

PLANTAS MEDICINALES ANTIOXIDANTES: ACUÁTICAS Y TERRESTRES

Data de aceite: 02/10/2023

Shailili Mercedes Moreno Morales

Dra. en Química

Institución: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Dirección: Campus “La María”, vía a Mocache. QUEVEDO, LOS RÍOS, ECUADOR

Haydelba Trinidad D´Armas Regnault

M.Sc. en Ciencias Marinas (mención Oceanografía Química), Ph.D. en Química

Institución: Universidad de Oriente
Dirección: Avda. Universidad, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela Escuela de Ciencias, Departamento de Química, 6101.

Camila Anabelle Vinces Manrique

Estudiante de Biología

Institución: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Dirección: Campus “La María”, vía a Mocache. QUEVEDO, LOS RÍOS, ECUADOR

Mariela Carolina Loján Avellán

Bióloga Marina, M.Sc. en Acuicultura

Institución: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Dirección: Campus “La María”, vía a Mocache. QUEVEDO, LOS RÍOS, ECUADOR

RESUMEN: Las plantas medicinales representan una fuente de sustancias terapéuticamente útiles, y muchas de ellas se destacan por sus propiedades antioxidantes, que actualmente tienen un aprovechamiento creciente por los beneficios asociados a su consumo. Esta investigación busca conocer las tendencias más actualizadas en el uso y aprovechamiento de algunas plantas medicinales con capacidad antioxidante. Para ello, se realizó una recolección de información sobre el aprovechamiento de plantas medicinales antioxidantes, incluyendo datos relevantes considerados en la clasificación de sus usos y aplicaciones. La revisión bibliográfica corresponde a una muestra de artículos identificados en las bases de datos Google académico, Redalyc y Scielo dentro del periodo 2008 - 2022. La búsqueda estuvo orientada a identificar familias que biosintetizan metabolitos con funciones antioxidantes, cuyos usos las convierten en materiales de provecho biotecnológico con impacto positivo en la salud. En el desarrollo se obtuvo una descripción del perfil de metabolitos secundarios de diferentes plantas, muchas de ellas distribuidas en centro y sur América, cuyos estudios recientes han reportado

actividad antioxidante significativa que tiende hacia modelos celulares, como es el caso de la Canela, la Maca, diversos frutos cítricos, la caléndula, Hierba Luisa, Moringa, entre otras, sin dejar de lado a las algas en sus diferentes tipos. Así mismo se generó una comparación de los resultados obtenidos por diversos autores en sus experimentaciones, para producir, transformar y obtener sustancias con aplicaciones antioxidantes que permitan combatir los efectos de los radicales libres y del estrés oxidativo en la salud, tanto humana como animal. De igual manera, se destacan otras aplicaciones no asociadas al área médico-farmacológica, pero con impacto industrial en la elaboración de pinturas, materiales anticorrosivos y de recubrimientos. Los resultados confirman y mejoran la proyección de plantas medicinales antioxidantes como fuente importante de metabolitos (taninos, polifenoles, flavonoides, fitoestrógenos), cuya actividad podría refinarse en sistemas biotecnológicos, para comprender su comportamiento en escenarios funcionales más reales y de mayor éxito.

PALABRAS CLAVE: Antioxidantes, Plantas medicinales, Metabolitos secundarios, Algas.

ANTIOXIDANT MEDICINAL PLANTS: AQUATIC AND TERRESTRIAL

ABSTRACT: Medicinal plants represent a source of therapeutically useful substances, and many of them stand out for their antioxidant properties, which are currently being increasingly used due to the benefits associated with their consumption. This research seeks to know the most up-to-date trends in the use and exploitation of some medicinal plants with antioxidant capacity. For this, a collection of information on the use of them was carried out, including relevant data considered in the classification of their uses and applications. The bibliographic review corresponds to a sample of articles identified in the Google academic, Redalyc and Scielo databases within the period 2008 - 2022. The search was aimed to identify families that biosynthesize metabolites with antioxidant functions, whose uses make them useful materials of biotechnological benefit with a positive impact on health. A description of the profile of secondary metabolites of different plants was obtained in the development, many of them distributed in Central and South America, whose recent studies have reported significant antioxidant activity that tends towards cellular models, as is the case of Cinnamon, Maca, various citrus fruits, calendula, Lemon verbena, Moringa, among others, without leaving aside the algae in its different types. Likewise, a comparison of the results by various authors in their experiments was generated, to produce, transform and obtain substances with antioxidant applications that allow combating the effects of free radicals and oxidative stress on health, both human and animal. In the same way, other applications not associated with the medical-pharmacological area stand out, but with an industrial impact in the elaboration of paints, anticorrosive materials and coatings. The results confirm and improve the projection of antioxidant medicinal plants as an important source of metabolites (tannins, polyphenols, flavonoids, phytoestrogens), whose activity could be refined in biotechnological systems, to understand their behavior in more real and successful functional scenarios.

KEYWORDS: Antioxidants, Medicinal plants, Secondary metabolites, Algae.

1 | INTRODUCCIÓN

Las plantas medicinales representan una fuente de sustancias terapéuticamente útiles, y muchas de ellas se destacan por sus propiedades antioxidantes, que actualmente

tienen un aprovechamiento creciente basado en los beneficios asociados a su consumo, incluyendo a las plantas acuícolas.

En este sentido, la medicina tradicional está directamente relacionada con el bienestar de los individuos, mediante el uso de plantas completas o algunas de sus partes. A nivel mundial se han usado diversas especies vegetales y se han reportado propiedades terapéuticas en muchas de ellas (Moreno *et al*, 2022).

El término medicina tradicional ha sido definido por la Organización Mundial de la Salud como el conjunto de conocimientos, capacidades y prácticas basados en las teorías, creencias y experiencias propias de diferentes culturas, bien sean explicables o no, utilizadas para mantener la salud y prevenir, diagnosticar, mejorar o tratar enfermedades físicas y mentales (OMS, 2013).

Debemos tener en cuenta que, la disponibilidad al consumo de infusiones de plantas es grande, sin embargo, existe poca información específica sobre la forma de preparación y los beneficios que poseen algunas plantas, especialmente por la presencia de compuestos bioactivos muy diversos. Por lo cual, algunos investigadores han evaluado la actividad antioxidante (DPPH y ABTS^{°+}) y polifenoles totales de infusiones preparadas con plantas medicinales comerciales, frescas y secas (Gómez *et al*, 2020).

Tal es el caso del té de *Camellia sinensis*, conocido popularmente como Té verde o Té japonés, el cual contiene muchos compuestos bioactivos con efectos antioxidantes, como el ácido hidroxicinámico y derivados de flavonoides, especialmente la subclase de catequinas, flavonoides, catecoles y taninos (Lorenzo and Sichetti, 2016); en Sur América es más popular la Manzanilla, la cual posee propiedades antioxidantes, por lo que puede aplicarse en el tratamiento de los trastornos causados por el estrés oxidativo (Kolodziejczyk-Czepas *et al*, 2015).

Estudios recientes resaltan aspectos sobre los antioxidantes y la salud. Los antioxidantes pueden neutralizar el exceso de radicales libres durante la actividad oxidativa, propia del organismo. La producción de radicales libres es un evento natural, y está regulado por diferentes rutas metabólicas, porque representan la primera línea de defensa de los seres vivos. Sin embargo, aunque son relevantes para mantener la salud, el desbalance entre antioxidantes endógenos y radicales libres (estrés oxidativo) se asocia con diferentes enfermedades o con el envejecimiento humano. Existen reportes de algunas fuentes de antioxidantes exógenos, sobre todo frutas y otros vegetales (Coronado *et al*, 2015).

Es por ello que, en esta investigación se dan a conocer las tendencias más actualizadas en el uso y aprovechamiento de algunas plantas medicinales con capacidad antioxidantes, cuyo cultivo y distribución es amplio América Latina.

2 | METODOLOGÍA

Se usó una metodología descriptiva, con un enfoque documental, es decir, revisión

de fuentes disponibles en la red, cuyo contenido está actualizado y en relación directa con el tema en desarrollo.

Se realizó una recolección de información sobre el aprovechamiento de plantas medicinales antioxidantes, con la documentación del conocimiento generado por investigaciones recientes, incluyendo datos relevantes considerados en la clasificación de sus usos y aplicaciones.

La revisión bibliográfica corresponde a una muestra de artículos identificados en las bases de datos Google académico, Redalyc y Scielo dentro del periodo 2008 - 2022. La búsqueda estuvo orientada a identificar familias de plantas que biosintetizan metabolitos con funciones antioxidantes, cuyos usos las convierten en materiales de provecho biotecnológico con impacto positivo en la salud.

3 | RESULTADOS

En el desarrollo de esta revisión se obtuvo una descripción del perfil de metabolitos secundarios de diferentes plantas, muchas de ellas distribuidas en centro y sur América, cuyos estudios recientes han reportado actividad antioxidante significativa, la cual tiende hacia modelos celulares específicos, como es el caso de la Canela, la Maca, diversos frutos cítricos, la caléndula, Hierba Luisa, Moringa, entre otras, sin dejar de lado a las algas en sus diferentes tipos.

Plantas Medicinales

La práctica de la medicina tradicional se basa en el uso terapéutico de diferentes partes de plantas y en distintas formas de preparación para prevenir o curar diversas dolencias (Maldonado *et al.*, 2020). A pesar de una pérdida de saberes y de prácticas culturales en el mundo, el 90% de la población en países en desarrollo y el 60% en países desarrollados usa la medicina tradicional para su atención primaria de la salud (Vandebroek *et al.*, 2008).

Las plantas medicinales no solo se han utilizado en la antigüedad para aliviar, tratar o curar enfermedades, sino que también se les ha usado en la modernidad para crear importantes avances en la medicina, demostrando que como especies naturales tienen amplias propiedades, destacando la capacidad antioxidante.

Aunque su uso nunca ha dejado de estar vigente, el avance de la ciencia y la tecnología ayudó a que los principios activos contenidos en esas plantas sean sintetizados químicamente, haciéndolos disponibles en las farmacias a precios accesibles y en dosis adecuadas para cada tratamiento. Sin embargo, cada vez es más común la preocupación por los efectos secundarios de los medicamentos químicos y la ineficacia de algunos de ellos para su uso a largo plazo. Es por eso que el uso de alternativas naturales o terapias complementarias ha recibido una atención creciente en los últimos años. Actualmente, según la Organización Mundial de la Salud OMS (Zhang & WHO 2002) se estima que el

80% de la población mundial depende de la medicina tradicional para sus necesidades de salud, en cuanto a su atención primaria.

Son muchos los organismos vegetales que se han destacado en la producción de sustancias medicinales, y en particular los metabolitos antioxidantes, existiendo variedad en su origen, así como en su distribución en países de América Latina, ya sean plantas terrestres o acuáticas, y algunos de ellos se detallan a continuación.

Por ejemplo, en Ecuador el 80% de la población usa la medicina tradicional y hay alrededor de 3000 plantas medicinales para tratar diferentes enfermedades. El poco interés de las generaciones recientes, la migración de la gente rural a las ciudades y la actividad agrícola afectan la transmisión de los conocimientos sobre las plantas medicinales en la medicina tradicional (Fernández *et al.*, 2019).

La Canela

Una de las especies más utilizadas, tanto en infusiones como en gastronomía, es la canela (*Cinnamomum verum*) la cual se obtiene de la corteza de los árboles *Cinnamomum*, llevando una importante historia en la conquista de los españoles en América, ya que los españoles se interesaron en los beneficios curativos de esta planta (Alemany, 2011).

Las canelas corresponden a las cortezas de más de 250 especies de árboles y arbustos, de la familia de las Lauraceae, que son conocidos como caneleros. La Familia Lauraceae contienen fuentes importantes de aceites esenciales: por ejemplo, en medicina se usa las hojas de *Persea lingue* para enfermedades reumáticas (Avello *et al.*, 2012).

Los caneleros han sido unos de los productos de origen vegetal más utilizados como especia por su capacidad aromatizante, si bien distintas medicinas tradicionales le han atribuido diferentes actividades. Se encuentran referencias en Egipto, país donde se importaba desde China, y en la medicina Ayurvédica donde se indica como antiemético, antidiarreico, antiflatulento y estimulante (Accame, 2009).

En América, la canela ha recibido especial atención por ser una especie exótica, y por tratarse de plantas muy codiciadas en tiempos remotos, ya que tienen mucho valor como especia. Parece ser que el cultivo deliberado de plantas de canela en algunas regiones de Venezuela y en islas caribeñas no se inició hasta 1770, y está asociado a este uso su conservación y estimación como medicamentos (Lindorf, 2002).

En la actualidad, existen cultivos de canela en varias regiones tropicales del planeta, y sus aplicaciones no terminan en la cocina: sus propiedades terapéuticas incluyen su uso como antioxidante, antiinflamatorio e incluso como antimicrobiano; tal ha sido su repercusión medicinal que llegó a tener reputación como remedio contra resfriados. Estas propiedades no serían posibles sin los múltiples compuestos químicos que la constituyen: ácido cinámico, cinamaldehído, cinamato, eugenol, entre otros; siendo el cinamaldehído, el responsable de los característicos sabor y olor de la canela (Balmont, 2014).

