

Extractos naturales y su efecto en la inhibición de fenómenos de corrosión en materiales de acero y su impacto ambiental¹

Natural extracts and their effect on inhibiting corrosion phenomena in steel materials and their environmental impact

L.A. Vargas, K.Z. Cancelada y C.A. Coy

Recibido: mayo 31 de 2023 – Aceptado: diciembre 27 de 2024

Resumen—Los extractos naturales son una fuente inagotable de compuestos orgánicos, con una amplia variedad de aplicaciones: medicinales, farmacológicas, ambientales, entre otras; por tal motivo, se han convertido en objeto de estudio en un gran número de áreas y especialidades a nivel industrial. En la presente revisión se muestran los resultados de la búsqueda referente al uso de extractos de origen natural con potencial efecto de inhibición en procesos de corrosión sobre superficies de acero, así como las perspectivas e investigaciones en la búsqueda de alternativas amigables con el medioambiente y que contribuyen en la disminución de impactos ambientales asociados al aumento de la huella hídrica y de carbono, lo que resulta novedoso y aporta al conocimiento sobre la temática central abordada. Lo anterior se relaciona con la cantidad de moléculas que de manera sinérgica actúan en el proceso de inhibición, como son los flavonoides, cumarinas, alcaloides, entre otros. El análisis bibliométrico muestra el aumento de los estudios acerca del uso de inhibidores orgánicos de origen natural en los últimos años, en los que se han demostrado altos niveles de inhibición de la corrosión, lo que los convierte en una estrategia ecoamigable y muy eficiente que puede ser una posible solución y alternativa razonable en procesos de inhibición de la corrosión en materiales de acero. Además, la información recolectada muestra las especies, el material de acero, las partes utilizadas, el medio corrosivo y los componentes químicos mayoritarios; información

de interés general para que se pueda considerar en procesos de transferencia tecnológica a nivel industrial.

Palabras clave—Corrosión, extractos naturales, inhibidores orgánicos, impacto Ambiental

Abstract—Natural extracts are an inexhaustible source of organic compounds with a wide variety of applications, such as medicinal, pharmacological, and environmental, among others. For this reason, they have become subjects of study in many industrial fields and specialties. This review presents the results of the search for the use of natural extracts with potential inhibitory effects in corrosion processes on steel surfaces, as well as perspectives and research in the search for environmentally friendly alternatives that contribute to the reduction of environmental impacts associated with increased water and carbon footprint, which is novel and contributes to knowledge of the central subject matter addressed. This is related to the number of molecules that act synergistically in the inhibition process, such as flavonoids, coumarins, and alkaloids. Bibliometric analysis reveals that there has been an increase in studies on the use of naturally occurring organic inhibitors in recent years and that high levels of corrosion inhibition have been demonstrated; this makes them an environmentally friendly and highly efficient strategy that can be a possible solution and reasonable alternative in corrosion-inhibiting processes in steel materials. In addition, the information gathered provides details on species, steel material, parts used, corrosive medium, and chemical components, as well as general interest information so that it can be considered in technology transfer processes at the industrial level.

Keywords—Corrosion, Natural extracts, Organic inhibitors, Environmental Impact

I. INTRODUCCIÓN

LA corrosión es un fenómeno que ocurre cuando los metales son expuestos a la interacción con el ambiente, lo que causa un envejecimiento sobre las superficies metálicas. Este fenómeno se puede identificar por las tonalidades rojizas que presenta el material, lo cual afecta de manera negativa al medioambiente, por la liberación de partículas a la atmósfera, contaminación al recurso hídrico y suelo [1]; además de que la corrosión ha dejado enormes pérdidas económicas a nivel industrial [2].

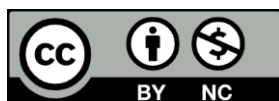
¹Producto derivado del proyecto de investigación CIAS-3746, apoyado por la Vicerrectoría de Investigaciones la Universidad Militar Nueva Granada.

L. A. Vargas, Universidad militar nueva granada, Cundinamarca, Colombia, email: est.laura.vargas@unimilitar.edu.co.

K. Z. Cancelada, Universidad militar nueva granada, Cundinamarca, Colombia, email: est.karol.cancelada@unimilitar.edu.co.

C. A. Coy, Universidad militar nueva granada, Cundinamarca, Colombia, email: carlos.coy@unimilitar.edu.co.

Como citar este artículo: Vargas, L.A., Cancelada, K.Z., y Coy, C.A. Extractos naturales y su efecto en la inhibición de fenómenos de corrosión en materiales de acero y su impacto ambiental, *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 18, no. 36, pp. 31-41, julio-diciembre 2024.
DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.2927>.



Puede darse en contacto con un recurso acuoso, bien sea en aire, agua o suelo, a través de una reacción química o electroquímica irreversible. Puede presentarse en materiales de superficie, como polímeros, metales, hormigón, láminas de madera y cerámica, para finalmente consumirlos o diluirlos en cualquiera de los componentes ambientales [3].

De acuerdo con cada tipo de material o superficie, existen algunos parámetros que influyen en la tasa de oxidación de este. Uno de ellos es la temperatura, que presenta una relación directamente proporcional con la tasa oxidativa; además, los ciclos de temperatura pueden generar grietas sobre las barreras protectoras de la corrosión [4].

A. Problemática ambiental

Para la preservación de las estructuras metálicas en industrias energética, de alimentos, química, mecánica y petrolera, el uso de inhibidores de corrosión se ha hecho más común, ya que estos han cumplido la función de retardar y detener procesos oxidativos, lo que crea una medida protectora en la superficie metálica [5]. Sin embargo, esto ha llevado a que se presenten diferentes tipos de corrosión, como la corrosión galvánica, corrosión de picadura, intergranular, corrosión por erosión, corrosión por cavitación y fricción, corrosión fatiga e hidrógeno. Estas son difíciles de tratar y, a su vez, son una problemática ambiental [6]. Actualmente, los inhibidores de corrosión implementados para la minimización de este fenómeno funcionan cuando se añaden en concentraciones pequeñas a un medio determinado como corrosivo [7], y se forma una película en la superficie para eludir el contacto directo del metal en cuestión y el agente anticorrosivo. En otros casos disminuye la velocidad de ocurrencia del fenómeno, sin afectar la resistencia mecánica y física propia del material [7]. Sin embargo, estos inhibidores convencionales clasificados como inorgánicos o sintéticos son a base de cromatos y plomo, compuestos severamente perjudiciales para el ambiente y la salud de las personas, debido a que no son biodegradables; más bien pueden ser contaminantes persistentes y acumulativos en los ecosistemas [8]. Lo anterior supone además un tratamiento adicional para este tipo de compuestos, y generalmente suelen ser costosos y complicados [3]. Además, las pérdidas económicas que se presentan anualmente en los países industrializados como medida para prevenir y controlar este fenómeno son desmesurados, lo que llega a representar desde un 2% hasta un 5% del producto interno bruto anual [9].

La corrosión causa un impacto en la optimización de los procesos productivos en diversas industrias, lo que disminuye la eficiencia, el funcionamiento normal de los equipos e incluso de los accidentes laborales [10], como incendios, explosiones y liberación de compuestos tóxicos a la atmósfera, cuerpos de agua o al suelo [11].

El mundo se vuelve cada vez más responsable frente a los problemas del ambiente y los efectos nocivos de los productos químicos utilizados en diferentes industrias. Hoy en día hay una creciente atención hacia los inhibidores de corrosión ecológicos o comúnmente conocidos como "inhibidores de corrosión verdes"[12]. Existen varias ventajas de estos inhibidores obtenidos de manera natural, son fáciles de conseguir, respetuosos con el medioambiente, biodegradables, eficientes y renovables.

B. Inhibidores orgánicos

Debido a la problemática ambiental y económica que generan los inhibidores corrosivos convencionales, se han propuesto los inhibidores orgánicos verdes, que representan una fuente de compuestos orgánicos obtenidos de extractos de plantas naturales, desde semillas, frutos, raíces, hojas y tallos. Son de fácil obtención, económicos, con potencial significativo en la prevención de fenómenos corrosivos, biodegradables y en consecuencia amigables con el ambiente [13]. El mecanismo de acción, según [3], funciona por medio de adsorción fisicoquímica, dada la superficie del material y la solución propuesta con la generación de una película compacta que actúa como una barrera, donde además se eliminan las moléculas de agua que puedan estar presentes allí.

