda

¿Qué es la luz? Puede que se tenga la noción común de que la luz provenga simplemente de encender un foco o prender una vela en la oscuridad. Sin embargo, la luz no solo permite ver, sino que es una forma de transmisión de energía ya que sus partículas (fotones) tienen diferentes niveles energéticos (longitudes de onda). Si bien estamos inmersos en fotones, nuestros ojos solo nos muestran una pequeña fracción del espectro visible (400 a 700 nm). El espectro electromagnético es mucho más amplio y abarca “lo visible y lo invisible”, ya que comprende longitudes de onda menores a 0.01 nm y hasta ondas de radio medidas en metros (Fig. 1) (Fan *et al.* 2022).



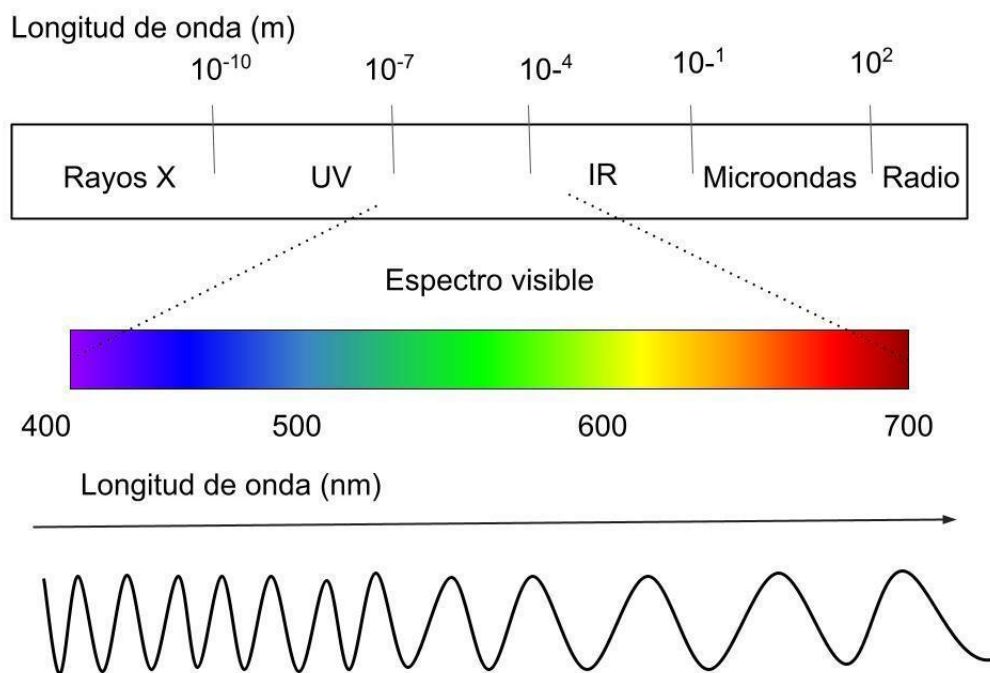


Figura 1. El espectro electromagnético comprende longitudes de onda en milésimas de nanómetros (nm; 10^{-11} m) hasta cientos de metros. El espectro visible tiene longitudes de onda de 400 a 700 nm.

La amplitud del espectro de luz permite la aplicación de ésta para la ciencia. La investigación científica de los PN se ha beneficiado de los análisis con luz. El equipo analítico que mide ciertas longitudes de onda se llama espectrofotómetro o espectrómetro. Las técnicas espectroscópicas miden la interacción entre la luz y la muestra analizada, es decir se mide la intensidad de la luz en rangos variables generando lo que se conoce como “espectros” (Akash y Rehman 2020). Los espectros son “huellas digitales” que generan patrones únicos y se obtienen por la capacidad de las moléculas orgánicas de absorber la radiación electromagnética.

Cada compuesto genera un espectro distinto que permite su caracterización. Las luces ultravioleta (UV) e infrarroja (IR) son usadas para obtener información que, en conjunto con otros métodos, revelan la identidad de una sustancia (Fig. 2) (Akash y Rehman 2020). Antes de comenzar cualquier prueba científica para cuantificar, o para obtener un espectro, se deben considerar los parámetros y las condiciones adecuadas, tales como la selección de la longitud de onda pertinente a la medición. Los errores u omisiones en este sentido cuestan tiempo y dinero, por lo que lo mejor es evitarlos.

Ultravioleta... ¿visible?

Cuando una molécula absorbe luz UV (10 a 400 nm) los electrones pasan de un estado de reposo (basal) hacia uno excitado, y es como si saltaran hacia los límites de la estructura molecular. Esta situación genera señales medibles con el espectrofotómetro (Görög 1995). No todos los electrones son excitados de la misma forma porque no todos absorben la luz dentro del mismo rango ni con la misma intensidad. Esta situación es análoga a cuando una botella con refresco gasificado se agita y luego se abre. Gran parte de su contenido saldrá de la botella, pero quedará líquido en el fondo. Algo parecido sucede con la luz UV donde los anillos aromáticos y enlaces dobles generan señales fuertes pero la lectura del conjunto depende del ambiente en la molécula y sus enlaces (Görög 1995; Aleixandre-Tudo y Du Toit 2018).