Maca

De igual modo, la maca (*Lepidium peruvianum*) es una planta originaria de los Andes Centrales del Perú. Esta planta es perenne de la familia de las Brassicaceae que crece entre los 3800 y 4500 m.s.n.m. en regiones de puna, generalmente en los departamentos de Junín y Pasco. Fue un producto muy valioso para los Incas, debido a su elevado contenido de sustancias nutricionales y por su amplio uso medicinal, especialmente como revitalizante, y potenciador de la fertilidad (Cataño, 2008).

Esta planta representa un alimento nutritivo, energético y funcional, ya que sus metabolitos secundarios reaccionan al estrés biótico y abiótico como mecanismo de defensa durante las etapas de pre-cosecha, cosecha y secado natural post-cosecha (Yábar & Reyes, 2019).

Entre los constituyentes químicos de la maca que se han relacionado con su actividad, destacan los ácidos grasos (macaeno) y sus correspondientes amidas, glucosinolatos, alcaloides (lepidilinas A y B, macaridina), esteroides, ácido (1R, 3S)-1-metil-tetrahidro--carbolin-3-carboxílico y polifenoles. Además, se le han atribuido otras actividades como antitumoral y citostática, antioxidante e antihipoglucemiante (Cataño, 2008).

En este sentido, los glucosinolatos, compuestos fenólicos, fitoesteroides, macaenos, macamidias, macahidantoínas, meyeninas, alcaloides y otros metabolitos de la Maca son formados durante el ciclo productivo, y actúan sinérgicamente para prevenir enfermedades crónicas, cuando es consumido como parte de una dieta variada (funcional), muy frecuente en la cultura alimentaria de Perú y no como compuestos bioactivos aislados (nutracéutico) del contexto biológico como pretende la industria farmacéutica (Yábar & Reyes, 2019).

Frutos cítricos

Los cítricos representan la mayor demanda en la industria de los alimentos, principalmente para bebidas, debido a que estos frutos tienen alto contenido de jugo para elaborar productos como néctares o zumos (Kim & Kim, 2016). Entre las variedades de cítricos empleados se encuentran las naranjas (*Citrus sinensis*), mandarinas de diferentes especies (*C. unshi*, *C. tangerine*, *C. reticulata*, *C. clementine*), limones (*C. limon*), limas (*C. aurantifolia/latifolia*), toronjas (*C. paradisi*) y pomelos (*C. grandis*) (Chavan, Singh & Kaur, 2018).

Los frutos cítricos también se destacan en el área nutricional, ya que benefician de gran manera la salud humana, fundado en las propiedades antioxidantes y antirradical de sus diversos componentes, como el ácido ascórbico, los flavonoides, carotenoides, antocianinas, los derivados del ácido cinámico, entre otros (Domínguez y Ordoñez, 2018).

Una planta de este grupo es la *Vaccinium floribundum*, también conocida como mortiño o agraz silvestre; esta planta da un fruto cítrico que tiene un gran parentesco al fruto rojo del arándano, además contiene polifenoles en su composición con excelente capacidad antioxidante, son inhibidoras de enzimas, sin ser bactericidas constituyen

características propias de la fruta (Reyes, 2017).

El mortiño es una planta nativa de los páramos andinos en su mayoría distribuida en Colombia, Perú, Ecuador y Venezuela entre 1.400 y 4.350 msnm. El género *Vaccinium* es un frutal perenne de la familia de las Ericáceas y posee un gran potencial agroindustrial por sus propiedades físico-químicas (Arcos-Torres, *et al* 2022).

Otros frutos antioxidantes son los del género *Citrus*, pertenecientes a la familia Rutaceae, como la toronja (*Citrus máxima*) y la naranja (*Citrus sinensis*), la toronja es una fruta con sabor amargo que contiene vitaminas C y A, fósforo, hierro, niacina, pectina; la toronja es antihemorrágico estomacal y depurativo, se la recomienda para enfermedades del hígado, próstata y riñones, promueve la eliminación de líquidos y se recomienda consumirla cuando se quiere bajar de peso. Estas especies de plantas conocidas por sus poderes curativos antioxidantes, son cítricos que compensan su actividad biológica, por la presencia de fenoles; entre ellos, los flavonoides, metabolitos secundarios que se oxidan fácilmente, por lo que constituyen potentes antioxidantes. En esta Familia se encuentran también: naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.), limón criollo (*Citrus aurantiifolia*), lima persa (*Citrus latifolia*), mandarina (*Citrus reticulata*) (Ojito *et al*, 2012).

En el caso de la naranja (*C. sinensis*), esta tiene alto contenido de ácido ascórbico y ácido cítrico que ayuda a depurar los tejidos. En el zumo de naranja se encuentra grandes propiedades beneficiosas para la salud humana por ser microbicida, refuerza las defensas inmunes, y mejora las enfermedades de las mucosas. Las plantas del género *Citrus* están recibiendo mucha atención por sus propiedades nutritivas y biológicas. Las flavanonas, flavonas y flavonoles son los flavonoides presentes en los cítricos. Aunque las flavonas y los flavonoles se han encontrado en bajas concentraciones en comparación con las flavononas, han mostrado ser potentes antioxidantes, secuestradores de radicales libres o agentes que contribuyen a la acción anticancerígena y cardioprotectora, entre otras. (Mite *et al*, 2022).

Dentro de este mismo género están la mandarina (*Citrus nobilis*) y el limón (*Citrus limonium*). La primera fortalece los huesos, tejidos y dientes, abunda su contenido de fósforo, en su pulpa se concentra el ácido oxálico que arrastra sustancias nocivas que se hallan en la sangre, pudiendo combinarse con elementos tales como el plomo, cadmio y mercurio, convirtiéndose la mandarina en la fruta ecológica o descontaminadora del organismo de los humanos, su parte alcalina es recomendada para las enfermedades del corazón (Romero *et al*, 2021).

Mientras que el limón (*C. limonium*) previene el escorbuto, el cansancio y molestias reumáticas; en el libro *Frutoterapia* se denomina la fruta de mil usos. Se considera el jugo de limón depura el hígado, purifica la sangre. Por su alto nivel de sustancias vitales, ácidos, poder bactericida, enzimas y vitaminas, contribuye a eliminar y quemar desechos retenidos en el organismo. Es favorable para la hipertensión, en las enfermedades cardiovasculares activando la circulación sanguínea, reduce la grasa que ocasiona obesidad, enfermedades

del hígado y la vesícula biliar, previene formación de cálculos, diabetes, enfermedades intestinales, de los pulmones y genitales, en las congestiones y dolores de cabeza. Es anticoagulante y diurético, por lo tanto, se utiliza para almacenar la sangre destinada a transfusiones (Romero *et al*, 2021).

En general, los principales compuestos bioactivos que se han reportado en los frutos cítricos son los flavonoides, flavonoles, antocianinas, flavonas, flavanonas, carotenoides, cumarinas así como limonoides. Entre los flavonoides, se encuentran la hesperidina, narirutina, naringina y eriocitrina (Nakajima, Macedo & Macedo, 2014), cuyas estructuras químicas se aprecian en la Ilustración 1. Es importante destacar que no todos los compuestos mencionados están presentes en todos los cítricos, sino que ellos varían entre sí, e inclusive puede haber otros compuestos de interés con capacidad antioxidante diferente.

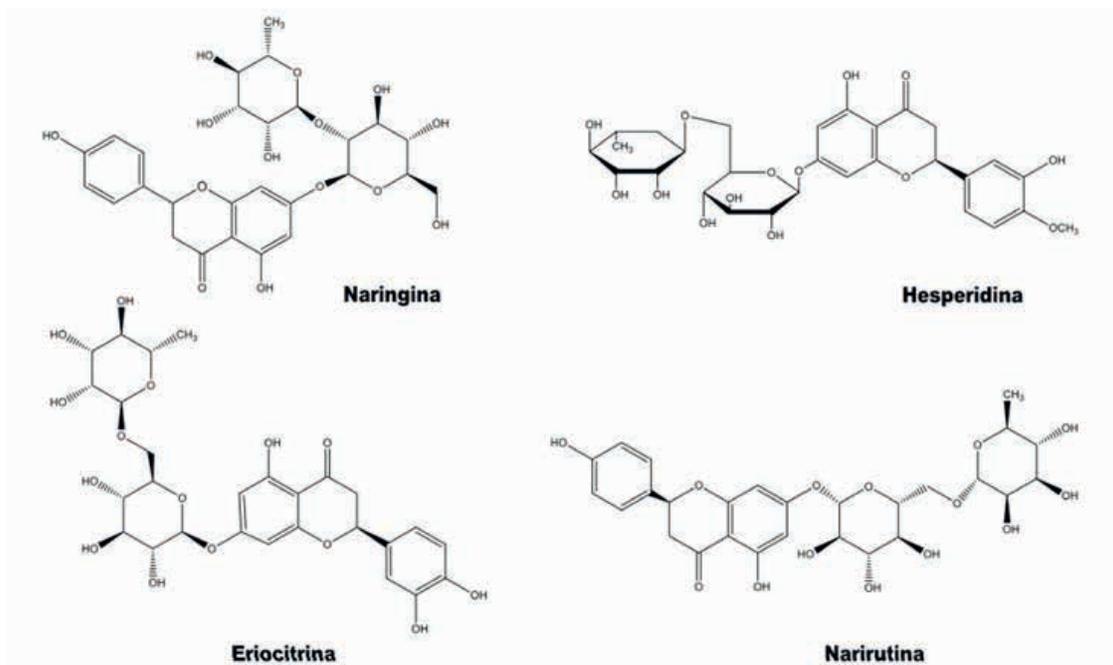


Ilustración 1. Estructuras químicas de los principales compuestos de los cítricos. Compuestos fenólicos tipo flavanonas (Wong *et al.*, 2020).

Caléndula

Otra de las plantas medicinales destacadas es la caléndula (*Calendula officinalis*), la cual pertenece a la familia Asteraceae y es originaria de Europa, aunque está aclimatada en la región sur de Brasil, donde su cultivo comercial ha ido en aumento para productos farmacéuticos y con fines cosméticos (Yanaisy, 2021).

Esta planta se utilizaba en la antigüedad como planta ornamental para decorar,

y en la medicina natural la usaban porque atribuye ventajas en el cuidado de la piel. Actualmente beneficia a la medicina dermatológica como antibacteriana, antiinflamatoria y hasta cicatrizante porque ayuda a combatir las quemaduras de la piel, desinflama y calma el dolor, incluso ayuda a recuperar y regenerar la piel. También aplaca las picaduras de insectos, mejora las afecciones cutáneas, y se usa en casos de acné. La infusión de la caléndula es recomendada para tratamientos de afecciones digestivas como la gastritis, dolores estomacales, úlcera, epistaxis, dismenorrea y amenorrea (Gómez y Lazo, 2022).

Con respecto a los reportes de la capacidad antioxidante de *C. officinalis*, algunas investigaciones previas indican la presencia de un contenido significativo de compuestos fenólicos y de flavonoides en los extractos de diferentes partes de la planta (Ojeda *et al*, 2020).

Además, se incluyen trabajos sobre la caracterización preliminar del aceite esencial de flores frescas y secas de caléndula, el cual fue obtenido mediante dos métodos: hidrodestilación (HD) e hidrodestilación asistida, señalando que la composición química de cada una de las fracciones ricas en sustancias fenólicas, le confieren actividad antioxidante significativa (Torres *et al*, 2018).

Hierba Luisa

En el mismo orden de ideas, la hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) es una planta originaria de la India, pertenece a la familia Poaceae y es fácilmente adaptada a las regiones tropicales (De Lima, 2014). Aunque otros autores la ubican dentro de la familia Verbenaceae, que son un grupo de plantas caracterizadas por ser aromáticas, las más comunes pertenecen a los géneros Aloysia, Duranta, Lantana, Lippia, Petrea, Phyla, Verbena, entre otros. Extractos obtenidos de *Lippias*, poseen actividades antibacterianas, antiinflamatorias, antivirales, antifúngicas, y antioxidantes, esta última actividad biológica es la más estudiada, ya que con sus propiedades ayuda al mejoramiento de la salud de los humanos (Stashenko *et al*, 2014).

La *C. citratus* también se destaca por su infusión tranquilizante y porque su acción antioxidante ayuda a prevenir arterosclerosis, y en consecuencia los efectos posteriores de esta enfermedad; además es antiinflamatoria, antimicrobiana, y antifúngica contra hongos como *Cándida albicas*, también se ha demostrado que es efectiva para tratar el acné, abrir los poros, curar la sarna y el pie de atleta (Pascal y Maritsa, 2015).

Investigaciones previas indican que las infusiones preparadas con esta planta medicinal tienen buen contenido de fenoles totales y reportan actividad antioxidante medida frente al radical DPPH y frente al radical ABTS^{•+} (Gómez *et al*, 2020).

De igual manera, los extractos de *C. citratus* en solventes polares, específicamente agua y etanol, tienen actividad antibacteriana y capacidad antioxidante destacable; con el alcohol como solvente se logra extraer un mayor contenido de metabolitos secundarios de esta planta, que repercuten en su porcentaje de inhibición de los radicales libres; además,

se reporta también actividad antibacteriana para extractos de hierba luisa, la cual aumenta en relación a la concentración del mismo (Culqui *et al*, 2021).