Los inhibidores de corrosión ecológicos suelen ser obtenidos a partir de extractos de plantas con amplia biodisponibilidad; y en su contenido se pueden encontrar compuestos como taninos, compuestos fenólicos, aminoácidos, alcaloides, flavonoides, polifenoles, polisacáridos y elementos orgánicos que les brindan propiedades inhibitorias [14]. Además, son considerados fuentes activas de antioxidantes efectivos y seguros que otorgan la capacidad de prevenir la corrosión por medio de la estructura, según los componentes químicos que están presentes, la cual es similar a la de los inhibidores convencionales [15]. Inicialmente, la actividad se da por la presencia de átomos de oxígeno, nitrógeno, azufre, enlaces dobles y triples o anillos aromáticos que pueden intervenir en los procesos de adsorción sobre superficies metálicas [16].

La presente revisión tiene como objetivo principal presentar el uso de extractos de origen natural, ya que los estudios e investigaciones al respecto se han incrementado en los últimos 10 años. Lo anterior, porque se ha encontrado que este tipo de inhibidores orgánicos resultan ser ambientalmente amigables, ya que no poseen dentro de sus componentes metales pesados como cromo o plomo, entre otros; y además porque aunque son compuestos orgánicos, no son obtenidos a partir de procesos de síntesis orgánica que generan un gran impacto en el medioambiente en general, de acuerdo a la producción y a la disposición de los residuos resultantes en cada operación y los solventes que se utilizan en la mayoría de los casos. Estos extractos naturales son obtenidos a partir de algunas partes como hojas, corteza o frutos de especies de gran abundancia en la naturaleza, los cuales se preparan mediante el uso de solventes como agua, etanol o sus respectivas mezclas. Son procesos unitarios sencillos, económicos y con metodologías reconocidas. El uso de extractos de origen natural puede ser considerado como una alternativa ambiental y con potenciales resultados que se pueden escalar en la industria, si luego se incluyen avances tecnológicos que aseguren la calidad de este tipo de extractos y la reproducibilidad de los datos obtenidos.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología aplicada en la revisión bibliográfica se basó en la búsqueda de artículos científicos relacionados con el uso de extractos naturales como potenciales inhibidores de corrosión de acero y los diferentes estudios prácticos que

incluyen el procedimiento de la obtención de los extractos naturales, la caracterización de las muestras e identificación de grupos funcionales de cada material vegetal. Lo anterior, con el enfoque principal del uso de este tipo de inhibidores como una estrategia ecoambiental, lo cual resulta ser novedoso para este tipo de revisiones. Dentro de las principales bases de datos consultados están Science Direct, Scopus, EBSCO Host, Web of Science y SciELO, con el mayor número de estudios abordados dentro de una ventana de tiempo de 12 años desde el año 2013 hasta la actualidad (2025). Para la búsqueda bibliográfica se utilizó un método general que consistió en el uso de palabras claves y algoritmos relacionados entre sí con el uso de operadores booleanos como “AND”, “OR”, “NOT”, “IN”, principalmente en idioma inglés, como se observa en la tabla n.º 1. Además, se implementó el gestor de bibliografía Mendeley Desktop.Ink® para la administración de cada investigación.

TABLA I
BASES DE DATOS Y CAMPOS DE BÚSQUEDA

Bases de datos	Palabras claves y campos de búsqueda
Science Direct	Main Topic-Boolean-Keyword (Plant extracts-“AND”-Corrosion inhibitors)
Web of Science	Title-Boolean-Keyword (Green corrosion inhibitors-“OR”-Organic plant extracts)
SciELO	Main topic-Keyword-Keyword (Potential eco-friendly plant extract-as corrosion inhibitor-over steel)
EBSCO Host	Title-Keyword-Boolean (Natural extracts-as green corrosion inhibitors-“IN”-acid medium)
Scopus	Keyword-Topic-Boolean-Keyword (Electrochemical analysis-organic extracts-“NOT”-conventional inhibitors)
Periodo	2013-2025
Resultados totales	1475 artículos

La organización de la búsqueda de la revisión se realizó a través de una matriz en Microsoft Excel, en la que se contemplaron las características más relevantes de los documentos (título, tipo de documento, resumen, palabras clave, año y país de publicación, autores y revista que publica) y la información asociada a las características de la temática. Los artículos seleccionados están escritos en inglés y son estudios de revistas indexadas en Scimago y ubicadas en cuartiles 1-4.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó inicialmente un ejercicio de inclusión y exclusión a lo largo de toda la revisión bibliográfica según

critérios establecidos, teniendo en cuenta que se encontraron trabajos de grado, artículos de revisión y artículos científicos, como se observa en la Fig. 1.

Tipos de investigación consultados

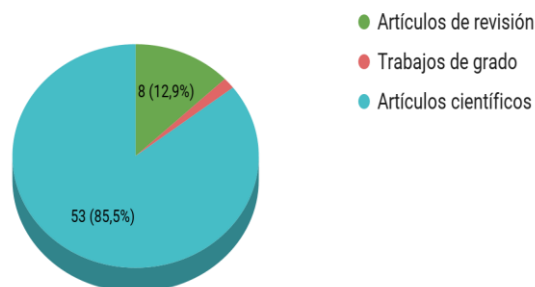


Fig. 1. Distribución por tipo de documento revisado.

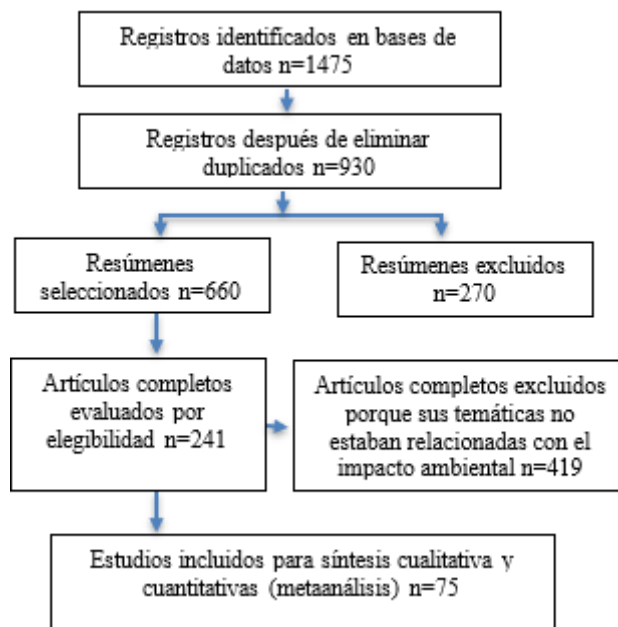


Fig. 2. Diagrama de la metodología PRISMA para la revisión sistemática utilizada [93].

De acuerdo con lo anterior, los artículos que se tuvieron en cuenta para realizar el análisis de los extractos naturales fueron los artículos científicos que tenían estudios experimentales prácticos completos con información importante, como parámetros de trabajo, medios de corrosión, tipo de planta, procesos de evaluación de inhibición en la corrosión e impacto en el medioambiente.



Fig. 3. Investigaciones experimentales sobre extractos naturales con posible inhibición de la corrosión por continente.

En relación con los estudios, y según su clasificación, se identificaron los países de publicación de origen de cada uno de ellos, en una organización jerárquica que abarca los continentes asociados y que se representan en la Fig. 3 y Fig. 4. La mayoría de las investigaciones encontradas relacionadas con extractos naturales como inhibidores de corrosión alternativos se han llevado a cabo, con mayor frecuencia, en el continente asiático, el cual incluye países líderes en este tipo de estudios, como China, India, Irán e Irak, dentro de los más destacados. Lo anterior, debido a la relación que tiene la corrosión con el desarrollo productivo, y a que en estos países se presenta la mayor cantidad de plantas nucleares encargadas de generar energía eléctrica, que suelen estar ubicadas cerca del mar, exponiéndose constantemente a las altas temperaturas y alta salinidad [17]. Asimismo, plantas de procesos químicos y de maquinaria especialmente agrícola, donde las importaciones de electrodomésticos y otros materiales hacia países de América y Europa son altas.

Cabe resaltar que en la etapa de fabricación es necesario que los metales sean transformados y entren a un proceso de fusión donde van a adquirir la forma deseada, y a su vez, estos van a obtener mayor cantidad de energía interna [18]. Por tanto, el material metálico, al ser usado y expuesto a condiciones ambientales donde se encuentran elementos químicos inmersos en el medio, hace que estos materiales alcancen su estado energético más bajo; es decir, su estado natural [19]. Los materiales metálicos y las aleaciones de estos se obtienen con un amplio uso de energía que reacciona química y electroquímicamente con su medio, para conformar elementos estables que llevan a una pérdida progresiva del material o comúnmente conocido como corrosión [18].

De acuerdo con los resultados de la revisión, se determina que los países del continente de Asia mantienen una investigación continua, aportando un 60,4% de las investigaciones revisadas; en un segundo lugar, el continente africano, con el 28,3%, y en un tercer lugar, países del continente americano, con el 11,3%. Para el caso de Europa y Oceanía no se encontraron investigaciones relevantes.