“Las luces ultravioleta (UV) e infrarroja (IR) son usadas para obtener información que, en conjunto con otros métodos, revelan la identidad de una sustancia.”

Es conocido que la luz UV puede ser peligrosa para la salud humana. Esto se debe a que los rayos UV se dividen en radiación ionizante y no ionizante. La ionizante (100 a 200 nm) causa cambios en las moléculas, mientras que la no ionizante solamente excita los electrones. Esta última radiación abarca el espectro UV a partir de 250 nm hasta el espectro visible adyacente (400 a 700 nm). Por esta razón, a las técnicas que la emplean se les denomina UV-Vis (Koutchma 2009).

En la investigación sobre los PNs, las propiedades de la luz son útiles para identificar las moléculas en un extracto o para continuar con su purificación. En la cromatografía en capa fina algunas bandas no son visibles a simple vista, pero al aplicar luz UV a 254 nm los compuestos que absorben esa longitud de onda emiten luz (Fig. 2) (Verde-Star *et al.* 2016). En la caracterización de los PN, la luz UV-Vis también es usada en detectores acoplados a la cromatografía líquida de alta resolución. En estos casos, se puede obtener información sobre la concentración del compuesto en la muestra. Así mismo, por la localización y combinación de las bandas de absorción en el espectro, es posible intuir algunos grupos funcionales de los compuestos. Además, esta técnica tiene la ventaja de ser no destructiva lo que permite recuperar la muestra (Akash y Rehman 2020).

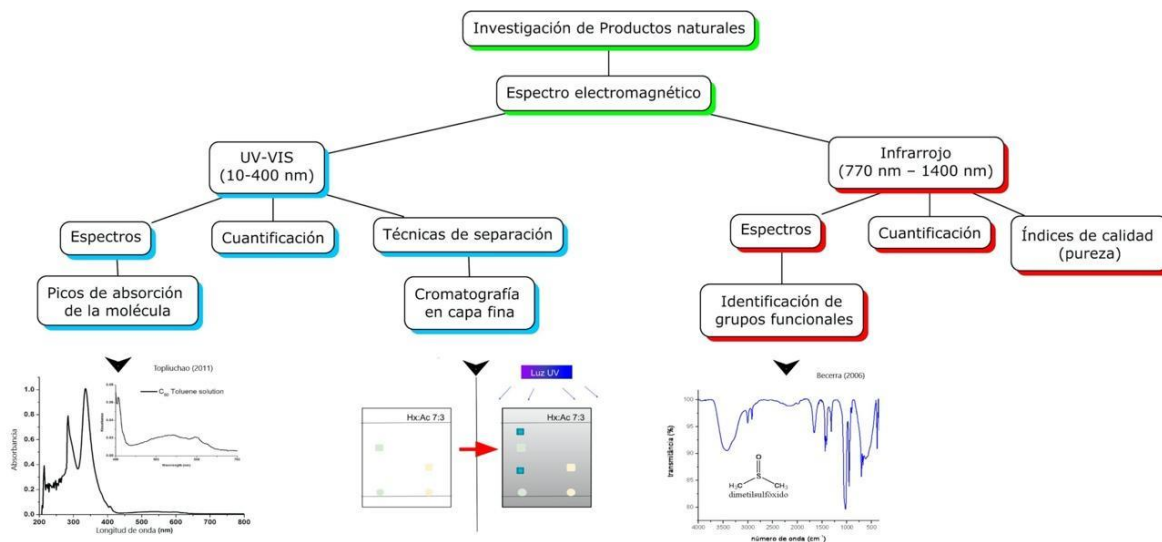


Figura 2. Ejemplos de la aplicación de luz UV e IR en la investigación de los PN con sus respectivos espectros. Al aplicar luz UV en la cromatografía en capa fina aparecen bandas que, de otra manera, no son visibles.

El espectro infrarrojo

Entre los rangos invisibles de luz está un espectro electromagnético poco conocido, pero no menos importante, la radiación infrarroja (IR). De esta hay tres regiones: cercana (770 a 1400 nm), media (1400 a 3000 nm) y lejana (3000 a 10,000 nm). Un aspecto característico de esta radiación es que se detecta como calor. Todo cuerpo por encima del cero absoluto (-273.15 °C) emite radiación IR, lo que ha permitido el desarrollo de cámaras trampa, de visión térmica y sensores utilizados en seguridad y muestreo biológico (Akash y Rehman 2020; Grandi y D'Ovidio 2020).

“En la investigación sobre los PNs, las propiedades de la luz son útiles para identificar las moléculas en un extracto o para continuar con su purificación.”