Moringa

La moringa (*Moringa oleífera*) es una planta perteneciente a la Familia Moringaceae, nativa de la India y ampliamente cultivada en las regiones subtropical y tropical de todo el mundo; esta especie es de rápido crecimiento, y es capaz de soportar largos períodos de sequía, por lo cual se le concedió gran importancia en la alimentación animal en las dietas de vacunos, cerdos, aves y peces (Cortes, 2016).

Esta planta se consume casi completa, es decir, los consumidores usan sus hojas, la flor y raíces, y se ha establecido que al consumir las hojas de la moringa evita enfermedades oculares y de digestión, mientras que en la ingesta de las flores aumenta la producción de espermatozoides en los hombres, y en la infusión de raíz de moringa es aconsejable para tratar el reumatismo, la ascitis, picaduras venenosas, y la diabetes (ayuda a disminuir la glucosa en la sangre). Se ha determinado que en las semillas de moringa contiene una alta concentración de actividad antioxidante al haber analizado su composición química (Estrada *et al*, 2016).

Otros autores reportan que la moringa posee vitaminas y minerales como hierro, carotenoides, quercetina, vitamina C, polifenoles, ácido clorogénico, entre otros, que le confieren propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Además, tiene un contenido de proteínas de alrededor del 30%, lo que la hace de interés en el desarrollo de diversos alimentos funcionales. El polvo de las hojas de moringa presenta un contenido de proteínas de 398.287 mg/mL, la fracción mayoritaria fue la fracción de albúminas con un 67%, seguido de prolaminas (12%) y globulinas (13%) y en menor cantidad las glutelinas con un 8%. El contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante fue de 19.88 ± 4.75 mgEAG/100 g y ± 4.75 E-Trolox. Estudios que dan a las proteínas y péptidos bioactivos presentes en la hoja de moringa aplicabilidad en matrices alimentarias (Antonio-Alegría *et al*, 2021).

Adicionalmente, las propiedades antioxidantes de esta planta benefician también a la industria bananera, en donde se han utilizado los extrantos de *M. oleífera* para reducir el estrés oxidativo durante la micropropagación en sistemas de inmersión temporal, como alternativa para obtener plantas de banano, así como sistemas convencionales semisólidos de vitroplantas de banano enraizadas (Castillo *et al*, 2019).

Con base en esta revisión, se hace evidentemente notoria la relación que existe entre la concentración de metabolitos, cuya estructura química les permita ser clasificados como antioxidantes, y la actividad biológica exhibida por las plantas que los producen, por lo cual son utilizadas como plantas medicinales y, en Latinoamérica se vienen popularizando desde hace muchos años, incluso en otras aplicaciones no médicas. De allí la importancia de describir con más detalle a este grupo de sustancias llamadas Antioxidantes.

Antioxidantes

Los alimentos de consumo diario contienen antioxidantes, sustancias que impiden la producción de daño tisular causado por radicales libres, lo cual se lleva a cabo mediante la reducción o eliminación de los mismos; además, los antioxidantes favorecen la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, inflamatorias, neurodegenerativas (Parkinson y Alzheimer), hepáticas (cirrosis), diabetes tipo 2 e incluso cáncer (Coronado *et al.*, 2015; Fonseca-García *et al.*, 2014; Pérez-Hernández *et al.*, 2013).

Los antioxidantes son compuestos que protegen a la célula del organismo, interactúan con radicales libres logrando neutralizarlos para evitar daños en un organismo. Los radicales libres son átomos de electrones desapareados en su estructura, estos se liberan durante el metabolismo humano, y también se producen por contaminantes ambientales, radiaciones (ejemplo: ultravioleta, gamma), entre otros, estos se producen cuando se da la respiración celular quedando moléculas residuales originando los radicales libres. Un radical libre puede afectar un millón de moléculas durante la reacción o construcción de una cadena, estos compuestos que se forman, son conocidos como “*especies reactivas del oxígeno*” (ERO). Existen dos vías esenciales para resguardar al organismo de los radicales libres; enzimáticos y no enzimáticos (endógenos y exógenos) y su interacción puede ser intracelular o extracelular (Coronado *et al.*, 2015), como se aprecia en la Ilustración 2.

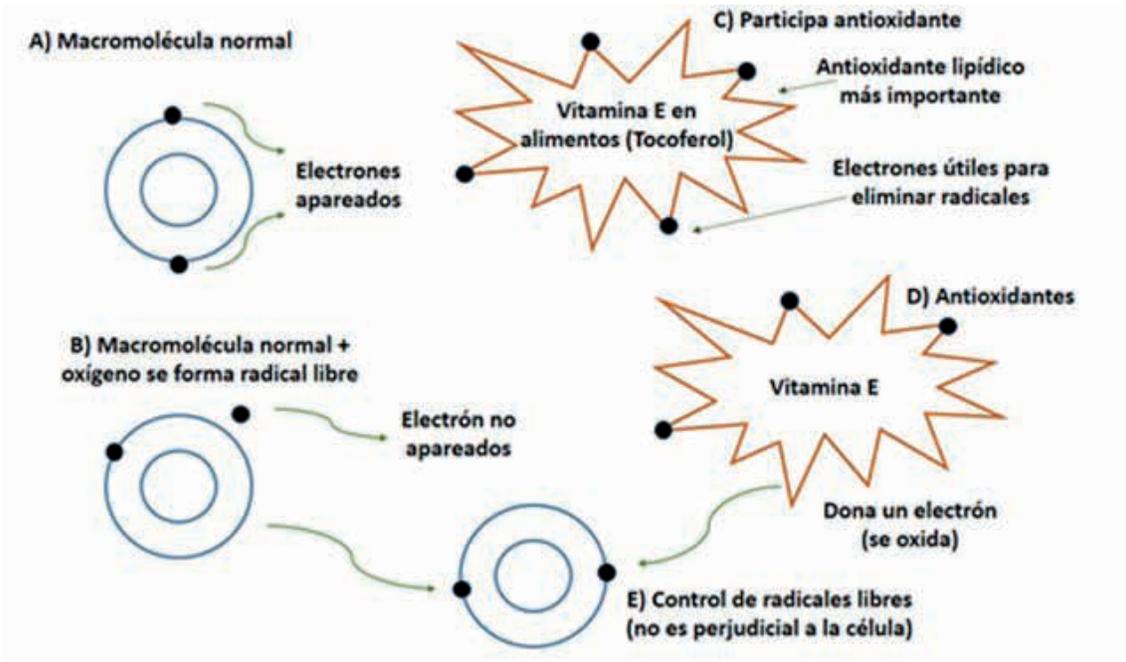


Ilustración 2 Interacción entre los radicales libres y los antioxidantes (Coronado et al, 2015)

Muchas de las plantas medicinales conocidas poseen aceites esenciales, alcaloides

y polifenoles con función antioxidantes que son consumidos en los alimentos. La función antioxidante es un proceso de óxido-reducción (proceso cotidiano en el organismo humano) que consiste en la oxidación, la cual implica pérdida de electrones de hidrógeno con la ganancia de oxígeno en la molécula, y la reducción que significa ganancia de electrones de hidrógeno con la pérdida de oxígeno (Coronado *et al*, 2015).

El estrés oxidativo se origina al romperse el equilibrio entre los mecanismos de defensa antioxidante y la producción de especies reactivas del oxígeno, lo que lleva a una complejidad de cambios fisiológicos y bioquímicos que incitan el deterioro y muerte celular; este ha sido uno de los causantes de enfermedades como el cáncer, diabetes y artritis (San-Miguel y Martin-Gil, 2009).

Al consumir plantas medicinales, ingresan antioxidantes por el organismo produciendo la metabolización y permitiendo un bloqueo a las acciones de los radicales, por lo tanto, pueden ocasionar una posible reducción del riesgo de contraer este tipo de enfermedades, ya que estas plantas tienen altos niveles de fuentes antioxidantes (Reyes, 2017).

Determinación de la capacidad antioxidante

La determinación de la capacidad antioxidante es útil para valorar la calidad de un alimento o material nutracéutico, la cantidad de antioxidantes presentes en un sistema, o la biodisponibilidad de compuestos antioxidantes en el cuerpo humano. Los métodos disponibles realizan la determinación del efecto potencial de las sustancias antioxidantes, presentes en los alimentos y en el organismo humano, contra las reacciones de oxidación. Algunas investigaciones comparan los resultados de la detección de la capacidad antioxidante total (CAT) en muestras de alimentos y plasma humano, mediante la quimioluminiscencia por fotosensibilización (PCL), en contraste con métodos que cuantifican la capacidad de absorbanza del radical de oxígeno (ORAC) y el poder antioxidante reductor del hierro (FRAP) (Benítez *et al.*, 2020).

Para determinar la capacidad antioxidante de una especie, se pueden utilizar diversos métodos experimentales, uno de los métodos más empelados es el DPPH (siglas del radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo) que se basa en dar estabilidad al radical (Coronado *et al*, 2015), y permite medir la actividad captadora de radicales libres de una sustancia, siempre que dicha sustancia contenga grupos OH en su estructura química, como por ejemplo los polifenoles de las plantas, los cuales reaccionan con el DPPH reduciéndolo a 2,2-difenil-1-picril hidracina, y esta acción antioxidante de los grupos -OH decoloran al reactivo DPPH (Echavarría *et al*, 2009).

Generalmente los extractos de agua muestran mayor actividad antioxidante que los extractos de etanol y metanol, tanto en la determinación por DPPH como en la cuantificación del poder antioxidante reductor del hierro (FRAP). Lo anterior pudo deberse a que el agua tiene mayor polaridad que el etanol y metanol, y así puede actuar como mejor secuestrante

de radicales en comparación de los solventes con menor polaridad (Jaisan *et al.*, 2015).

Además, existen otros modelos de evaluación del efecto antioxidante, como la estrategia propuesta en 2008, para calcular la actividad antioxidante (Φ) de compuestos y extractos como inhibidores de peróxidos y de diferentes especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBA), asociadas a la capacidad inhibitoria del isoespintanol sobre la peroxidación lipídica de mantequilla, comparando contra BHT (Butil hidroxi tolueno); haciendo seguimiento del deterioro oxidativo, y monitoreando la velocidad de aparición de peróxidos con el método FOX (valor de peróxidos) y la capacidad de los compuestos oxidados para reaccionar con el ácido tiobarbitúrico (valor TBARS). En este trabajo se evalúa la actividad antioxidante (Φ), definida como la pendiente de la regresión simple lineal de ϕ_0 / ϕ_i contra la concentración μM , en un modelo de inhibición de la peroxidación lipídica de mantequilla a 60°C , donde ϕ_i es el efecto de cada concentración del isoespintanol y ϕ_0 es el control. (Rojano & Gaviria, 2008). Tal modelo es práctico y aplicable a extractos de especies vegetales.

De igual manera, es común en estas líneas de investigación la determinación de la Actividad inhibidora del radical 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina)-6 sulfonato de amonio (ABTS $^{•+}$). En este método se utiliza una curva de calibración de Trolox como estándar y los resultados se expresan generalmente como capacidad antioxidante en μmol de equivalentes Trolox (TE)/g de EEP (TEAC). Los valores de los resultados se expresan como la media de tres réplicas y se usa como referencia el BHT (Palomino *et al.*, 2009).

Metabolitos con funciones antioxidantes

Los metabolitos son sustancias o moléculas producidas por el metabolismo de un organismo vivo. Es importante conocer que existen dos tipos de metabolitos, los primarios que implementan el desarrollo, y los secundarios que son fundamentales las defensas ante patógenos (García & Carril, 2011).

En el reino vegetal existe un grupo de metabolitos secundarios conocidos como compuestos fenólicos (taninos, flavonoides, entre otros.), a los que se le atribuyen propiedades farmacológicas de interés, dentro de las cuales se encuentran principalmente la antiinflamatoria, antiséptica, cicatrizante y antioxidante de la gran mayoría de las plantas (Rotta *et al.*, 2017).

No obstante, la calidad y cantidad de compuestos clasificados como metabolitos secundarios, producida por las plantas medicinales está muy condicionada a factores bióticos y abióticos relativos a los lugares donde se cultivan y cosechan (Ojeda *et al.*, 2020).

Las plantas son ricas en antioxidantes, enzimas, glutatión, moléculas de naturaleza fenólica y vitaminas, que previenen tanto la auto-oxidación de los triglicéridos insaturados (Nieto, Ros & Castillo, 2018), como prueba de su efectividad contra el estrés oxidativo en los seres vivos (El-Hadary, Elsanhoty & Ramadan, 2019), que igual controlan y reducen el daño oxidativo en alimentos, causado por especies reactivas de oxígeno, incrementado así

la vida de anaquel y calidad del producto (Altemimi *et al.*, 2017).

Una de las familias de plantas que más metabolitos secundarios aporta (Ilustración 3) es la familia Asteraceae, la cual está caracterizada por sus flores, poseer flavonoides, alcaloides, terpenos, triterpenos y algunos ácidos grasos, por lo tanto, conllevan actividad antioxidante, en mayor proporción en sus extractos. De allí que, a diversas especies de Asteraceae se les viene utilizando en la industria farmacéutica para contrarrestar enfermedades cutáneas, en tratamientos des inflamatorios, antihemorrágicos, anticonceptivos, e incluso en la prevención del cáncer estomacal (Gómez, 2017). Morfológicamente estas plantas son herbáceas y arbustivas (Catro y Sosoranga, 2020).