Fig. 4. Número de publicaciones por continente

Dentro de los materiales más usados a nivel industrial se encuentra el acero dulce, el acero al carbono y el acero inoxidable, que se aprecian en la Fig. 5, obtenida a partir de la presente revisión. El acero dulce es usado en la elaboración de tornillos, perfiles y demás estructuras, además del acero al

carbono, que es usado en las infraestructuras marinas, tuberías de la industria del petróleo y tuberías de gas [10], el cual tiene alta durabilidad. Sin embargo, este es afectado por la presencia de iones de cloruro, lo que causa una degradación [20]. También se encuentra el acero inoxidable, que es usado para la construcción de tanques de acueductos, pozos de petróleo, entre otros. Para mejorar las características de durabilidad en este material, se usan métodos anticorrosivos, como los sistemas de enfriamiento, grabado electroquímico y acidificación de pozos [21].



Fig. 5. Número de publicaciones por tipo de material.

Los materiales mencionados anteriormente son principalmente a base de Fe, Al y Cu [22], los cuales sufren corrosión en medios ácidos y, por tanto, es necesario el uso de inhibidores sintéticos que con el tiempo afectan a los seres vivos y medioambiente [23]. Esto, puesto que la corrosión afecta principalmente a las tuberías que se encargan de transportar sustancias líquidas como combustibles, lo que produce fugas y afecta a cuerpos de aguas cercanos, suelo y aire.

TABLA II
PLANTAS UTILIZADAS, PARTE DE LA PLANTA, MATERIALES, MEDIO CORROSIVO Y COMPONENTES QUÍMICOS UTILIZADOS COMO INHIBIDORES DE CORROSIÓN

Nombre científico	Material	Parte de la planta	Medio corrosivo	Componentes químicos	Ref.
<i>Ammi visnaga (L.) Lam.</i>	Acero dulce	Parte aérea	HCl 1 M	Flavonoides	[2]
<i>Aesculus Hippocastanum Seeds</i>	Aleación de cobre	Semillas	Cu-Ni	Flavonoides	[24]
<i>Saussurea obvallatta</i>	Aleación de cobre	Hojas	HCl 1 M	NA	[25]
<i>Peganum Harmala</i>	Acero	Hojas	H ₂ SO ₄ 0,25 M	Alcaloides	[22]
<i>Caninae</i>	Acero dulce	Fruto	HCl 1 M	Taninos	[26]
<i>Arbutus unedo</i>	Acero dulce	Hojas	HCl	Flavonoides	[7]
<i>Ocimum basilicum L.</i>	Acero dulce	Semillas	HCl	NA	[27]
<i>Luffa aegyptiaca</i>	Acero dulce	Hojas	HCl 0,5 M	NA	[13]
<i>Ceratonia Siliqua</i>	Acero al carbono	Semillas	HCl 1 M	Terpenoides	[17]
<i>Thunbergia</i>	Acero	Planta	HCl 1 M.	NA	[23]

<i>fragrans</i>	dulce				
<i>Magnolia kobus</i>	Acero dulce	Arbusto	H ₂ SO ₄ 1 M	Flavonoides	[6]
<i>Trigonella foenum-graecum</i>	Aluminio	Semillas	HCl 1 M	Flavonoides, cumarinas	[19]
<i>Eucalyptus Camaldulensis</i>	Acero al carbono	Hojas	HCl 4 M	Terpenoides	[10]
<i>Eleutherococcus senticosus</i>	Acero al carbono	Hojas	HCl	NA	[29]
<i>Thymus vulgaris</i>	Acero inoxidable	Hojas	HCl 1 M	NA	[21]
<i>Salvia rosmarinus</i>	Acero dulce	Hojas	HCl 1 M	Flavonoides y diterpenos	[11]
<i>Aloe vera</i>	Acero inoxidable	Hojas	H ₂ SO ₄ 1 M	Flavonoides	[30]
<i>Bacopa monnieri</i> y <i>Lawsonia inermis</i>	Acero al carbono	Tallos	NaOH 0,5 M	Triterpenos	[31]
<i>Glycyrrhiza glabra L.</i>	Acero dulce	Hojas	HCl 1 M	chalconas	[32]
<i>Nicotiana tabacum L.</i>	Acero dulce	Hojas	H ₂ SO ₄ 2 M	Alcaloides	[33]
<i>Acacia nilotica</i>	Acero dulce	Savia del árbol	HCl 1 M	NA	[34]
<i>Tithonia Diversifolia</i>	Acero dulce	Flores	HCl 1 M	NA	[35]
<i>Euphorbia falcata</i>	Acero al carbono	Partes aéreas	HCl 1 M	Diterpenos	[36]
<i>Armoracia rusticana</i>	Acero dulce	Raíces	H ₂ SO ₄ 0,5 M	Terpenos	[15]
<i>Citrus aurantium</i>	Acero dulce	Hojas	H ₂ SO ₄ 1M	NA	[37]
<i>Retama monosperma (L.) Boiss</i>	Acero al carbono	Tallos	HCl 1 M	Alcaloides	[38]
<i>Endostemon tereticaulis</i>	Acero dulce	-	HCl 1 M	Quinonas y flavonoides	[39]
<i>Hyptis spicigera Lam</i>	Acero dulce	-	HCl 1 M	NA	[40]
<i>Atriplex leucoclada</i>	Cobre	Hojas	HCl 1 M	NA	[16]
<i>Polygonatum odoratum</i>	Aluminio	Hojas	HCl 1 M	NA	[41]
<i>Matricaria chamomilla</i>	Acero al carbono	Raíz	H ₂ SO ₄ 0,5 M	NA	[42]
<i>Rollinia occidentalis</i>	Acero al carbono	Semillas	HCl 1 M	Acetogeninas	[43]
<i>Corchorus olitorius</i>	Acero en hormigón	Hojas	-	NA	[44]
<i>Crataegus</i>	Acero en hormigón	Hojas	-	NA	[44]
<i>Cyperus rotundus</i>	Acero dulce	Hojas	H ₂ SO ₄ 0,5 M	NA	[45]
<i>Tragia plukenetii</i>	Acero dulce	Tallo	HCl 1 M	NA	[46]
<i>Mansoa alliacea</i>	Zinc	Hojas	NaCl 3%	Flavonoides	[47]
<i>Citrus reticulata</i>	Cobre	Hojas	H ₂ SO ₄ 0,5 M	Flavonoides	[49]
<i>Helianthus annuus</i>	Acero al carbono	Corteza	H ₂ SO ₄ 0,5 M y HCl 1 M	NA	[48]
<i>Artemisia vulgaris</i>	Acero	Hojas	HCl 0,1 M	Flavonoides	[50]
<i>Theobroma cacao L.</i>	Acero al carbono	Cáscaras	HCl 1 M	Flavonoides	[51]

<i>Rheum Ribes</i>	Acero dulce	Flores	HCl 1 M	Anillos aromáticos, alcanoides, flavonoides, terpenoides, polifenoles y taninos	[52]
<i>Persea americana</i>	Cobre	Semillas	H ₂ SO ₄ 0,5 M	Flavonoides, proantocianidinas, fenoles, saponinas y terpenoides	[53]
<i>Syzygium polyanthum</i>	Acero al carbono	Hojas	HCl 1 M	Polifenol, flavonoide, alcaloide y taninos	[54]
<i>Spinacia oleracea</i>	Aluminio	Hojas	HCl 0,5 M	β-caroteno, apeigeninas, pirrol, carbonilo y fomilo	[55]
<i>Aerva lanata</i>	Acero dulce	Hojas	HCl 1 M	Alquenos, polifenoles y aromáticos	[56]
<i>Trifolium repens</i>	Acero al carbono	Planta	NaCl 3,5%	Acetina, luteolina, 5,6,7,8-tetrahidroxi-4'-metoxi flavona, 4',5,6,7,8-pentahidroxi-3-metoxiflavona y 3,5,6,7,8-pentahidroxi-4'-metoxiflavona	[57]
<i>Lens culinaris</i>	Aleaciones de cobre-níquel	Semillas	NaCl 3,5%	(E)-2-(3-carbonil-1-indol-3-)-3-(2-oxo-2-fenilettilio)3 H-indol-3-carbonil-3-(fenilamino)acrilonitrilo, ((E)-2 y (Z)-3-mercapto-3-(fenilamino)acrilonitrilo-2-(carbonil-3-indol)-3 fenil acrilonitrilo	[58]
<i>Catharanthus roseus</i>	Acero dulce	Hojas	Cloruro	Alcaloides, terpenoides, taninos, saponinas y proteínas	[59]
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Acero	Raíces	HCl 0,5 M	p-hidroxibenzaldehído, ácido p-hidroxibenzoico, tricina y ácido vainílico	[60]
<i>Milletia Aboensis</i>	Acero dulce	Hojas	HCl 0,3 M	Alcaloides, taninos, glucósidos, compuestos fenólicos y flavonoides	[61]
<i>Kopsia teoi</i>	Acero dulce	Corteza	HCl 0,5 M	Alcaloides, terpenoides y esteroides	[62]
<i>Clerodendrum serratum</i>	Acero	Corteza	H ₂ SO ₄ 0,5 M	Clerodendrum serratum (apigenina, hispidulina, 7-	[63]