La mayor fuente IR en su categoría lejana es el sol. Por décadas, la creación de una fuente de luz con la suficiente intensidad para generar esta radiación fue complicada. De hecho, entre las tres regiones, la media ha sido más utilizada para análisis espectroscópicos, seguido por la cercana (Ozaki 2021). En general, la luz IR excita las moléculas ocasionando que ciertos enlaces vibren de maneras distintas y generen picos en un espectro. Esto permite diferenciar entre grupos funcionales. Así, gracias a las regiones cercana y media se pueden identificar grupos de alcoholes (OH), aminas (NH) y carbonilos (C=O) en una molécula (Huck 2015).

La IR media genera “huellas digitales” de los compuestos (>1400 nm), mientras que en la cercana los picos tienden a sobreponerse y ser más anchos. En consecuencia, la interpretación a simple vista puede ser confusa. Por esta razón, en la IR cercana se necesita una referencia para comparar espectros y es más utilizada para análisis cuantitativos (Türker-Kaya y Huck 2017). Las mediciones se realizan con un interferómetro que expresa medidas en cm^{-1} . Al igual que el UV-Vis, las técnicas de IR son no destructivas y se consideran como un análisis rápido que aporta información acerca de la pureza del compuesto y permite cuantificar la concentración de la muestra analizada. Así, en conjunto con otros métodos de caracterización, es posible saber qué moléculas se encuentran en un extracto (Akash y Rehman 2020).

Conclusión

La investigación científica de los PNs avanza, y esto es posible gracias a las técnicas disponibles para el análisis de los extractos o los compuestos puros. Algo tan común como la luz es de suma relevancia en la generación de espectros que permiten identificar los compuestos biológicos en una muestra. Esto es más específico si se considera que la luz UV-Vis y la IR pertenecen a regiones electromagnéticas “invisibles” pero que resultan muy útiles “iluminando” nuestros avances científicos.

Agradecimientos

MGMM agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT, México) por el proyecto IxM No. 692 en la Universidad Autónoma de Yucatán.

Referencias

- Akash MSH y Rehman K. 2020. *Essentials of Pharmaceutical Analysis*. First edition. Springer Singapore. 222 pp.
- Aleixandre-Tudo JL y Du Toit W. 2018. The role of UV-visible spectroscopy for phenolic compounds quantification in winemaking. En: Solís-Oviedo RL y Pech-Canul AC (eds.). *Frontiers and new trends in the science of fermented food and beverages*. IntechOpen. UK. pp. 200-204.
- de las Heras Polo B. 2021. Productos naturales: De la medicina tradicional a cabezas de serie para el desarrollo de nuevos fármacos del siglo XXI. *Anales de la Real Academia de Farmacia* 87:97-104.
- Demain AL. 2014. Importance of microbial natural products and the need to revitalize their discovery. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 41:185-201.
- Dias-Souza MV, Perpétuo AA, Dos Santos GS, Machado LFC y Dos Santos RM. 2023. Natural products in drug discovery: meeting the urgency for new antimicrobials for human and veterinary use. *AIMS Molecular Science* 10:11-21.
- Fan B, Zhang C, Chi J, Liang Y, Bao X, Cong Y, Yu B Li X y Li GY. 2022. The molecular mechanism of retina light injury focusing on damage from short wavelength light. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2022:8482149.

- Görög S. 1995. Ultraviolet-visible spectrophotometry in pharmaceutical analysis. First edition. CRC press. USA. 405 pp.
- Grandi C y D'Ovidio MC. 2020. Balance between health risks and benefits for outdoor workers exposed to solar radiation: an overview on the role of near infrared radiation alone and in combination with other solar spectral bands. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17:1357.
- Huck CW. 2015. Advances of infrared spectroscopy in natural product research. *Phytochemistry Letters* 11:384-393.
- Koutchma T. 2009. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology* 2:138-155.
- Ozaki Y. 2021. Infrared spectroscopy-Mid-infrared, near-infrared, and far-infrared/terahertz spectroscopy. *Analytical Sciences* 37:1193-1212.
- Palma E, Tilocca B y Roncada P. 2020. Antimicrobial resistance in veterinary medicine: An overview. *International Journal of Molecular Sciences* 21:1914.
- Türker-Kaya S y Huck CW. 2017. A review of mid-infrared and near-infrared imaging: principles, concepts and applications in plant tissue analysis. *Molecules* 22:168.
- Verde-Star MJ, García-González S y Rivas-Morales C. 2016. Metodología científica para el estudio de plantas medicinales. En: Rivas-Morales C, Oranday-Cardenas MA y Verde-Star MJ (eds.) *Investigación en plantas de importancia médica*. OmniaScience. Barcelona. pp. 1-39.
- Waller SB, Cleff MB, Serra EF, Silva AL, Gomes AdR, de Mello JRB, de Faria RO y Meireles MCA. 2017. Plants from Lamiaceae family as source of antifungal molecules in humane and veterinary medicine. *Microbial Pathogenesis* 104:232-237.

Franco-May DA, Mancilla-Montelongo MG. 2023. El espectro invisible: una fuente de luz en la investigación científica de productos naturales. *Bioagrociencias* 16 (2):1-7.
DOI: <http://doi.org/10.56369/BAC.5091>