En este punto debemos destacar que, una de las especies ampliamente utilizada en medicina tradicional, *Calendula officinalis* pertenece a la Familia Asteraceae (Gómez, 2017).

Familia	Nombre comunes	Especie	Parte utilizada	Metabolitos Secundarios
	Charpa	<i>Flourensia</i> sp.	Hojas, Tallos y Flores.	Antraquinonas, Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Taninos y Alcaloides.
	Chilca	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Hojas, Tallos y Flores.	Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Taninos, Alcaloides.
	Escorzonera	<i>Perezia multiflora</i> (Humb. & Bonpl) Less.	Hojas, Tallos y Flores.	Antraquinonas, Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Taninos y Alcaloides.
	Huarw ash	<i>Aristeguetia discolor</i> (D.C.) R.M. King & H. Rob.	Hojas, Tallos y Flores.	Antraquinonas, Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Taninos y Alcaloides.
ASTERACEAE	Karamati	<i>Jungia paniculata</i> (D.C) A. Gray.	Hojas, Tallos y Flores.	Antraquinonas, Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Taninos y Alcaloides.
	Llumla	<i>Mutisia acuminata</i> Ruiz. et Pav.	Hojas y Tallos.	Antraquinonas, Flavonoides, Taninos y Alcaloides.
	Marco	<i>Ambrosia arborescens</i> Mill.	Hojas y Tallos	Antraquinonas, Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Taninos y Alcaloides.
	Packlash	<i>Baccharis tricuneata</i> (L.F) P.	Hojas, Tallos y Flores	Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Saponinas, Taninos y Alcaloides.
	Panas	<i>Hypochaeris taraxacoides</i> (Meyen & Walp) Ball.	as, Tallos, Flores. Y F	Antraquinonas, Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Taninos y Alcaloides.
	Shequia	<i>Ophryosporus peruvianus</i> R.M King & H. Rob.	Hojas, Tallos y Flores.	Flavonoides, Lactonas sesquiterpénicas, Saponinas, Taninos y Alcaloides.

Ilustración 3 Familia Asteraceae (Alvarado, 2017)

Las plantas con propiedades antioxidantes de la Familia Asteraceae se encuentran distribuidas por todo el mundo, excepto en la Antártida, comprendiendo aproximadamente 200.000- 300.000 especies, la gran mayoría se ubican en América Latina, especies nativas de México, situadas en zonas subtropicales, templadas y cálidas (Gómez, 2017).

La caléndula es originaria del sur de Asia (Egipto), trasladada para ser cultivada principalmente en Europa con fines económicos, pero en la actualidad se siembra a nivel mundial, porque esta planta puede resistir diferentes tipos temperaturas, y crece en suelos ricos en minerales y materia orgánica (Gómez y Lazo, 2022).

Por su parte, las plantas de la Familia Lamiaceae sintetizan grandes cantidades de polifenoles antioxidantes, plantas comúnmente utilizadas y que pertenecen a este grupo son las siguientes: romero, orégano y tomillo; siendo la mayoría de estos consumidos en diferentes alimentos y como condimentos de cocina. Además, se ha reportado que los polifenoles del romero impiden el crecimiento de bacterias Gram positivas y negativas, y algunas levaduras. Todas las especies de esta familia contiene aceites esenciales en sus hojas, y son usadas en la medicina popular como antigripal, digestivo, espasmolítico, diurético, antiséptico, cicatrizante y repelente de insectos (Salas *et al*, 2013).

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos (Ilustración 4) son metabolitos secundarios de las plantas, y muchos de ellos se concentran en los frutos, con funciones fisiológicas distintas. Estos compuestos naturales tienen caracteres antioxidantes fundamentales para combatir enfermedades derivadas por el estrés oxidativo, además de la acción antioxidante se le adiciona propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, antimicrobianas y antialérgicas, entre otras; dependen del genotipo de la especie, así como de la composición del suelo, distribución geográfica y entornos ambientales (Valencia, 2017).

Estilbenos, antraquinonas	$C_6 - C_2 - C_6$
Flavonoides, isoflavonoides	$C_6 - C_3 - C_6$
Lignan, neolignan	$(C_6 - C_3)_2$
Biflavonoides	$(C_6 - C_3 - C_6)_2$
Ligninas	$(C_6 - C_3)_n$
Taninos condensados (proantocianidinas)	$(C_6 - C_3 - C_6)_n$

Ilustración 4 Clase y estructura de algunos compuestos fenólicos en plantas (Castro-Restrepo et al, 2013)

Los Flavonoides

Los flavonoides (compuestos C6 C3 C6) son derivados de aminoácidos aromáticos; pigmentos que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes; los

seres humanos no pueden producir estas sustancias químicas protectoras, por tal razón consumen alimentos que aportan antioxidantes (Castro-Restrepo *et al*, 2013).

Este tipo de compuesto tiene propiedad asociada para la disminución de enfermedades cardiovasculares en los seres humanos. Son necesarios para el desarrollo de las plantas que los producen; en ellas pueden portarse como señaladores químicos, y tiene efectos sobre algunas enzimas ligadas a la fisiología y metabolismo del vegetal. Se encuentra con mayor proporción en frutas, verduras, té y vino (Valencia, 2017).

Estructuralmente, los flavonoides están compuestos de dos anillos fenilos, ligados mediante un anillo pirano. En la actividad antioxidante, los flavonoides son efecto de una combinación de sus propiedades quelatantes de hierro y de radicales libres, además de la inhibición de las oxidasas: lipooxigenasa, ciclooxigenasa, mieloperoxidasa y la xantina oxidasa; impidiendo así el desarrollo de especies reactivas de oxígeno y de hidroxiperóxidos orgánicos. Asociado a esto, se ha visualizado que asimismo inhiben enzimas implicadas indirectamente en los procesos oxidativos, como la fosfolipasa. La estabilidad o equilibrio redox del compuesto radical formado por el flavonoide original es lo que determina la acción antioxidante (Jiménez *et al*, 2009).

Los Taninos

En el caso de los taninos, éstos son compuestos que están distribuidos en alimentos de origen vegetal; los vegetales y frutas tiene la capacidad de acumular taninos en toda la planta (fruta, semilla, tallo, raíz, hojas). Estas sustancias poseen un elevado peso molecular, y presentan suficientes grupos hidroxilo unidos a estructuras fenólicas, lo cual les conceden la peculiaridad de formar complejos con proteínas, minerales y otras macromoléculas (Vázquez *et al*, 2012).

Debido a su naturaleza química, los taninos se convierten en una fuente natural de compuestos orgánicos, con la capacidad de curtir la piel, ya que son compuestos de polifenoles capaces de adherirse a las proteínas de colágeno de las pieles de los animales y realizar el proceso de curtido, otorgándoles características naturales como la flexibilidad y suavidad, principales características como curtiente vegetal en el proceso de transformación de la piel en cuero (Paz-Díaz *et al*, 2021).

Estos compuestos también son muy utilizados en la producción de colorantes, polímeros, fungicidas y bebidas, en la detección de proteínas y alcaloides en laboratorio, en la industria farmacéutica, en el tratamiento de agua y como adhesivos para la producción de tableros aglomerados de madera (Gonçalves *et al.*, 2008; Gonçalves *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2007; Mori *et al.*, 2003; Rahman *et al.*, 2014; Vieira *et al.*, 2014)

Los taninos producidos de forma natural a partir de metabolitos secundarios en vegetales pueden ser encontrados en corteza, hojas, duramen y raíces de los árboles, esta familia de compuestos se puede dividir en dos grandes grupos, los hidrolizables y los condensables (Volz y Clause, 2001; Zhou y Du, 2019).

Se ha estudiado la actividad antioxidante de los taninos condensados *in vitro*, demostrando que neutralizan el radical libre hidroxilo, por lo que pueden ser secuestradores de radicales libres que inhiben la oxidación de tejidos, también han confirmado que tienen la capacidad de evitar la oxidación de lipoproteínas de baja densidad y por ello impide la formación de trombosis en individuos con padecimientos cardíacos. Los taninos hidrolizados se estructuran con porciones de glucosa y polioliol, y existen estudios de que tienen cierta actividad anticancerígena y antioxidante (Vázquez *et al*, 2012).

Los Fitoestrógenos

Otro grupo de metabolitos es el de los Fitoestrógenos, compuestos que antagonizan la acción de esteroides endógenos en el cuerpo humano. Estos son moléculas no esteroideas que se encuentran unidos a grupos oxo, ceto, hidroxilo o ésteres. Están compuestos por isoflavonas y lignanos (Leyva *et al*, 2011).

Las isoflavonas se centran en la actividad anticancerígena, reducen el riesgo del cáncer de mama; las acciones de estos compuestos actúan como inhibidor de enzimas que participan en el metabolismo de los esteroides, y en el estímulo de la globulina que enlaza las hormonas sexuales. Los lignanos (C6 C3) son parte del sistema de defensa química de la planta y se consideran como metabolitos secundarios del duramen en los árboles (Mayor, 2010); son oligómeros que resguardan a la planta de patógenos y actúan como antioxidantes (Leyva *et al*, 2011). Estos compuestos antioxidantes vegetales han sido determinados para resistir antes infecciones virológicas, bacterianas y fúngicas y los podemos obtener a partir de diversos alimentos (Ilustración 5).

Alimento	µg/100 g
Leche de soya	2957.2
Frijol de soya	103920
Tofu	27150.1
Lentejas	36.5
Alfalfa brote	441.4
Ajo	603.6
Brócoli	94.1
Arándanos	17.5
Semilla de girasol	216.0

Ilustración 5 Alimentos concentrados de fitoestrógenos

El tipo de metabolitos y la cantidad de ellos producidos por una especie depende de sus condiciones ambientales. La distribución geográfica de una especie también depende de la acción de factores ecológicos (biótico o abiótico) e históricos (conquistas, economía, política), con relación al medio terrestre, y en este caso la vida vegetal. Cultivos como

el de la Caña de azúcar, son afectados por condiciones ambientales y diversos factores biológicos, que afectan el desarrollo del vegetal, y por consiguiente ocasionan importante influencia en sus metabolitos (Tobon *et al*, 2015).

La ciencia que estudia la distribución geográfica de plantas se llama Fitogeografía o también conocida como Geobotánica, tratan de conocer el origen, adaptación y evolución del reino vegetal. Gracias a este estudio se ha logrado identificar el surgimiento y localidad, de diversas especies de plantas a nivel mundial. Las plantas medicinales se han distribuido con mayor frecuencia a causa de los beneficios curativos que brinda (Katinas *et al*, 2022).

Por ejemplo, la moringa (*Moringa oleifera Lam.*) es un árbol originario del sub Himalaya, pertenece a la familia de las Moringaceae, se localiza distribuida en todo el mundo, primordialmente en las regiones tropicales y subtropicales. Las hojas de esta planta han sido utilizadas en el tratamiento de enfermedades inflamatorias, infecciosas, desordenes gastrointestinales, cardiovasculares y hematológicas (Más Toro *et al*, 2017). Se distribuye en países como Grecia, Egipto, Pakistán, Nigeria, China, México, Guatemala, Colombia, Venezuela, Cuba, entre otros países con clima tropical seco (Estrada *et al*, 2016).

Las plantas que producen metabolitos antioxidantes, no solo exhiben propiedades medicinales, también se destacan en otras aplicaciones no asociadas al área médico-farmacológica, pero con impacto industrial en la elaboración de pinturas, materiales anticorrosivos y de recubrimientos. Los inhibidores verdes son una alternativa amigable para el medio ambiente, ya que nos permiten disminuir ciertos problemas que están afectando nuestro planeta, mediante el uso excesivo de los productos químicos sintéticos.

Existen investigaciones en las que se comparan los inhibidores verdes a base de frutas (aguacate y manzana verde) versus los inhibidores tradicionales de corrosión de metales (Agraje *et al*, 2019). También se ha investigado el potencial de los taninos de la corteza de *Pinus spp* para la elaboración de adhesivos térmicamente tratados (Goncalves *et al.*, 2021).

De igual manera, el jugo de albaricoque actúa como un inhibidor de la corrosión del acero suave con una eficacia de inhibición máxima al 75% a 30°C y el nivel máximo de concentración del inhibidor (Aprael *et al*, 2013). En estudios realizados en el 2016, se indica que la cáscara de la nuez de la India (*Anacardium occidentale*), es efectiva para el tratamiento superficial de metales, ya que su aceite obtenido, protege los metales de la corrosión (García *et al*, 2016).

Potencial antioxidante de las Algas

Además de las plantas terrestres, las especies vegetales de origen acuícola también se destacan como productores de antioxidantes, y muchas de esas son ampliamente utilizadas en la alimentación humana y de animales, así como en áreas médicas y farmacológicas, ya que presentan una variedad de metabolitos con actividad biológica diversa.

Las algas son organismos talófitos (tienen tallo, hojas y raíz) (Turmo, 2016) son eucariotas fotosintéticos que se encuentran distribuidas en varios hábitats, en suelos húmedos, ríos, lagos, y océanos (Beatriz Alves de Aguiara, 2022).