				hidroxiflavanona)	
<i>Prunus domestica</i>	Acero	Semillas y tallos	HCl 1 M	Linoleato de metilo, éster metílico, linolenato de metilo y ácido palmítico	[64]
<i>Enteromorpha prolifera</i>	Acero al carbono	Hojas	HCl 1 M	Ácido palmítico, DL ácido aspártico, L-alanina y ácido linoleídico	[65]
<i>Malpighia glabra</i>	Acero dulce	Fruto	HCl 1 M	Alcoholes, fenoles y ácidos	[77]
<i>Ginkgo biloba</i>	Acero Q235	Hojas	H ₂ SO ₄ 0,5 M	Alcaloides, flavonoides y taninos	[78]
<i>Asphodelus Tenuifolius</i>	Acero dulce	Partes aéreas	HCl 0,5 M	Saponina, flavonoides, alcaloides, vitaminas, taninos, catequina y terpenoides	[79]
<i>Barringtonia acutangula</i>	Acero al carbono	Flores	HCl 1 M	Ácido gálico y illexsaponinas	[80]
<i>Zea mays</i>	Acero dulce (MS)	Fruto	HCl 1 M	Ramnosa, Ribosa, Ácido glucurónico, Glucosa, Ácido hidroxicinámico, Fucosa, Hemicelulosa, Dimboá, Antocianinas, Tricina, β-sitosterol, Ergosterol, Criptoxantina, β-caroteno, Cryptoxanthin, β-carotene, Lutein, Rutein.	[81]
<i>Dillenia suffruticosa</i>	Acero dulce	Hojas	(HCl) al 37 % y ácido sulfúrico al 95 %–97 % (H ₂ SO ₄)	Fenoles y compuestos fenólicos, Taninos, Saponinas, Terpenoides, esteroides, clorofila.	[82]
<i>Okra</i>	Acero N80	Hojas	HCl 0,5 M.	OLE	[83]
<i>Almond</i>	Acero al carbono (C38)	Residuos de almendra	HCl 1,0M	Ácido linoleico, Ácido palmítico, Ácido oleico, Ácido palmitoleico, Ácido esteárico	[84]
<i>Urtica Dioica</i>	Acero dulce	Hojas	NaCl al 3,5%	Acetilacetato de zinc	[85]
<i>Winged</i>	Acero reforzado	Fruto (extractos de frijol)	HCl 0,5	Acid Gallic, Ferulid acid, Kaempferol	[66]
<i>Lanvandula stoekas</i>	Acero inoxidable	Hojas	5.5 MH ₃ PO ₄	L-fenhone, (+) Epi-bicyclosesquiphellandrene,	[67]

				camphore, Naphthalene	
<i>Green chicory</i>	Acero	Hojas	HCl	Acido Chicorico, ácido cafeico.	[68]
<i>Juçara (Euterpe edulis)</i>	Acero dulce	Fruto	HCl	Flavonoides Antocianinas	[69]
<i>Chiquita banana sap</i>	Acero dulce	Sabia	HCl	Capsaicim, Dihydrocapsaicim	[70]
<i>Onion Peel Extract</i>	Acero al carbono	Cascara	HCl 1M	Éster metílico del ácido, Carbamato de ciclohexanol-1-etinil, Carboxamida de hidrazina, 2-(2,6-ciclooctadien-1-ilideno), Éster s-benzoxazol-2-ílico del ácido 3-feniltionacrílico	[71]
<i>Mikania micrantha</i>	Acero laminado	Planta	0,10 M (Cl ₃ CCOOH, TCA)	Aminas grasas	[72]
<i>Helianthus annuus</i>	Aluminio	Tallo	HCl	El ácido gálico, el tanino y la rutina	[73]
<i>Murraya koenigii</i>	Acero dulce	Tallo	HCl 1M	Heteroátomos S, N y O.	[74]
<i>Cladanthus mixtus</i>	Acero al carbono	Flor	HCl 1M	ácido palmítico y el arcurumeno	[75]
<i>Clitoria ternatea</i>	Acero al carbono	Flor	CO ₂	Flavonoides kaempferol, glicósidos de quercetina y antocianinas, mientras que el extracto hidrófobo consistía en tocoferoles, fitoesteroles y ácidos grasos.	[76]

Teniendo en cuenta la información de la tabla II, se puede inferir que para la elaboración de los extractos se utilizan hojas (15%), corteza (15%), raíz (10%) y semillas (60%). Lo anterior se relaciona con la producción de metabolitos secundarios en las plantas, que por lo general se dan debido a condiciones de estrés como agentes de protección frente a diferentes variables [53-86]. Esto genera una variabilidad molecular alta; moléculas como flavonoides [54-87], alcaloides [55-88] y cumarinas [56-89] se caracterizan porque poseen estructuras aromáticas con diferentes sustituyentes, lo que facilita su amplio rango de aplicaciones. Por tal razón, en los últimos años se ha impulsado al estudio de extractos de origen natural con potencial acción como inhibidor de corrosión, y es tal vez una alternativa interesante para encontrar agentes ambientalmente amigables a los compuestos orgánicos sintéticos [57-90].

Dado que antes no existían inhibidores de corrosión eficientes, y era necesario reemplazar los materiales por unos

nuevos, los costos de capital aumentaban y, por tanto, los impactos ambientales se hacían aún mayores. Para contrarrestar esto se han creado inhibidores de corrosión sintéticos a base de sustancias químicas que se extraen a partir de yacimientos de minerales [26]. En su mayoría son compuestos químicos sintéticos costosos a base de azufre (S), nitrógeno (N), cromato (CrO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}), molibdato de sodio (Na_2MoO_4) y oxígeno (O) que pueden repercutir en la salud pública y ambiente [26]. Además, para su proceso de extracción se consumen grandes cantidades de energía, se contaminan cuerpos de agua y se generan grandes volúmenes de gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que contribuye al calentamiento global [3].

Por lo anterior, se ha convertido en una necesidad el uso de inhibidores que impiden la corrosión en superficies, que sean ecológicos y compatibles con el ambiente, de bajo costo y que tengan una disminución en la huella de carbono, huella hídrica y ecológica [39]. Para su producción como materia prima se usa principalmente la cobertura vegetal de la planta, como el extracto de las hojas, semillas, raíces, frutos [9].

Los extractos de las plantas contienen moléculas orgánicas que actúan de manera sinérgica [52-91], y poseen en su estructura pares de electrones libres y grupos funcionales con hetero atómicos con abundancia de nitrógeno, azufre y oxígeno. Estos, de acuerdo con los estudios completos que incluyen estudios teóricos y computacionales que predicen y simulan los procesos de inhibición, y que han demostrado que estos inhibidores, se unan a los iones metálicos de la superficie que se encuentran disueltos en el medio de corrosión, lo que crea una barrera antioxidante que disminuye sosteniblemente los procesos de corrosión [22].

IV. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

De acuerdo con los datos obtenidos se encontró que existe una predominancia de investigaciones experimentales en países del continente asiático, enfocados en la aplicación de una amplia variedad de extractos naturales con resultados significativos para el avance en el uso de inhibidores orgánicos como posible alternativa a nivel de los procesos productivos en la industria. Dado que su obtención representa ciertas ventajas operativas y ambientales respecto del proceso realizado para los inhibidores convencionales, es importante destacar también la reducción de costos, según Pedroza [51], quien afirma que mediante el uso de etanol como solvente de extracción y condiciones de trabajo como temperatura y tiempo son relativamente bajos.

Además, diferentes entidades gubernamentales han demostrado la necesidad de impartir el desarrollo de proyectos encaminados a buscar alternativas que permitan disminuir los impactos ambientales asociados a los fenómenos de corrosión, y que indirectamente repercuten en la salud humana.

Tras el análisis se deduce que el uso de extractos naturales como inhibidores de corrosión también se puede implementar en superficies de materiales como el acero en hormigón, diferentes aleaciones de cobre, compuestos como aluminio (Al), zinc (Zn), cobre (Cu), entre otros. Sin embargo, los estudios realizados en torno a estos tipos de superficies representan un bajo índice de publicación, debido a que la mayoría de las industrias utilizan el acero como principal

material de su infraestructura, porque posee alta durabilidad y resistencia [49].