Estas especies vegetales tienen características únicas que las diferencian de otros organismos vivos, poseen una gran capacidad de adaptación a las condiciones ambientales, siendo capaces de producir una gran cantidad de sustancias biológicamente activas; su fácil adaptación al medio permite su rápido crecimiento, y la manipulación de las condiciones en las que se cultivan pueden permitir, así mismo, la producción a gran escala de determinados compuestos. Estos organismos fotosintéticos poseen estructuras reproductivas simples y pueden existir en forma de organismos unicelulares microscópicos, o de organismos multicelulares de gran tamaño (Ibáñez y Herrero, 2017).

Como su diversidad es extensa, las algas se clasifican según su tamaño, en macroalgas (Ilustración 6) como las algas pardas y microalgas como el fitoplancton (Beatriz Alves de Aguiara, 2022). Una característica destacable de las algas es que contrarrestan la formación de radicales libres que provocan oxidación, gracias a que poseen compuestos antioxidantes (Melo, 2019).

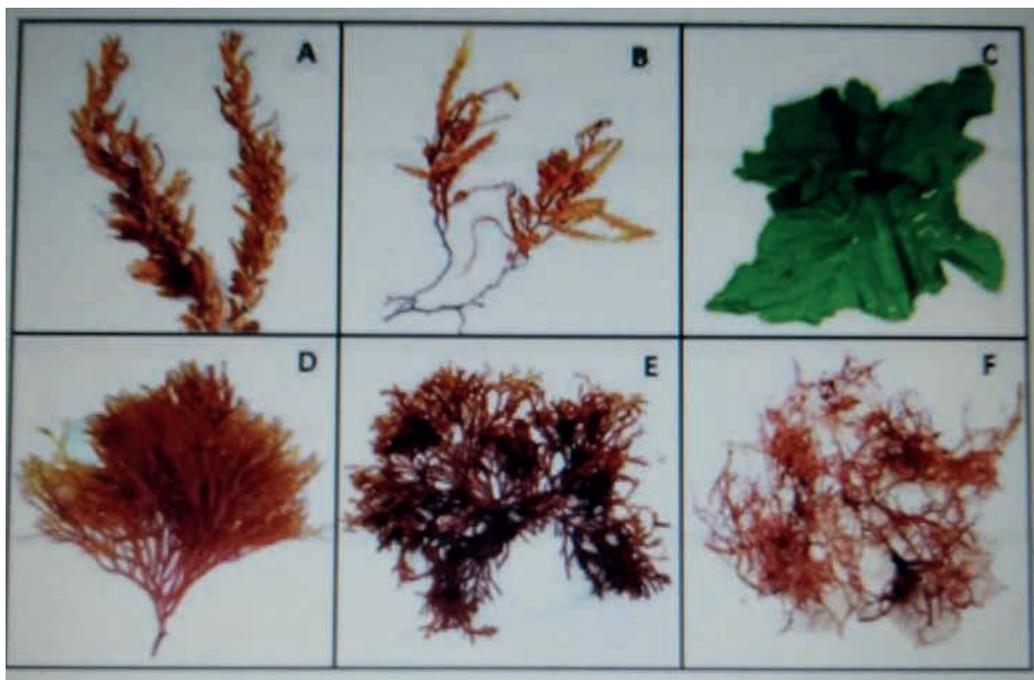


Ilustración 6 Macroalgas de consumo humano: A-B: *Sargassum* spp., C: *Ulva* sp., D: *Gracilaria* sp., E: *Bryothamnion* sp., F: *Hypnea* sp. (Espinoza, 2021).

Es importante recalcar los beneficios que las algas nos brindan, aparte de servicios ambientales que ellas facilitan a la biosfera, como ejemplo la obtención de oxígeno, aumentar

el nivel de la fertilidad de suelos y océanos, disminuir el impacto del calentamiento global mediante la captura de carbono y la formación de nubes, y formar la base de las cadenas tróficas de ambientes acuáticos; las algas han sido desde la antigüedad aprovechadas por el hombre como fuente de alimento, forraje, fertilizantes y remedios para combatir enfermedades. En la actualidad se les considera un recurso renovable (Salcedo, 2019).

Adicionalmente, podemos mencionar que las algas tienen un potente nivel nutritivo al ser ingeridas, y han demostrado su relevancia en diferentes áreas de la medicina y sus posibles propiedades a la farmacología, caracterizando su destacada acción antioxidante (Beatriz Alves de Aguiara, 2022).

Actualmente se han caracterizado como fuentes de compuestos bioactivos, por contener metabolitos secundarios, entre ellos compuestos antioxidantes, de los cuales se puede nombrar a los polisacáridos, carotenoides y diferentes compuestos fenólicos. En la actividad antioxidante de estos compuestos, los más reconocidos son los ácidos fenólicos, flavonoides y los florotaninos (Vidal Novoa, 2021).

Como organismos fotoautótrofos, las algas poseen la capacidad de producir sus propias sustancias defensivas contra la oxidación sin dañar su estructura. Esto las convierte en una valiosa fuente de antioxidantes poderosos que pueden proteger nuestro organismo de los efectos dañinos de las especies de oxígeno generadas durante el metabolismo corporal normal. Entre estos antioxidantes se destacan los carotenoides y la vitamina E, ambos liposolubles y abundantes en las algas. Asimismo, las vitaminas, las ficobiliproteínas y los polifenoles son otros antioxidantes hidrosolubles presentes en estas especies (Singh *et al*, 2016).

Algunas de las sustancias antioxidantes con mayor presencia en las algas se encuentran agrupadas en la Ilustración 6 (Henríquez, 2018 y Michalak, 2015).

ANTIOXIDANTES	Proteínas
	Micosporina Aminoácidos
	Glutación
	Polifenoles
	PUFAs
	Carotenoides
	Tocoferol
	Ascorbato

Ilustración 6 Propiedades antioxidantes en extractos de algas.

El término de antioxidantes hace referencia principalmente a pigmentos antioxidantes como clorofilas, carotenoides y compuestos fenólicos (Henríquez, 2018). Las propiedades antioxidantes de las algas pueden verse influenciadas por la presencia de moléculas como

carotenoides, los aminoácidos de tipo micosporina, los terpenoides y los polisacáridos sulfatados, aunque la mayoría de los investigadores creen que los compuestos polifenólicos como los ácidos fenólicos y cinámicos, florotaninos y bromofenoles, están entre los principales responsables de esta propiedad (Díaz, 2015).

Anteriormente hemos mencionado que los polifenoles son el conjunto de compuestos fenólicos más extenso de sustancias no energéticas en alimentos de origen vegetal, estos también están presentes en algas. Son un grupo de moléculas heterogéneas que tienen en su estructura conjuntos de fenoles, teniendo una fuerte actividad antioxidante para regular la actividad de algunas enzimas (Rojas, 2018).

También debemos mencionar al ácido ascórbico, más conocido como vitamina C, el cual ha sido reportado como una de las vitaminas producidas por diversas microalgas (Coronado-Reyes & González-Hernández, 2023).

Como metabolito, el ácido ascórbico es uno de los agentes antioxidantes y reductor poderoso, que puede reducir la acción perjudicial de los radicales libres, destacando sus principales funciones: neutralizar el oxígeno singlete (O_2), atrapar radicales hidroxilos, aniones superóxidos y regenerar la forma oxidada de la vitamina E. Además, ayuda a mejorar la absorción del hierro no-hemínico en alimentos de origen vegetal. También es importante y necesario para la formación y mantenimiento adecuado del material intercelular, sobre todo del colágeno. Esta vitamina no se sintetiza en el organismo, por lo que debe ser aportada por alimentos que contenga este compuesto (Rojas, 2018).

Las algas marinas tienen una gran fuente de compuestos antioxidantes, con distintas aplicaciones tanto en preservación de alimentos como en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades. La extensa multiplicidad de estructuras químicas presentes, y la complejidad de los extractos, hace necesario el fraccionamiento de estos para lograr identificar qué tipo de compuestos son los que intervienen en la actividad antioxidante. Con estas estrategias se ha conseguido reconocer y separar varios metabolitos, que por sus estructuras químicas son capaces de donar electrones o protones, inhibir reacciones de oxidación, entre otras. Los estudios que se han realizado sobre la constitución de los extractos algales están orientados especialmente para la obtención de antioxidantes naturales como una alternativa a los antioxidantes sintético (García, 2020).

Para estudiar el potencial antioxidante de las algas de una manera más eficiente, debemos tener en cuenta su clasificación general. Las macroalgas se pueden dividir según su color fotosintético, las que presentan clorofila son las algas verdes; las que producen ficoeritrina, algas rojas; las de pigmento carotenoide que se lo llama fucoxantina presente en algas pardas. (Beatriz Alves de Aguiara, 2022).

- Clorofíceas: contienen clorofila, caracterizadas por ser verdes.
- Feofíceas: algas pardas o marrones por la presencia de fucoxantina.
- Rodofíceas: pigmento ficoeritrina, tonalidad roja.

- Cianofíceas: se caracterizan por ser algas azuladas o debido a la presencia del pigmento ficocianina.

Antioxidantes presentes en algas pardas

Las algas pardas (*Phaeophyceae*) han sido usadas desde la antigüedad por parte de tribus que la utilizaban como laxante de extractos fermentados para contrarrestar venenos de algunos arbustos. Se ha encontrado poder antioxidante en forma de vitamina E o tocoferol, a parte que es antioxidante, es antiinflamatorio. También se ha demostrado niveles de polisacáridos con actividad anticoagulante.

Este tipo de algas se han destacado por tener extractos con capacidad antioxidante como fucooidanos, florotaninos, fucoxantina y laminaria. Las moléculas de fucanos y fucooidanos (formados a partir de α -L-fucopiranosas), otros polisacáridos que se hallan en las algas pardas, como la laminarina que pertenece a la familia de los glucanos identificados dentro de las vacuolas de las células, el alginato que es conocido como “carbohidrato coloidal hidrofílico” y otros metabolitos secundarios, como los carotenoides y los polifenoles, también se han reportado en la literatura con propiedades antioxidantes. La fucoxantina es muy importante en la estructura y composición de las algas pardas, ya que este es el pigmento orgánico que les da su color característico y favoreciendo al consumidor (Beatriz Alves de Aguiara, 2022).

Los polisacáridos que se encuentran en las algas pardas se hallan principalmente en forma de fucano y pocos en forma de alginato y laminarina. El fucooidan, polisacárido dominante, es el compuesto principalmente formado por grupos L-fucosa y sulfato, ha mostrado actividad antioxidante *in vitro* e *in vivo*, incluyendo una mejora significativa en las enfermedades mediadas por radicales libres (Zhang, 2020).

Se puede realizar ensayos de captación de radicales libres DPPH, el cual se utiliza para valorar la actividad antioxidante *in vitro* de las muestras. Los polisacáridos proveen hidrógeno o electrones a los radicales libres DPPH para formar moléculas estables (DPPH-H). El grupo atractor de electrones de los polisacáridos y las estructuras específicas activan los átomos de hidrógeno en los residuos de azúcar. Según estudios, se ha demostrado que los polisacáridos sulfatados procedentes de algas pardas poseen una fuerte acción de erradicación de radicales libres de DPPH y capacidad de reducción (Zhang, 2020).

De las paredes de las algas pardas se realizan extracciones de ácido alginico que se recupera en forma de su sal de calcio o alginato. El alginato es un polímero compuesto de monómeros de ácido D- manurónico y L-gulurónico que se obtiene de algas pardas como *Macrocystis*, *Laminaria* y *Ascophyllum* y se utiliza en la industria farmacéutica y alimenticia como estabilizante de emulsiones y suspensiones (Salcedo, 2019).

El fucooidan que se encuentra en las macroalgas pardas, es un polisacárido sulfurado de la pared celular compuesto por una mezcla de monosacáridos como la glucosa, xilosa,

fucosa y galactosa, tiene acciones antiinflamatorias correlacionada con su actividad antioxidante y anticancerígena, debido a que induce la apoptosis celular originando la actividad de caspasas, o suprime la angiogénesis previniendo la formación de capilares sanguíneos (Salcedo, 2019), también puede aliviar el daño corporal causado por el estrés oxidativo mediante la regulación del sistema de defensas de antioxidantes del cuerpo (Zhang, 2020).

Algunos científicos han determinado el potencial antioxidante de diferentes porciones de un extracto metanólico del alga parda *Ecklonia cava* (antimicrobianas y anticancerígenas eficientes), con la utilización de varios modelos *in vitro*, estableciendo el poder reductor y la capacidad de inhibir la peroxidación lipídica y de quelar iones Fe^{2+} . Finiquitaron que las fracciones más hidrofílicas mostraban mayor actividad antioxidante y guardaban una relación directa con el contenido de polifenoles, es decir, que en la composición del alga están presentes diferentes tipos de estos, lo que pudiera explicar las diferencias en la actividad antioxidante por fracciones. En la utilización de métodos y técnicas que evalúan la actividad antioxidante como ABTS y DPPH, permitió identificar una mejor actividad en las algas pardas. Las propiedades antioxidantes de esta alga pueden aliviar importantes problemas de salud, como la lesión por estrés oxidativo inducida por alcohol de las células hepáticas HepG2, por lo cual puede tener una aplicación potencial perspectiva en el desarrollo futuro de antioxidantes (Liyuan *et al*, 2021).

Antioxidantes presentes en algas verdes

En el caso de las algas verdes, éstas producen clorofila A y B (Beatriz Alves de Aguiara, 2022) por lo cual requieren estar a niveles cercanos a la luz con el fin producir fotosíntesis para sobrevivir (García, 2020). Los principales heteropolisacáridos sulfatados de las algas verdes se llaman Ulvas (Ruas-Madiedo, 2015).

Su diversidad varía según su morfología y organización general, tienen gran flexibilidad en su desarrollo y metabolismo, llevándolas a colonizar numerosos hábitats. Acumulan almidón dentro del cloroplasto. Su pared celular está compuesta principalmente por celulosa, y en algunos casos presenta además otros polímeros o está calcificada. Viven en ambientes marinos costeros formando parte del nanoplancton, aunque también es posible encontrarlas en aguas dulces, lagos y ríos. Las macroalgas verdes están compuestas de muchos polisacáridos, entre ellos destaca el ulvan. Ulvan está principalmente formado de series de reproducciones de disacáridos compuestos de ramnosa sulfatada, ácido glucurónico, y ácido idurónico (Consuegra, 2014).

En las algas verdes se han registrado compuestos como hidratos de carbono, polifenoles, taninos, compuestos fenólicos, esteroides, triterpenos y cardenólidos (Molina, 2019). Los polisacáridos de algas verdes, se componen especialmente de α -l-ramnosa, xilosa, ácido glucurónico, idurónico y sulfato. Estos no solo tienen potencial como antioxidante y material antioxidante para la industria alimentaria, sino que también tienen

potencial como agente hepatoprotector para la industria farmacéutica (Zhang, 2020).

Las algas verdes del género *Ulva* podrían ser uno de los mayores en contener componentes bioactivos adecuados para diseñar alimentos funcionales, aunque en la actualidad se ha centrado en sus aplicaciones médicas debido a los polisacáridos. Se ha desarrollado con este tipo de alga nuevos productos que aportan proteínas de alta calidad, minerales, fibra, ácidos grasos esenciales, carotenoides, entre otros (García, 2020).

No existen florotaninos en las algas verdes, los cuales son compuestos fenólicos altamente polares, pero se han reportado otros fenoles, principalmente el ácido gálico como responsable el de la actividad antioxidante, además de la presencia de bromofenoles, los cuales presentan una polaridad menor acorde a los resultados de las investigaciones de los científicos. Estas algas tienen menor contenido fenólico que las pardas, sin embargo contienen mayor proporción de proteínas (Consuegra, 2014).

Antioxidantes presentes en algas rojas

En relación con las algas rojas, estas están constituidas por los géneros *Porphyra*, *Palmaria*, *Gracilaria*, *Gelidium* y *Euclima*. Como grupo, representan una importante fuente de proteínas que contienen todos los aminoácidos esenciales, que podrían ser beneficiosas en la prevención o tratamiento de enfermedades neurodegenerativas causadas por el estrés oxidativo (Alzheimer y Parkinson) debido a sus efectos antioxidantes (Gutiérrez, 2017).

Las algas pertenecientes a este grupo pueden medir 20 metros de longitud y hasta 2 metros de ancho, se cree que este tipo de algas son las de mayor tamaño (Turmo, 2016). Otro ejemplo son las algas rojas coralinas (rodofitas) que habitan en diferentes costas, coloreando estas regiones con una hermosa tonalidad roja o rosada, y son tan duras y afiladas que, de ser pisadas, causarían dolor al pie descalzo. Entre sus diminutas ramas, muchos organismos se desarrollan y encuentran refugio. La fotosíntesis de las algas coralinas conduce a la formación de estructuras de carbonatos con una arquitectura fascinante (León *et al*, 2019).

Bryothamnion triquetrum (S. G. Gmelin) también es un alga marina roja que crece en áreas poco profundas y por tanto expuesta a notables niveles de radiación solar. Esto pudiera conducir a la formación de radicales libres. Entonces la ausencia de daños oxidativos en sus componentes estructurales y fisiológicos evidencian un eficiente sistema de defensas antioxidantes (Mannino y Micheli, 2020).

Las propiedades antioxidantes de *B. triquetrum* se pueden explicar al menos parcialmente por su contenido en los ácidos fenólicos t-cinámico, p-coumárico y ferúlico, así como de otros metabolitos antioxidantes, lo cual la ubica como una promisorio fuente de antioxidantes naturales con aplicaciones como fitofármaco y/o nutracéutico (Vidal *et al*, 2021).

Con respecto a los polisacáridos de las algas rojas, producen principalmente galactanos-sulfatados como agar o carragenanos (Ruas-Madiedo, 2015). Un ejemplo de

ello es el alga roja *Schizymenia pacifica*, de la cual se aislaron un carragenano lambda, que resultó ser un poderoso inhibidor de la transcriptasa reversa del virus de inmunodeficiencia humana (HIV) y de la adsorción viral; también se han aislado galactanos activos contra HIV, herpes simplex (HSV) y otros virus envueltos a partir de las algas rojas.

Otra alga roja es *Rhodymenia howeana* que se reconoce como un alimento rico en nutrientes por su elevado valor proteico y bajo contenido de calorías, además de compuestos antioxidantes como polifenoles y niveles altos de hierro y zinc, por lo que podría ser usado como suplemento de dietas para humanos y animales (Rojas, 2018).

Según varios estudios, los polisacáridos de las algas rojas tienen menor actividad de captación de radicales hidroxilos. Estos pueden aliviar el daño de los órganos del tracto digestivo y el hígado a través de la mediación del estrés oxidativo (Zhang, 2020).

La producción de agar también es un punto de atención para las algas rojas. El alga roja *Gelidium sesquipedale* es el principal recurso en la industria española para la producción de agar de alta calidad. Como consecuencia del proceso industrial para la extracción del agar, se generan grandes cantidades de un residuo sólido que contiene importantes cantidades de compuestos de interés como proteínas (21%) y carbohidratos (37%). Es posible aprovechar el residuo sólido a partir de un concepto de biorrefinería, transformándolo en componentes de interés que puedan ser reincorporados al proceso industrial. Para ello, se realiza una valorización integral del subproducto mediante tecnologías novedosas y respetuosas con el medio ambiente, que permiten la extracción de la fracción proteica, carbono orgánico total, polifenoles totales y actividad antioxidante, ésta última tiene una correlación positiva con la concentración de polifenoles totales (Andrés *et al*, 2021).

Antioxidantes presentes en algas azul verdosa

Las algas azul verdosas son microalgas que producen antioxidantes como respuesta a la protección de daño producido por los distintos tipos de estrés, por ejemplo, los rayos UV y la temperatura. Factores físicos como la luz conllevan a aumentar carotenoides en las células de estas algas (Henriquez, 2018).

Las sustancias fotoprotectoras presentes en las algas marinas exhiben una amplia gama de actividades biológicas, tales como la absorción de rayos ultravioleta, antioxidantes, inhibidores de la matriz metaloproteínasa, propiedades antienvjecimiento y actividades inmunomoduladoras. Estas características hacen que estas sustancias bioactivas derivadas de algas marinas tengan un gran potencial para su uso en productos para el cuidado de la piel, cosméticos y aplicaciones farmacéuticas (Mondal *et al*, 2020).

Entre las algas azul verdosas más utilizadas están las del género *Spirulina*, que contienen varios nutrientes, implican alrededor del 65% de proteína, vitaminas E, complejo B, ficocianina, clorofila, β -caroteno, la superóxido dismutasa, y numerosos minerales. También presentan altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados y ácido linolénico.

Spirulina se considera la primera procariota encontrada que contienen ferredoxina estable y fácilmente extraíble. El pigmento más abundante es la Ficocianina unido a proteínas en cianobacterias y conforman más del 20% de su peso seco. En vista de su contenido de nutrientes, se piensa que es adecuado como un alimento funcional (Giannuzzi, 2017).

La clasificación de *Spirulina* como alga verde – azulada se debe a su composición química, la tonalidad verde es por la clorofila y la tonalidad azulada es por la ficocianina, esta especie cuenta con diversas aplicaciones, de la espirulina como suplemento alimenticio, en la salud y la industria (Galarza *et al*, 2022).

Este grupo de algas también se les conoce como cianobacterias marinas, y son una valiosa fuente de compuestos bioactivos con diversas aplicaciones en la salud humana, biocombustibles, cosméticos y biorremediación (Perera *et al*, 2023).

Las cianobacterias se encuentran entre los organismos vivos más antiguos del planeta y se pueden hallar en todos los ecosistemas de la Tierra, desde océanos, ríos y lagos de agua dulce hasta fuentes termales y desiertos. Aparte de su papel ecológico en los ciclos globales del carbono y el nitrógeno, las cianobacterias se están convirtiendo en un chasis cada vez más atractivo en la producción biotecnológica de compuestos de alto valor añadido, pues los requerimientos para su crecimiento, luz y CO₂, son mínimos, gratuitos y abundantes. Si bien diversas cianobacterias, sobre todo *Synechocystis* spp. y *Synechococcus* spp., han sido ya caracterizadas para su aplicación industrial, muchas de ellas crecen en condiciones muy concretas, principalmente en condiciones controladas de laboratorio. Por este motivo, continuamente se buscan nuevas cianobacterias que puedan utilizarse como chasis o bien aporten genes de interés en biotecnología. Por lo tanto, es importante estudiar la diversidad de cianobacterias para poder desarrollar su potencial para beneficio humano (Baldanta Callejo, 2022).

Estos microorganismos han sido ampliamente estudiados debido a sus propiedades fotoprotectoras naturales, que se deben a sus sustancias bioactivas únicas adquiridas como adaptación al entorno marino extremo y una serie de parámetros físicos. Entre las sustancias fotoprotectoras se encuentran aminoácidos similares a la micosporina, polisacáridos sulfatados, carotenoides y polifenoles (Pangestuti, Siahaan y Kim, 2018).

Antioxidantes presentes en fitoplancton

El fitoplancton está compuesto por distintas especies que varían en tamaño (hasta 7 órdenes de magnitud) y en niveles de organización (i.e., unicelular, cenobio, colonial y filamentosos) (Bonilla and Pick 2017).

La biomasa del fitoplancton es una variable que se usa en estudios de ecología y en monitoreos de floraciones de cianobacterias potencialmente tóxicas (López Magaña, 2022), ya que las cianobacterias planctónicas pueden crecer y acumularse formando floraciones como consecuencia de temperaturas elevadas, enriquecimiento de nitrógeno y fósforo o condiciones hidráulicas particulares, como el tiempo de residencia y niveles hídricos bajos

(Bonilla and Pick 2017; Huisman *et al*, 2018).

Estos organismos producen toxinas peligrosas para el ser humano, lo cual limita o impide los distintos usos del recurso hídrico y ocasiona cambios en las tramas tróficas y la biodiversidad del ecosistema acuático (Carmichael and Boyer 2016; Svirčev *et al*, 2019).

El caroteno y otros carotenoides, como la astaxantina y luteína, forman parte integral del aparato fotosintético de las microalgas y funcionan como pigmentos antioxidantes contra los productos activos del oxígeno que se forman a partir de la fotooxidación. Existen varios informes sobre la evaluación de la actividad antioxidante de algunas especies pertenecientes a los géneros *Botryococcus*, *Chlorella*, *Dunaliella*, *Nostoc*, *Phaeodactylum*, *Polysiphonia*, *Scytosiphon*, y *Spirulina* (Shaish, Avron, Pick, & Ben-Amotz, 1993).

En general, los carotenoides tienen dos funciones importantes en los organismos fotosintéticos, actuando como pigmentos accesorios captadores de luz y protegiendo el aparato fotosintético del estrés mediado por la luz (Skulberg, 2006).

En países asiáticos las algas han sido consumidas desde épocas milenarias, éstas se consumen en diversas preparaciones. Mientras que en países occidentales su utilización es menor. La reciente popularidad de sushi y comida asiática en países de Latinoamérica, como por ejemplo en Chile, ha estimulado el consumo de algas, además se incorporan en diversas preparaciones tradicionales, pero aun así su ingesta sigue siendo muy baja (Quitral *et al*, 2019).

Actualmente, el uso de las algas se enfoca en diversas áreas de aplicación; las algas son consideradas como el tipo de biomasa con mayor probabilidad de proporcionar cantidades suficientes de combustibles sin afectar el suministro de alimentos. Se han desarrollado varias tecnologías con el objetivo de obtener biocombustible a partir de algas (Piloni, 2019).

Sin embargo, esta revisión deja en evidencia que las algas son un recurso valioso para la obtención de sustancias muy útiles en beneficio de la vida y del ambiente, especialmente en el campo de aplicación de los compuestos antioxidantes.

4 | CONCLUSIONES

Los resultados de esta revisión confirman y mejoran la proyección de plantas medicinales antioxidantes, tanto de origen terrestre como acuícola, como fuente importante de metabolitos (taninos, polifenoles, flavonoides, fitoestrógenos, polisacáridos, vitaminas), cuya actividad podría refinarse en sistemas biotecnológicos, para comprender su comportamiento en escenarios funcionales más reales y de mayor éxito.