Existen numerosos estudios que demuestran y evidencian la capacidad de los extractos naturales con potenciales efectos en los procesos de corrosión, y valdría la pena que se revisaran con más detalle para que este tipo de tecnología sea implementada en la industria. En este caso, se debe mencionar que, si se decide emplear inhibidores orgánicos de origen natural, estos no tengan la reproducibilidad deseada, porque depende de los metabolitos secundarios que posea, si se tiene en cuenta las condiciones y variables ambientales, climáticas y fenológicas de las especies estudiadas. Esto no resulta sencillo de controlar, pero se puede estudiar con mayor profundidad para lograr implementar el uso de este tipo de anticorrosivos.

En nuestro país, existen muy pocos estudios relacionados con este tipo de método, lo que sugiere mayor trabajo en estas líneas de investigación que se convierten en una posibilidad de trabajo colaborativo. Se debe abordar el problema de la corrosión, y en especial, con el uso de este tipo de inhibidores desde varias disciplinas, que incluyen la comprensión del uso de los productos naturales derivados de plantas y su caracterización, ya sea de moléculas puras o de mezclas que por lo general son determinadas por técnicas espectroscópicas y cromatográficas, como cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada a espectrometría de masas (CLAE-EM) o cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM). Se deben incluir estudios computacionales apoyados con cálculos DFT, para así comprender e incluso predecir la interacción de las moléculas o los fragmentos de estas con la superficie metálica, en este caso del acero, así como conocer los procesos catódicos o anódicos que favorecen o no la inhibición cuando la superficie está sometida a medios ácidos con o sin inhibidor, conocer la técnica SEM y la forma de extraer la información relevante para poder determinar la eficiencia del proceso. Lo anterior puede ayudar a comprender el mecanismo y facilitar de manera razonable el uso de extractos de origen natural en la industria en general. Se sabe que el impacto económico y ambiental es representativo; falta incluir la tecnología necesaria para su implementación y en un futuro muy cercano lograr el impacto esperado a nivel industrial.

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada por el financiamiento del proyecto CIAS 3746.

REFERENCIAS

- [1] A. Miralrio and A. E. Espinoza, "Plant Extracts as Green Corrosion Inhibitors for Different Metal Surfaces and Corrosive Media: A Review," *processes*, vol. n.º 8, pp. 942, 2020, doi:<https://doi.org/10.3390/pr8080942>.
- [2] S. Aourabi, M. Driouch, M. Sfaira, F. Mahjoubi, B. Hammouti, Chandrabham Verma, Eno E. Ebenso and L. Guo, "Phenolic Fraction of Ammi Visnaga Extract as Environmentally Friendly Antioxidant and Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acidic Medium," *Molecular Liquids*, vol. 323, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114950>.
- [3] L. T. Popoola, "Progress on Pharmaceutical Drugs, Plant Extracts and Ionic Liquids as Corrosion Inhibitors," *Heliyon*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01143>.

- [4] A. Zakeri, E. Bahmani and A. S. R. Aghdam, "Plant Extracts as Sustainable and Green Corrosion Inhibitors for Protection of Ferrous Metals in Corrosive Media: A mini review," *Corrosion Communications*, vol. 5, pp. 25–38, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.corcom.2022.03.002>.
- [5] Z. Shang, and J. Zhu, "Overview on Plant Extracts as Green Corrosion Inhibitors in the Oil and Gas Fields," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 15, pp. 5078–5094, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.10.095>.
- [6] I. Chung, Ramalingam Malathy, Rameshkumar Priyadarshini, Venkatesan Hemapriya, Seung-Hyum Kim, and Mayakrishnan Prabakaran, "Inhibition of Mild Steel Corrosion Using Magnolia Kobus Extract in Sulphuric Acid Medium," *Materials Today Communications*, vol. 25, 2020, doi:<https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101687>.
- [7] S. Abdelaziz, M. Benamira, L. Messaadia, Y. Boughoues, H. Lahmar and A. Boudjerda, "Green Corrosion Inhibition of Mild Steel in HCl Medium Using Leaves Extract of Arbutus Unedo L. Plant: An Experimental and Computational Approach," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 619, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126496>.
- [8] M. A. Bidi, M. Azadi and M. Rassouli, "An Enhancement on Corrosion Resistance of Low Carbon Steel by a Novel Bio-Inhibitor (Leech Extract) in the H₂SO₄ Solution," *Surfaces and Interfaces*, vol. 24, 202, doi:<https://doi.org/10.1016/j.surfin.2021.101159>.
- [9] A. Sedik, D. Lerari, A. Salci, S. Athmani, K. Bachari, I.H. Gecibesler and R. Solmaz, "Dardagan Fruit Extract as Eco-Friendly Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 1 M HCl: Electrochemical and Surface Morphological Studies," *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 107, pp. 189–200, 2020, Doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2019.12.006>.
- [10] L. Ghalib, H. J. Al Jaaf and H. A. Abdulghani, "Temperature Effect on the Efficiency of Eucalyptus Camaldulensis Leaves in the Acid Corrosion of Carbon Steel," *Materials Today: Proceedings*, vol. 42, no 5, pp. 2475–2481, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.566>.
- [11] A. Dehghani and B. Ramezanzadeh, "Rosemary Extract Inhibitive Behavior Against Mild Steel Corrosion in Tempered 1 M HCl Media," *Industrial Crops and Products*, vol. 193, pp. 116–183, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.116183>.
- [12] S. Z. Salleh, A. H. Yusoff, S. K. Zakaria, M. A. Azhar Taib, A. A. Seman, M. N. Masri, M. Mohamad, S. Mamat, S. A. Sobri, A. Ali and P. T. Teo, "Plant Extracts as Green Corrosion Inhibitor for Ferrous Metal Alloys: A Review," *Journal of Cleaner Production*, vol. 304, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127030>.
- [13] O.O. Ogunleye, A. O. Arinkoola, O. A. Eletta, Y. A. Osho, A. F. Morakinyo and J. O. Hamed, "Green Corrosion Inhibition and Adsorption Characteristics of Luffa Cylindrica Leaf Extract on Mild Steel in Hydrochloric Acid Environment," *Heliyon*, vol. 6, no 1, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03205>.
- [14] C. A. Coy, D. C. Gómez and F. A. Castiblanco, "Importancia medicinal del género Croton (euphorbiaceae)," *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, vol. 21, no 2, pp. 234–247, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jce.2018.08.025>.
- [15] R. Haldhar, D. Prasad and A. Saxena, "Armoracia Rusticana as Sustainable and Eco-Friendly Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 0.5M Sulphuric Acid: Experimental and Theoretical Investigations," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 6, no 4, pp 5230–5238, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.08.025>.
- [16] R. K. Ahmed and S. Zhang, "Atriplex leucoclada Extract: A Promising Eco-Friendly anticorrosive Agent For Copper in Aqueous Media," *Journal of Industrial & Engineering Chemistry*, vol. 99, pp 334–343, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.04.042>.
- [17] S. Abbout, D. Chebabe, M. Zouarhi, M. Rehioui, Z. Lakbaibi and N. Hajjaji, "Ceratonia Siliqua L Seeds Extract as Eco-Friendly Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in 1 M HCl: Characterization, Electrochemical, Surface Analysis, and Theoretical Studies," *Molecular Structure*, vol. 1240, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.130611>.
- [18] V. Sivakumar, K. Velumani and S. Rameshkumar, "Colocid Dye - A Potential Corrosion Inhibitor for the Corrosion of Mild Steel in Acid Media," *Materials Research*, vol. 21, no. 4, 2018, doi: <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-0167>.
- [19] A. Ennouri, A. Lamiri and M. Essahli, "Corrosion Inhibition of Aluminium in Acidic Media by Different Extracts of Trigonella foenum-graecum L Seeds," *Portugaliae Electrochimica Acta*, vol. 35, no. 5, pp 279–295, 2017, doi: <https://doi.org/10.4152/pea.201705279>.
- [20] Z. Zhang, D. Yan, X. Liu, W. Li, Z. Wang, Y. Wang, D. Song, T. Zhang, J. Liu and J. Wang, "Self-healing Nanocomposite Coatings Containing Organic-Inorganic Inhibitors Functionalized Dendritic Silica Nanocontainers for Synergistic Corrosion Protection of Carbon Steel," *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 656, 2023, doi:<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2022.130430>.
- [21] A. Ehsani, M. G. Mahjani, M. Hosseini, R. Safari, M. Moshrefi and H. Mohammad Shiri, "Evaluation of Thymus Vulgaris Plant Extract as an Eco-Friendly Corrosion Inhibitor for Stainless steel 304 in Acidic Solution by Means of Electrochemical Impedance Spectroscopy, Electrochemical noise Analysis and Density Functional Theory," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 490, pp 444–451, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.11.048>.
- [22] N. Al Otaibi and H. H. Hammud, "Corrosion Inhibition Using Harmal Leaf Extract as an Eco-Friendly Corrosion Inhibitor," *Molecules*, vol. 26, no. 22, pp 7024, 2021, Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules26227024>.
- [23] K. Muthukumarasamy et al, "Adsorption and Corrosion Inhibition Performance of Tunbergia fragrans Extract on Mild Steel in Acid Medium," *Materials Today: Proceedings*, vol. 33, pp 4054–4058, 2020 ,doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.533>.
- [24] M. A. Deyab, Q. Mohsenb and L. Guo, "Aesculus hippocastanum seeds Extract as Eco-Friendly Corrosion Inhibitor for Desalination Plants: Experimental and Theoretical Studies," *Molecular Liquids*, vol. 361, 2022 doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.119594>.
- [25] A. G. Kalkhambkar, S. K. Rajappa, J. Manjanna and G. H. Malimath, "Saussurea obvallata Leaves Extract as a Potential Eco-Friendly Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 1 M HCl," *Inorganic Chemistry Communications*, vol. 143, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109799>.
- [26] Z. Sanaei, M. Ramezanzadeh, G. Bahlakeh and B. Ramezanzadeh, "Use of Rosa canina Fruit Extract as a Green Corrosion Inhibitor for mild steel in 1M HCl Solution: A Complementary Experimental, Molecular Dynamics and Quantum Mechanics Investigation," *Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 69, pp 18–31, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.09.013>.
- [27] Y. Fernine, R. Salim, N. Arrouse, R. Haldar, F. El Hajjaji, S. C. Kim, M. Ebn Touhami and M. Taleb, "Anti-corrosion Performance of Ocimum Basilicum Seed Extract as Environmental Friendly Inhibitors for Mild Steel in HCl Solution: Evaluations of Electrochemical, EDX, DFT and Monte Carlo, " *Molecular Liquids*, vol. 355, 2022, doi:<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.118867>.
- [28] G. Villanueva, G. (2022). Corrosión del acero al carbón en medio ácido y su posible inhibición a partir de extractos obtenidos del sargazo. [Tesis de maestría] Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- [29] B. Liao, Z. Luo, S. Wan and L. Chen. "Insight into the Anti-corrosion Performance of Acanthopanax Senticosus Leaf Extract as Eco-friendly Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Acidic Medium, " *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 117, pp. 238–246, 2023, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2022.10.010>.
- [30] M. Mehdipour, B. Ramezanzadeh and S. Arman, "Electrochemical Noise Investigation of Aloe Plant Extract as Green Inhibitor on the Corrosion of Stainless Steel in 1M H₂SO₄," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 21, pp. 318–327, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.02.041>.
- [31] N. Al Hasan, H. Alaradi, Z. A. Kadhim Al Mansor, A. H. Jabbar Al Shadood, "The Dual Effect of Stem Extract of Brahmi (Bacopamonnieri) and Henna as a Green Corrosion Inhibitor for Low Carbon Steel in 0.5 M NaOH Solution, " *Case Studies in Construction Materials*, vol. 11, 2019, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509519304024>
- [32] E. Alibakhshi, M. Ramezanzadeh, G. Bahlakeh, B. Ramezanzadeh, Mahdavian and M. Motamedi, "Glycyrrhiza Glabra Leaves Extract as a Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 1 M Hydrochloric Acid Solution: Experimental, Molecular Dynamics, Monte Carlo and Quantum Mechanics Study, " *Journal of Molecular Liquids*, vol. 255, pp. 185–198, 2018, Doi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016773221735949>.