Así mismo, se generó un perfil basado en las experimentaciones de diversos autores, para producir, transformar y obtener sustancias con aplicaciones antioxidantes que permitan combatir los efectos de los radicales libres y del stress oxidativo en la salud, tanto humana como animal.

Además, se destacan otras aplicaciones no asociadas al área médico-farmacológica, pero con impacto industrial en la elaboración de pinturas, materiales anticorrosivos y de recubrimientos, en los que se resaltan los inhibidores verdes de corrosión de metales, así como el uso de plantas acuáticas y terrestres para la producción de sustancias comerciales y materias primas de diversas industrias.

REFERENCIAS

- Accame, M. E. C. (2009). Actividad terapéutica de la corteza de canela. *Panorama actual del medicamento*, 33 (325), 733.
- Agraje, Z., Barahona, I., Quíroz, J., Pino, H, Hernández, C., Saavedra, C. (2019). Análisis comparativo de inhibidores verdes vs inhibidores tradicionales en la corrosión de metales. *RIC 5* (2): 83 – 89.
- Aleman Bay, C. (2011) La región de «CANELOS» y el referente de la canela 1en el continente Americano2. *HISTORIA/CULTURA*, 31.
- Alvarado Chávez, B. (2017). Actividad antioxidante y citotóxica de 35 plantas medicinales de la Cordillera Negra.
- Alves de Aguiar, B., de Oliveira Silva, J. K., dos Santos Bezerra, J. L., de Queiroz Rodríguez, A., Oliveira Araújo, L., & Paulini, F. (2022). Composición, estructura, aislamiento y actividad antioxidante de metabolitos secundarios de algas pardas. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 53 (3): 268 – 287.
- Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D. G. & Lightfoot, D. A. (2017). Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts. *Plants*, 6, 1-23. DOI: 10.3390/ plants6040042.
- Andrés, E. T., Riaño, P. A., Díez, T. S., & Calvo, S. B. (2021). Valorización del residuo del alga roja tras la extracción industrial de agar mediante tratamiento con agua subcrítica y extracción enzimática asistida. In *VII Jornadas de Doctorandos de la Universidad de Burgos [Recurso electrónico]* (pp. 437-450). Servicio de Publicaciones e Imagen Institucional.
- Antonio-Alegría, L., de la Luz Sánchez-Mundo, M., Sánchez-Zacarías, M. A., & Hernández-Nava, R. G. (2021). Perfil proteico, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de hoja de moringa (*Moringa oleífera*). *RINDERESU*, 5(2).
- Aprael S., Yaro Anees A., Khadom Rafal K. Wael. (2013). Jugo de albaricoque como inhibidor de la corrosión verde del acero suave en ácido fosfórico. *Revista Alexandria Engineering* 52 (1): 129-135.
- Arcos-Torres, J. F., Erazo-Sandoval, N. S., & Quishpe-Quishpi, F. E. (2022). Caracterización de Suelos Asociados a la Rizosfera de Mortiño (*Vaccinium Floribundum* Kunth) en los Páramos de Ganquis y Cubillín de la Provincia de Chimborazo. *Domino de las Ciencias*, 8(1), 482-502.
- Avello Lorca, M., López Canales, C., Gatica Valenzuela, C., Bustos Concha, E., Brieva Chait, A., Pastene Navarrete, E., & Bittner Berner, M. (2012). Efectos antimicrobianos de extractos de plantas chilenas de las familias Lauraceae y Atherospermataceae. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(1), 73-83.
- Baldanta Callejo, S. (2022). Desarrollo de herramientas biotecnológicas en cianobacterias.

- Balmont, C. C. (2014). Cinamaldehído: no sólo un dulce aroma. *Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, 14, 1-4.
- Benítez-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., González-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V. E., Puga-Díaz, R., & Quintero-Gutiérrez, A. G. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23.
- Bonilla, S., and F. R. Pick. 2017. Freshwater bloom-forming cyanobacteria and anthropogenic change. e-lecture. *Limnology and Oceanography* 7:1-62.
- Carmichael, W. W., and G. L. Boyer. 2016. Health impacts from cyanobacteria harmful algae blooms: Implications for the North American Great Lakes. *Harmful Algae* 54:194-212.
- Castaño Corredor, M. P. (2008). Maca (*Lepidium peruvianum Chacón*): composición química y propiedades farmacológicas. *Rev. fitoter*, 21-28.
- Castillo, F. M. O., Pita, M. D. L. Á. B., Veig, D., Gonzalez, N. P. V., & Herrera, A. M. (2019). Efectos antioxidantes de Moringa oleifera LAM en vitroplantas de banano clon Williams enraizadas en sistemas de inmersión temporal RITA. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 57-63.
- Castro Castro, L. J., & Sosoranga Valencia, S. L. (2020). Evaluación fitoquímica y actividad antioxidante de los extractos hidroalcohólicos en hojas y flores de *Chuquiraga jussieuif jf gmel* (asteraceae) (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas).
- Castro-Restrepo, D., Díaz-García, J. J., Serna-Betancur, R., Martínez-Tobón, M. D., Urrea, P. A., Muñoz-Durango, K., & Osorio-Durango, E. J. (2013). Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales.
- Chavan, P., Singh, A. K. & Kaur, G. (2018). Recent progress in the utilization of industrial waste and by-products of citrus fruits: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 41, e12895. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12895>.
- Consuegra Valenzuela, V. A. (2014). Extracción de antioxidantes polifenólicos desde macroalgas *macrocystis pyrifera* y *ulva rígida*.
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
- Coronado-Reyes, J. A., & González-Hernández, J. C. (2023). Vitamins from microalgae. En *Handbook of Food and Feed from Microalgae: Production, Application, Regulation, and Sustainability* (pp. 111-115).
- Cortes, M. (2016). Estudio de factibilidad para la elaboración de fruta confitada a partir de la cáscara de sandía (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Culqui, H. H., Zumaeta, C. R. B., Quintana, S. G. C., & Silva, E. A. A. (2021). Evaluación de la capacidad antioxidante y actividad antibacteriana del extracto acuoso y etanólico de *Cymbopogon citratus*. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(2), 9-15.

- De Lima Silva, F., Sugauara, E. Y. Y., Magalhães, H. M., Pascotto, C. R., Colauto, N. B., Linde, G. A., ... & GAZIM, Z. (2014). Atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Cymbopogon citratus*. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 17(3).
- Díaz Gutierrez, D., Méndez Ortega, W., Oliveira e Silva, A. M. D., Zaldivar Muñoz, C., Mancini-Filho, J., & Vidal Novoa, A. (2015). Comparación de las propiedades antioxidantes y contenido de polifenoles de extractos acuosos de las algas marinas *Bryothamnion triquetrum* y *Halimeda opuntia*. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 56(2), 89-99.
- Domínguez, E., & Ordoñez, E. (2018). Evaluación de la actividad antioxidante, vitamina c de zumos cítricos de lima dulce (*Citrus limetta*), limón tahití (*Citrus latifolia*), limón rugoso (*Citrus jambhiri lush*) y mandarina cleopatra (*Citrus reshni*) almacenados en refrigeración. *RevIA*, 3 (1).
- Echavarría, B., Franco, A., & Martínez, A. (2009). Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del Caribe Colombiano. *Vitae*, 16(1), 126-131.
- El-Hadary, A. E., Elsanhoty, R. M. & Ramadan, M. F. (2019). *In vivo* protective effect of *Rosmarinus officinalis* oil against carbon tetrachloride (CCl₄)-induced hepatotoxicity in rats. *PharmaNutrition*, 9, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2019.100151>.
- Estrada-Hernández, O., Hernández-Rodríguez, O. A., & Guerrero-Prieto, V. M. (2016). Múltiples formas de aprovechar los beneficios de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Tecnociencia Chihuahua*, 10(2).
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González González, M. (2021). Potencial de las macroalgas marinas como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *Centro Agrícola*, 48(3), 81-92.
- Fernández-Cusimamani, E., Espinel-Jara, V., Gordillo-Alarcón, S., Castillo-Andrade, R., Žiarovská, J., & Zepeda-Del Valle, J. M. (2019). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas en tres cantones de la provincia Imbabura, Ecuador. *Agrociencia*, 53 (5), 797-810.
- Fonseca-García, L., Calderón-Jaimes, L., & Rivera, M. (2014). Capacidad antioxidante y contenido de fenoles en café y subproductos del café producido y comercializado en norte de Santander (Colombia). *Vitae*, 21(3), 228-236.
- Galarza, K. O., & Calero, W. M. (2022). Aplicaciones de la espirulina-planta marina: revisión panorámica. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 2, 174-174.
- García, A. Á., & Carril, E. P. U. (2011). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*, 2 (3).
- García, F. S. (2020). Caracterización de las propiedades del alga verde *Ulva rigida* recolectada en los esteros gaditanos. *ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ALIMENTARIO DEL ALGA VERDE Ulva spp. DE LOS ESTEROS GADITANOS*, 277.
- García, P., Guerra, L., Quintero, J., Rodríguez, D., Sosa, Y. (2016). Extracción del aceite de la cáscara de la nuez de la India (*Anacardium Occidentale*) para el tratamiento superficial de metales. *Revista de Iniciación Científica* 2 (2).
- Gómez, E. S. O., López, A., & Reátegui, D. (2020). Infusiones de plantas medicinales: Actividad antioxidante y fenoles totales. *Agroindustrial Science*, 10(3), 259-266.

Gómez Perero, E. P., & Lazo Barriga, S. M. (2022). Análisis bibliográficos de los estudios realizados a los componentes de la *Calendula officinalis* y *Arnica montana* en el tratamiento dérmico (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas).

Gómez Ruiz, L. R. (2017). Evaluación de la actividad antioxidante en los extractos obtenidos por CO₂ supercrítico de dos especies vegetales *Plantago major* (*plantaginaceae*) y *Arnica montana* (*asteraceae*).

Giannuzzi, L., & Petnensky, T. (2017). Potencial riesgo a la salud de los suplementos dietarios que contienen algas azul-verdosas.

Gonçalves, F. G., Lelis, R. C. C., & Oliveira, J. T. S. (2008). Influência da composição da resina tanino-ureia-formaldeído nas propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas. *Revista Árvore*, 32(4), 715-722. doi: 10.1590/S0100-67622008000400013.

Gonçalves, F. G., Lelis, R. C. C., Oliveira, J. T. S., Garcia, R. A., & Brito, E. O. (2017). Chapas aglomeradas confeccionadas com ureiaformaldeído sob adição de tanino em pó. *Ciência Florestal*, 27(4), 1349-1363. doi: 10.5902/1980509830216.

Gonçalves, F. G., Chaves, I. L. S., Fassarella, M. V., Brito, A. S., Silva, É. S. G. D., López, Y. M., & Oliveira, R. E. G. D. (2021). Extracción de taninos de la corteza de *Pinus* spp tratada térmicamente-aplicación como adhesivo. *Madera y bosques*, 27 (1).

Gutiérrez Cuesta, R., González García, K. L., Hernández Rivera, Y., Acosta Suárez, Y., & Marrero Delange, D. (2017). Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes.

Henríquez Ramírez, J. A. (2018). Actividad antioxidante de las microalgas *Chlamydomonas* sp. y *Pediastrum* sp. como respuesta a la radiación UV y altitud de origen.

Huisman, J., G. A. Codd, H. W. Paerl, B. W. Ibelings, J. M. H. Verspagen, and P. M. Visser. 2018. Cyanobacterial blooms. *Nature Reviews Microbiology* 16:471-483.

Ibáñez, E., & Herrero, M. (2017). *Las algas que comemos* (Vol. 81). Los libros de la Catarata.

Kim, J. H. & Kim, M. Y. (2016). The potential use of Citrus juice waste as sources of natural phenolic antioxidants. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 6(12), 202-205. DOI: 10.7324/JAPS.2016.601230.

Kim, Y. H., Ogata, T., & Nakano, Y. (2007). Kinetic analysis of palladium (II) adsorption process on condensed-tannin gel based on redox reaction models. *Water Research*, 41 (4), 3043-3050. doi: 10.1016/j.watres.2007.02.016.

Jaisan, C., & Punbusayakul, N. (2016). Development of coffee pulp extract- incorporated chitosan film and its antimicrobial and antioxidant activities. *KKU Research Journal*, 21 (14 Suppl.), 140-149. doi: 10.14456/kkurj.2016.17.

Jiménez, C. I. E., Martínez, E. Y. C., & Fonseca, J. G. (2009). Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM*, 52(2), 73-5.

Katinas, L., Guerrero, E. L., & Hiriart, F. D. D. (2022). La Fitogeografía de Joaquín Frenguelli y de Ángel Lulio Cabrera y el predominio de una visión biogeográfica histórica. *Revista del Museo de La Plata*, 7(2), 81-94.

- Kolodziejczyk-Czepas, J., M. Bijak, J. Saluk, M. B. Ponczek, H. M. Zbikowska, P. Nowak, M. Tsirigotis-Maniecka, and I. Pawlaczyk. 2015. Radical scavenging and antioxidant effects of *Matricaria chamomilla* polyphenolic-polysaccharide conjugates. *Int. J. Biol. Macromol.* 72: 1152-58.
- León Álvarez, D., López Gómez, N. A., Ponce Márquez, M. E., Núñez Resendiz, M. L., Candelaria Silva, C. F., Cruz Rodríguez, A., & Rodríguez Vargas, D. (2019). Géneros de algas marinas tropicales de México. Algas rojas.
- Leyva, E., Navarro-Tovar, G., Loredó-Carrillo, S. E., & Santos, D. M. S. (2011). Biosíntesis y actividad biológica de fitoestrógenos y fitoesteroides. *Bol. Soc. Quím. Méx*, 5(2), 3.
- Liyuan, L., Shengtao, Y., Zhenbang, X., Pengzhi, H., Shengli, S., Chunxia, Z. and Zhong-Ji, Q. (2021). The Inhibition Effect of the Seaweed Polyphenol, 7-Phloro-Eckol from *Ecklonia cava* on Alcohol-Induced Oxidative Stress in HepG2/CYP2E1 Cells. *Mar. Drugs*, 19: 158. <https://doi.org/10.3390/md19030158>.
- Lindorf, H. (2002). La nuez moscada y la canela en América. *Acta Bótanica Venezuelica*, 25(1), 97-102.
- López Magaña, J. L. (2022). Variabilidad espacio-temporal del fitoplancton en la región sur del Golfo de California.
- Lorenzo, M.; Sichetti M. P.E. 2016. Phenolic compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 6(8): 709-719.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2013. Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023. Ginebra, Suiza. 75 p.
- Maldonado, C., Paniagua-Zambrana, N., Busmann, R. W., Zenteno-Ruiz, F. S., & Fuentes, A. F. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia*, 55 (1), 1-5.
- Mannino, A.M., y C. Micheli (2020). Ecological Function of Phenolic Compounds from Mediterranean Furoid Algae and Seagrasses: An Overview on the Genus *Cystoseira* sensu lato and *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *J. Mar. Sci. Eng.* 8 (19): 1-19.
- Más Toro, D., Martínez Aguilar, Y., Rodríguez Bertot, R., Pupo Torres, G., Rosabal Nava, O., & Olmo González, C. (2017). Análisis preliminar de los metabolitos secundarios de polvos mixtos de hojas de plantas medicinales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 22(1), 0-0.
- Mayor Oxilia, R. (2010). Estrés oxidativo y sistema de defensa antioxidante. *Revista del instituto de medicina tropical*, 5(2), 23-29.
- Melo Saca, M. J. (2019). Marcha fitoquímica, contenido de fenoles totales y propiedades antioxidante, anti-elastasa y anti-colagenasa de extractos etanólicos de macroalgas del litoral peruano.
- Michalak, I. y Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, 15(2): 160-176.
- Mite, A. I. A., Loor, J. L. M., Casillas, D. O. C., & Larreta, F. S. G. (2022). Estudio Comparativo de la Composición Química, Fenoles Totales y Actividad Antioxidante de *Citrus sintesis*, *Citrus reticulata* y *Citrus máxima*. *RECIAMUC*, 6(3), 535-545.

Mondal, A., Bose, S., Banerjee, S., Patra, J.K., Malik, J., Mandal, S.K., Kilpatrick, K.L., Das, G., Kerry, R.G., & Fimognari, C. (2020). Marine cyanobacteria and microalgae metabolites—A rich source of potential anticancer drugs. *Mar. Drugs*, 18: 476. <https://doi.org/10.3390/md18100476>.

Moreno, L. G. N., Agosto, J. G., & Hipólito, C. N. (2023). Composición fitoquímica y propiedades antioxidantes de la planta mala madre (*Kalanchoe pinnata*). *South Florida Journal of Development*, 4(1), 201-214.

Mori, F. A., Mori, C. L. S. O., Mendes, L. M., Silva, J. R. M., & Melo, V. M. (2003). Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). *Floresta e Ambiente*, 10 (1), 86-92.

Nieto, G., Ros, G. & Castillo, J. (2018). Antioxidant and Antimicrobial Properties of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A Review. *Medicines*, 5, 1-13. DOI: 10.3390/medicines5030098.

Ojeda, C. M., Ramos, D. A., & Núñez, I. C. (2020). Cuantificación de fenoles y flavonoides totales en un extracto blando de flores de *Calendula officinalis* Linn. *Orange Journal*, 2(3), 20-31.

Ojito Ramos, K., Herrera Sánchez, Y., Vega Pérez, N., & Portal Villafaña, O. (2012). Actividad antioxidante *in vitro* y toxicidad de extractos hidroalcohólicos de hojas de *Citrus* spp. (Rutaceae). *Revista cubana de plantas medicinales*, 17(4), 368-379.

Palomino, L. R., García, C. M., Rojano, B. A., & Diego, L. (2009). Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia). *Vitae*, 16(3), 388-395.

Pangestuti, R., Siahaan, E. A., & Kim, S. K. (2018). Photoprotective Substances Derived from Marine Algae. *Marine drugs*, 16(11), 399. <https://doi.org/10.3390/md16110399>

Pascal, C., & Maritsa, L. (2015). Efecto antifúngico del aceite esencial del *origanum vulgare* (orégano) y *cymbopogon citratus* (hierba luisa), sobre cepas de *Candida albicans* en comparación con la nistatina estudio *in vitro* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Paz-Díaz, H. J., Agudelo-Beltrán, A. Y., Plata-Pastor, D. A., Pacheco-Valderrama, M., Salazar-Beleño, A. M., & Murillo-Méndez, C. J. (2021). Extracto de taninos del fruto piñón de oreja (*Enterolobium cyclocarpum*) como curtiente para piel de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*). *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19 (1), 180-190.

Pérez-Hernández, L. M., Chávez-Quiroz, K., Medina-Juárez, L. Á., & Gámez Meza, N. (2013). Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*. *Biotechnia*, 15(1), 51-56. Recuperado de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotechnia/article/view/136/128>.

Piloni, R. V. (2019). Pirólisis rápida de algas: obtención de productos de alto valor agregado.

Quitral, V., Jofré, M. J., Rojas, N., Romero, N., & Valdés, I. (2019). Algas marinas como ingrediente funcional en productos cárnicos. *Revista chilena de nutrición*, 46(2), 181-189.

Rahman, M. M., Akter, N., Karim, M. R., Ahmad, N., Mohammed, M. R., Siddiquey, I. A., Bahadur, N. M., & Hasnat, M. A. (2014). Optimization, kinetic and thermodynamic studies for removal of brilliant red (X-3B) using tannin gel. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2 (1), 76-83. doi: 10.1016/j.jece.2013.11.023.

- Reyes Pillajo, I. Y. (2017). Evaluación de la cantidad antioxidante y antibacteriano de los frutos rojos sobre cepas de *Streptococcus Mutans*: estudio *in vitro* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Rojano, B. A., & Gaviria, C. A. (2008). Determinación de la actividad antioxidante en un modelo de peroxidación lipídica de mantequilla inhibida por el isoespintanol. *Vitae*, 15(2): 212-218.
- Rojas Vega, N. C., Valdivieso Izquierdo, R., & Arnao Salas, I. (2018). Composición nutricional del alga roja *Rodhymenia howeana* de la bahía de Ancón, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 84 (4), 488-498.
- Romero, N. A., Cardoza, I. U., Rodríguez, A. D., Romero, A. A., & Romero, N. A. (2021). Estudio etnofarmacológico de especies de frutales del Macizo Nipe-Sagua-Baracoa. *Revista ECOVIDA*, 11(3), 250-260.
- Ruas-Madiedo, P., Rúperez, P., Redondo-Cuenca, A., Sanz, M. L., Clemente, A., Corzo, N. & Plou, F. J. (2015). Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos. *Nutrición hospitalaria*, 31(1), 99-118.
- Salas, J. B., Téllez, T. R., Pardo, F. M. V., Capdevila, M. D. L. Á. C., & Rodríguez, C. G. (2013). Composición química y actividad antioxidante del aceite esencial de *Salvia sclarea* L. (LAMIACEAE) en Extremadura. *Folia Botanica Extremadurensis*, (7): 47-52.
- Salcedo-Martínez, S. M., Rocha-Estrada, A., Alvarado-Vázquez, M. A., & Moreno-Limón, S. (2019). Algas de importancia biotecnológica. *Secretario General*, 15(26): 30.
- San-Miguel, A., & Martín-Gil, F. J. (2009). Importancia de las especies reactivas al oxígeno (radicales libres) y los antioxidantes en clínica. *Gaceta Médica de Bilbao*, 106(3): 106-113.
- Shaish, A., Avron, M., Pick, U., & Ben-Amotz, A. (1993). Are active oxygen species involved in induction of β -carotene in *Dunaliella bardawil*?. *Planta*, 190: 363-368.
- Singh, J. S., Kumar, A., Rai, A. N., & Singh, D. P. (2016). Cyanobacteria: A precious bio-resource in agriculture, ecosystem, and environmental sustainability. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00529>
- Skulberg, O. M. (2006). Bioactive chemicals in microalgae. In A. Richmond (Ed.), *Handbook of microalgal culture, biotechnology, and applied phycology* (pp. 485-512). Oxford: Blackwell.
- Stashenko, E. E., Martínez, J. R., Durán, D. C., Córdoba, Y., & Caballero, D. (2014). Estudio comparativo de la composición química y la actividad antioxidante de los aceites esenciales de algunas plantas del género *Lippia* (Verbenaceae) cultivadas en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 38, 89-105.
- Svirčev, Z., D. Lalić, G. Bojadžija Savić, N. Tokodi, D. Drobac Backović, L. Chen, J. Meriluoto, and G. A. Codd. 2019. Global geographical and historical overview of cyanotoxin distribution and cyanobacterial poisonings. *Archives of Toxicology*. Springer Berlin Heidelberg.
- Tobon, M. C., Ramírez, G. H., & Rosas, F. H. (2015). Influencia de la actividad de agua y la temperatura en el desarrollo de aislamientos nativos de *Trichoderma* spp procedentes de la rizosfera de caña de azúcar.

Torres, G. M., Sarmiento, O. I., Ramírez, R. I., & Guevara, O. (2018). Estimación del contenido de fenoles totales en aceite esencial de Caléndula (*Calendula officinalis* L) obtenido mediante OAH. *Revista Ion*, 31(1), 7-12.

Turmo Ibarz, A. (2016). Capacidad antioxidante y cuantificación de polifenoles extractables *in vitro* en algas de consumo alimentario.

Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M. C., Martínez-Flores, H. E., & García-Pérez, M. E. (2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, (16), 15-29.

Vandebroek, I., E. Thomas, S. Sanca, P. Van Damme, L. Van, and N. De Kimpe. (2008). Comparison of health conditions treated with traditional and biomedical health care in a Quechua community in rural Bolivia. *J. Ethnobiol. Ethnomed.* 4:1.

Vázquez-Flores, A. A., López-Díaz, J. A., Wall-Medrano, A., & Laura, A. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2), 84-93.

Venkatesan, J., Kim, S. K., & Shim, M. S. (2016). Antimicrobial, antioxidant, and anticancer activities of biosynthesized silver nanoparticles using marine algae *Ecklonia cava*. *Nanomaterials*, 6(12): 235.

Vidal Novoa, A. D. J., Mancini-Filho, J., Carrillo Farnés, O., & Zaldivar Muñoz, C. (2021). Propiedades hepatoprotectoras de las algas marinas: estrés oxidativo en modelos animales intoxicados con xenobióticos. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*, 55(3): 289-302.

Vidal Novoa, A. D. J., Mancini-Filho, J., de Oliveira e Silva, A. M., Silva de Andredade-Warth, E. R., Díaz Gutierrez, D., & Carla Montenegro, L. (2021). Caracterización química y actividad antioxidante *in vitro* del alga marina *Bryothamnion triquetrum* (SG Gmelin) Howe: análisis de resultados experimentales. *Cuban Journal of Biological Sciences/Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 9(1).

Vieira, M. C., Lelis, R. C. C., & Rodrigues, N. D. (2014). Propriedades químicas de extratos tânicos da casca de *Pinus oocarpa* e avaliação de seu emprego como adesivo. *Cerne*, 20 (1), 47-54. doi: 10.1590/S0104-77602014000100006.

Volz, T. J., & Clause, T. P. J. (2001). Tannins in *Puccinellia arctica*: possible deterrents to herbivory by Canada geese. *Journal of Chemical Ecology*, 27 (4), 725-732. doi: 10.1023/A:1010349918664.

Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Veana, F., & Muñoz-Márquez, D. B. (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23(1), 1-11.

Yábar Villanueva, E., & Reyes De La Cruz, V. (2019). La Maca (*Lepidium meyenii walpers*) alimento funcional andino: bioactivos, bioquímica y actividad biológica. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(2), 139-152.

Yanaisy, P. Q., Yilan, F. B., Albys, F. D., Elizabeth, I. A., & Guillermo, A. K. (2021). Revisión en la actividad farmacológica antiinflamatoria de *Calendula officinalis* L. In *I Simposio de Investigaciones sobre Plantas Medicinales*.

Zhang, J., Ding, Y., Yang, L., Li, X., & Chen, X. (2020). Antioxidant activities of red algae in China: A systematic review. *Marine Drugs*, 18(2), 83. doi: 10.3390/md18020083.

Zhang, X. & World Health Organization. 2002. Traditional medicine strategy 2002-2005, Ginebra.

Zhou, X., & Du, G. (2019). Applications of tannin resin adhesives in the wood industry. doi: 10.5772/intechopen.86424.