- [33] J. Bhawsar, P. Jain and P. Jain, "Experimental and Computational Studies of Nicotiana Tabacum Leaves Extract as Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acidic Medium," *Alexandria Engineering Journal*, vol. 54, no. 3, pp. 769–775, 2015, doi:<https://doi.org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.aej.2015.03.02>.
- [34] K. Azaoui, E. Mejdoubi, S. Jodeh, A. Lamhamdi, E. Rodríguez-Castellón, M. Algarra, A. Zarrouk, A. Errich, R. Salghi and H. Lgaz, "Eco-friendly Green Inhibitor Gum Arabic (GA) for the Corrosion Control of Mild Steel in Hydrochloric Acid Medium," *Corrosion Science*, vol. 129, pp. 70–81, 2017, doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010938X17309824>.
- [35] P. Divya, S. Subhashini, A. Prithiba and R. Rajalaksmi, "Tithonia Diversifolia Flower Extract as Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acid Medium," *Materials Today Proceedings*, vol. 18, no. 4, pp. 1581–1591, 2019, doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785319310983>.
- [36] A. El Bribrri et al., "The Use of Euphorbia Falcata Extract as Eco-friendly Corrosion Inhibitor of Carbon Steel in HCl Solution," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 141, no. 1, pp. 240–247, 2013, doi:<https://doi.org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.matchemphys.2013.05.006>.
- [37] H. Hassan, A. Khadom and N. Kurshed, "Citrus Aurantium Leaves Extracts as a Sustainable Corrosion Inhibitor of Mild Steel in Sulfuric Acid, South African," *Journal of Chemical Engineering*, vol. 22, pp. 1–5, 2016, doi:<https://doi.org/10.1016/j.sajce.2016.07.002>.
- [38] R. Fdil, M. Tourabi, S. Derhali, A. Mouzdahir, K. Sraidi, C. Jama, A. Zarrouk and F. Bentiss, "Evaluation of Alkaloids Extract of Retama Monosperma (L.) Boiss. Stems as a Green Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Pickling Acidic Medium by Means of Gravimetric, AC Impedance and Surface Studies," *Journal of Materials and Environmental Sciences*, vol. 9, pp. 358–369, 2018, doi:<https://lilloa.univ-lille.fr/handle/20.500.12210/9233>.
- [39] Y. Fang, B. Suganthan and R. Ramasamy, "Electrochemical Characterization of Aromatic Corrosion Inhibitors from Plant Extracts," *Journal of Electroanalytical Chemistry*, vol. 840, pp. 74–83, 2019, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2019.03.052>.
- [40] N. Abba, R. Idouhli, A. T. Ilagouma, A. Abouelfida, M. Kadhiri and A. Romane, "Use of Endostemon Tereticaulis (Pear.) M. Ashby and Hyptis Spicigera Lam Plant Extracts as Corrosion Green Inhibitors for Mild Steel in 1M HCl: Electrochemical and Surface Morphological Studies," *Protection of Metals & Physical Chemistry of Surfaces*, vol. 57, no. 3, pp. 619–633, 2021, doi:<https://link.springer.com/article/10.1134/S2070205121030035>.
- [41] M. Prabakaran, S. Kim, A. Sasireka, K. Kalaiselvi and I. Chung, "Polygonatum Odaratum Extract as an Eco-friendly Inhibitor for Aluminum Corrosion in Acidic Medium," *Journal of Adhesion Science & Technology*, vol. 32, no. 18, pp. 2054–2069, 2018, doi:<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01694243.2018.1462947>.
- [42] Z. Zhou, X. Min, S. Wan, J. Liu, B. Liao and Z. Guo, "A Novel Green Corrosion Inhibitor Extracted from Waste Feverfew Root for Carbon Steel in H₂SO₄ Solution," *Results in Engineering*, vol. 17, 2023, doi:[10.1016/j.rineng.2023.100971](https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.100971).
- [43] P. Álvarez, M. Fiori-Bimbi, A. Neske, S. A. Brandán and A. Gervasi, "Rollinia Occidentalis Extract as Green Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in HCl Solution," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 58, pp. 92–99, 2018, doi:[10.1016/j.jiec.2017.09.012](https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.09.012).
- [44] A. ElShami, S. Bonnet, M. Hussein Makhlof, A. Khelidj and N. Leklou, "Novel Green Plants Extract as Corrosion Inhibiting Coating for Steel Embedded in Concrete," *Pigment & Resin Technology*, vol. 49, no. 6, pp. 501–514, 2020, doi:<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/PRT-09-2019-0078/full/html>.
- [45] R. Anitha, Unnisa N., Basha C., V. Hemapriya, S. Mohana Soopan, S. Chitra, I. Chung, S. Kim and P. Mayakrishnan "Anti-corrosive Potential of Cyperus Rotundus as a Viable Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Sulphuric Acid," *Pigment & Resin Technology*, vol. 49, no. 4, pp. 295–304, 2020, doi:<https://www.ingentaconnect.com/content/mcb/129/2020/00000049/0000004/art00006>.
- [46] M. Prabakaran, S. Kim, V. Hemapriya and I. Chung, "Tragia Plukenetii Extract as an Eco-friendly Inhibitor for Mild Steel Corrosion in HCl 1 M Acidic Medium," *Research on Chemical Intermediates*, vol. 42, no. 4, pp. 3703–3719, 2016, doi:<https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A4%3A29430644/detailv2?siid=ebsco%3Aoc%3Arecord&id=ebsco%3Adoi%3A10.1007%2Fs11164-015-2240-x&bquery=AU%20Kim%2C%20Seung-Hyun&page=1>.
- [47] F. Suedile, F. Robert, C. Roos and M. Lebrini, "Corrosion Inhibition of Zinc by Mansoa Alliacea Plant Extract in Sodium Chloride Media: Extraction, Characterization and Electrochemical Studies," *Electrochimica Acta*, vol. 133, pp. 631–638, 2014, doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013468613025103>.
- [48] S. Wan, H. Wei, R. Quan, Z. Luo, H. Wang, B. Liao and X. Guo, "Soybean Extract Firstly Used as a Green Corrosion Inhibitor with High Efficacy and Yield for Carbon Steel in Acidic Medium," *Industrial Crops and Products*, vol. 187, 2022, doi:[10.1016/j.indcrop.2022.115354](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115354).
- [49] Q. Xiang and J. He, "Combining Theoretical and Experimental Research to Understand the Anti Corrosive Nature of Citrus Reticulata Leaf Extract," *Molecular Liquids Journal*, vol. 325, 2021, doi:<https://doi.org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.molliq.2020.115218>.
- [50] D. Pineda, E. Restrepo, P. Arango, B. Segura and C. Acosta, "Innovative Method for Coating of Natural Corrosion Inhibitor Based on Artemisia Vulgaris," *Materials*, vol. 14, no. 9, 2021, doi:[10.3390/ma14092234](https://doi.org/10.3390/ma14092234).
- [51] D. Pedroza, M. Villalobos-Vazquez, P. Meza-Castellar and I. Paz-Astudillo, "Evaluation of Cocoa (Theobroma Cacao L.) Shell Extracts as Corrosion Inhibitors in Carbon Steel," *Technology Science Future*, vol. 6, no. 3, pp. 147–156, 2016, doi:http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012253832016000100009&script=sci_arttext&tlng=en.
- [52] F. Kaya, R. Solmaz, and I. H. Geçibesler, "The Use of Methanol Extract of Rheum Ribes (İşgin) Flower as a Natural and Promising Corrosion Inhibitor for Mild Steel Protection in 1 M HCl Solution," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 122, pp. 102–117, 2023, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2023.02.013>.
- [53] E. A. Şahin, Y. Dursun, I. Gecibesler and R. Solmaz, "Adsorption and Corrosion Inhibition Ability of Avocado Seed (Persea americana) Extract for Copper Corrosion in 0.5 M H₂SO₄ Solution," *Inorganic Chemistry Communications*, vol. 167, 2024, doi:<https://doi.org/10.1016/j.inoche.2024.112751>.
- [54] H. Liem, T. D. Manh, L. T. Nguyen, D. T. Vu, D. T. Vu, K. D. Nguyen and K. L. Ngo, "Syzygium Polyanthum (Wight) Walp. Leaf Extract as a Sustainable Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Hydrochloric Acidic Environment," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. In press, Journal Pre-proof, 2024, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jiec.2024.08.054>.
- [55] H. S. Kusuma, G. S. Danera, A. D. Maulana, M. Rahmasari, R. A. Nida, A. N. Amenaghawon, H. Darmokoeseomo and A. Zarrouk, "Effect of Spinach (Spinacia oleracea) leaf Extract on the Aluminum (Al) as a Green Corrosion Inhibitor in HCl Medium," *Hybrid Advances*, vol. 7, 2024, doi:<https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2024.100283>.
- [56] T. Rajachandrasekar, I. Muthuvel, K. Kavitha, S.R. Anishia, S. Sasikruba and S. Sujatha, "An Investigation Into the Corrosion Inhibition Mechanisms of Mild Steel Using Aqueous Extract derived from Aerva lanata Leaf in an Acidic Environment," *Materials today: Proceedings*, In press, Corrected Proof, 2024, doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.04.024>.
- [57] S. N. Houda, B. Amel, and F. Malika, "Trifolium Repens Extracts as a Green Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in a 3.5% NaCl Solution," *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 165, 2024, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2024.105771>.
- [58] M. M. Nageeb, G. A. Gaber, A. Ahmed and A. Fouda, "Application of Lentil Seed Extract as an Inhibitor to Assess the Corrosion Properties of Copper–nickel Alloys in a NaCl Environment," *RSC Advances*, vol. 14, no. 38, pp. 28044–28057, 2024, doi:<https://doi.org/10.1039/d4ra04758c>.
- [59] S. Mandal, S. Das, R. Gupta and K. Mondal, "Excellent Corrosion Inhibition Efficiency of Catharanthus Roseus (Nayantara or Sadabahar) Leaf Aqueous Extract on Mild Steel in Chloride-Contaminated Solutions at Different pH," *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 41, 2024, doi:<https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e01058>.
- [60] R. A. Saxena, J. Kaur, E. Berdimurodov and D. K. Verma, "Synergistic Mixture of the Dactyloctenium aegyptium Extract and KI as an Environment Friendly and Highly Efficient Corrosion Inhibitor for Steel in 0.5 M HCl," *Journal of the Indian Chemical Society*, vol. 101, no. 10, 2024, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jics.2024.101317>.
- [61] F. E. Abeng, B. I. Ita, M. E. Ikpi, V. I. Chukwike, A. I. Ikeuba, M. M. Edim, M. A. Chidiebere, A. Thakur and V. C. Anadebe, "Milletia Aboensis Leaves Extract as Eco-Friendly Corrosion Inhibitor for Mild

- Steel in Acidizing Solution: From Experimental to Molecular Level Prediction,” *Results in Engineering*, vol. 24, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102950>
- [62] M. T. Muhammad, M. H. Hussin, M. A. Abu Bakar, T. S. Hamidon, S. S. Azahar, K. Awang, M. Lituadon, M. N. Azmi, “Corrosion Inhibitive Performance of Kopsia teoi Extracts Towards Mild Steel in 0.5 M HCl Solution,” *Materials Chemistry and Physics*, vol. 322, no. 1, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2024.129584>
- [63] A. Dutta, J. Kaur, and A. Saxena, “Boosting the Corrosion Inhibition Efficiency of the Clerodendrum Serratum Extract for Steel in the Presence of KCl,” *Chemical Data Collections*, vol. 52, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2024.101148>
- [64] B. A. Abd-El-Nabey, M.E. Mohamed, A.M. Helmy, H. Elnagar and A.M. Abdel-Gaber, “Eco-friendly Corrosion Inhibition of Steel in Acid Pickling Using Prunus domestica Seeds and Okra Stems Extracts,” *International Journal of Electrochemical Science*. vol. 19, no. 8, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100695>
- [65] Q. Wang, X. Zhou, X. Sun, Q. Zhang, R. Wang, J. Zhao, R. Aslam, Y. Sun, Z. Yan and X. Li, “Seaweed Extract as Green Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Hydrochloric Acid Solution,” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 700, no. 5, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.134751>
- [66] V. M. Paiva, R. Silva, K. C. de Santana de Lima, S. Oliveira, J. Araujo, B. Archanjo, A. F. Valle and E. D’Elia, “Novel Eco-friendly Green Inhibitor of Corrosion Based on Acerola (Malpighia glabra) Waste Aqueous Extract for Mild Steel in 1 mol L⁻¹ HCl Solution,” *Surfaces and Interfaces*, vol. 47, 2024, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2024.104187>
- [67] X. An, J. Dai, S. Wang and W. Zou, “Exploring Ginkgo Biloba Extract's Green Corrosion Inhibition Effects on Q235 Steel in H2SO4 Environments,” *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 19, no. 8, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100677>
- [68] A.Thakur, O. Dagdag, A. Berisha, E. E. Ebenso, A. Kumar, S. Sharma, R. Ganjoo and H. Asaad, “Mechanistic Insights into the Corrosion Inhibition of Mild Steel by Eco-benign Asphodelus Tenuifolius Aerial Extract in Acidic Environment: Electrochemical and Computational Analysis,” *Surface and Coatings Technology*, vol. 430, no. 30, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2024.130568>
- [69] T. Tran, N. Hoaai Vu, T. Tran, S. Jo, T. Huynh, T. Nguyen, C. Panaitescu, H. T. Nguyen, V. Nguyen and N. Nguyeng Dang, “Precise Major Compounds in Barringtonia Acutangula Flower – Water Extract for Mitigating Carbon Steel Corrosion,” *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 155, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2023.105251>
- [70] Z. Jia, B. Lin, T. Duan, H. Lin, G. Zhang, X. Zhou and Y. Xu, “Zea Mays Bracts Extract as an Eco-friendly Corrosion Inhibitor for Steel in HCl Pickling Solution: Experimental and simulation studies,” *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 17, pp 105895, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2024.105895>
- [71] M. Ukasha, J. Hernandez, S. Umoren, M. Sahban and R. Lim, “Investigations of Corrosion Inhibition of Ethanolic Extract of Dillenia Suffruticosa Leaves as a Green Corrosion Inhibitor of Mild steel in Hydrochloric Acid Medium,” *Corrosion Communications*, vol. 15, pp 52-62, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.corcom.2023.10.005>
- [72] H. abbod, and A. Khadom, “Okra Leaves Extract as Green Corrosion Inhibitor for Steel in Sulfuric Acid: Gravimetric, Electrochemical, and Surface Morphological Investigations,” *Results in Chemistry*, vol. 8, pp 101566, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101566>
- [73] B. Ahmed, C. Abdelkarim, E. Omar, B. M’ammed, B. Lahcen and S. Rachid, “Waste Extract as an Efficient Organic compound for Corrosion Inhibition of Carbon Steel (C38) in HCl Solution,” *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 27, pp 101677, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100677>
- [74] A. Sina, R. Reza, and R. Bahram., “Fabrication and Characterization of Zinc Acetylacetonate/Urtica Dioica Leaves Extract Complex as an effective organic/inorganic hybrid corrosion inhibitive pigment for mild steel protection in chloride solution,” *Applied Surface Science*, vol. 457, pp 487-496, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.06.190>
- [75] Z. Farah, H. Sherwyn, and H. Hussin., “Applicability of Winged Bean Extracts as Organic orrosion Inhibitors for Reinforced Steel in 0.5 M HCl Electrolyte,” *Journal of the Indian Chemical Society*, vol. 27, pp 100329, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jics.2021.100329>
- [76] M. Boudaliaa, A. Guenbour, A. Bellaouchou, A. Laqhalli, M. Mousanddak, A. Hakiki, B. Hammouti and E. Ebenso, “Corrosion Inhibition of Organic Oil Extract of Leaves Of Lanvandula Stoeckas on Stainless Steel in Concentrated Phosphoric Acid Solution,” *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 8, pp 7414-7424, 2022, doi: [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)14856-5](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)14856-5)
- [77] P. Li, Z. Shao, W. Fu, W. Ma, K. Yang, H. Zhou and M. Gao, “Enhancing Corrosion Resistance of Magnesium Alloys via Combining Green Chicory Extracts and Metal Cations as Organic-Inorganic Composite Inhibitor,” *Corrosion Communications*, vol. 9, pp 44-56, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.corcom.2022.06.002>
- [78] J. Nogueira, V. Paiva, A. Monteiro, G. Almeida, R. Da Silva, B. Soares, S. Massafra, J. Rodrigues, A. Ferreira, T. Das Chagas and E. D’Elia, Versatility of Juçara (Euterpe edulis) extracts as corrosion inhibitors of mild steel in different environments: 1 mol L⁻¹ HCl and CO₂-saturated formation water, *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 32, pp1159-1172, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.07.206>
- [79] P. Van, N. Tu Hoang, T. Dihn, L. Dung, N. Si Hoai, S. V. Prabhakar, C. Panaitescu, T. Pham and N. Nguyen, “Enhancing Corrosion Resistance of Mild Steel in Hydrochloric acid with Chiquita Banana Sap Extract,” *RSC Advances*, vol. 14, pp 14263-14277, 2024, doi: <https://doi.org/10.1039/d4ra00132j>
- [80] M. Darweesh, S. M. Emam, A. Wahba, M. I. Ayad, M. El-Nahass, Am Abd-Elhamied and W. A. Hammad, “Onion Peel Extract/Copper Oxide Nanoparticles as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel in Hydrochloric Acid: Extraction, Characterization, Electrochemical Study, and Theoretical Explorations,” *Results in Chemistry*, vol. 9, pp 101126, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101626>
- [81] D. Pengfei, Y. Huifang, D Shuduan and L. Xianghong, “Synergistic Inhibition of Mikania Micrantha Extract with Iodide Ion on the Corrosion of Cold Rolled Steel in Trichloroacetic Acid Medium,” *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 139, pp 358-377, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2024.05.014>
- [82] L. Ran, D. Shuduan, Q. Yujie, X. Dake, D. Guanben, S. Dandan and L. Xianghong, “Sunflower Stalk Extract as a Novel Green Inhibitor on Aluminium Corrosion in HCl Solution,” *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol. 687, pp 133358, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.133358>
- [83] P. Bishnu, P. Dipak, P. Naresh, P. Deval, D. Madhusudan and B. Hari, “Methanol Extract of Murraya Koenigii Stem as Green Inhibitor for Mild Steel Corrosion in 1 M HCl solution,” *Results in Surfaces and Interfaces*, vol. 16, pp 100245, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsufi.2024.100245>
- [84] A. El Ouaddari, R. Kellal, Z. Ait El Caid, R. Albarakati, N. Wazzan, O. S. Al-Quarashi, Z. Safi, S. Iben Moussa, A. El Amrani, M. Zertoubi and D. Benmessauoud “Insight Into Anti-Corrosion Behavior of Cladanthus Mixtus (L.) Flower Extracts as a Biodegradable Inhibitor for Carbon Steel in Acid Medium: Experimental and Theoretical Studies,” *Materials Chemistry and Physics*, vol. 326, pp 129827, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2024.129827>
- [85] A. Siti, B. Pandian, I. Mohamad, A. Khalijah, Z. Mohd, H. Tuan and H. Hazwan, “Extraction of flavonoids from Butterfly blue pea (Clitoria ternatea) flower as Carbon Steel Corrosion Inhibitor in CO₂ Environment: Experimental and Theoretical Approaches,” *Journal of Molecular Liquids*, vol. 396, pp 124056, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2024.124056>
- [86] S. Adhikary, and N. Dasgupta, “Role of Secondary Metabolites in Plant Homeostasis During Biotic Stress,” *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 50, no. 102712, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102712>
- [87] B. Li, J. Wang, Z. Cheng, B. Song, C. Shu, Y. Chen, W. Chen, S. Yang, Y. Yang and J. Tian, “Flavonoids Mitigation of Typical Food Thermal Processing Contaminants: Potential Mechanisms and Analytical Strategies,” *Food Chemistry*, vol. 416, no. 135793, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135793>
- [88] S. Sirin, S. Dolanbay and B Aslim, “Role of Plant Derived Alkaloids as Antioxidant Agents for Neurodegenerative Diseases,” *Health Sciences Review*, vol. 6, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2022.100071>
- [89] C. Santos, S. Machado, E Matos Sales, E. Da Silva Vellozo, E. Porto Dos Santos, G. Baptista, F. Azeredo, T. Fraga Barros and R Biegelmayr, “Coumarins from Rutaceae: Chemical Diversity and Biological Activities”, *Fitoterapia*, vol. 168, no. 105489, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2023.105489>

- [90] N. Hossain, M. Islam, M. Chowdhury, “Advances of Plant-Extracted inhibitors in Metal Corrosion Reduction – Future Prospects and Challenges,” *Results in Chemistry*, vol. 5, 2023, doi:10.1016/j.rechem.2023.100883.
- [91] C. Verma, M. Alfantazi and Y. Kyong, “Are Extracts Really Green Substitutes for Traditional Toxic Corrosion Inhibitors? Challenges Beyond Origin and Availability, ” *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 31, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100943>
- [92] F. Abd El Aziz, M. Ahmed, A. Mohammed, E. Ahmed and A. Mohamed S., “Verbena officinalis (VO) leaf extract as an anti-corrosion inhibitor for carbon steel in acidic environment,” *Sci Rep*, vol 14, pp 16112, 2024, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65266-z>
- [93] A. Liberati, D. Altman, J. Tezlaff, C. Mulrow, P. Gotzsche, H. Loannidis, M. Clarke, P. J. Devereaux, J. Kleijnen and D. Moher, “The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration,” *J Clin Epidemiol*, vol. 62, no. 10, pp. e1–e34, Oct. 2009, doi: 10.1016/J.JCLINEPI.2009.06.006



Laura Alejandra Vargas Rodríguez. Ingeniera ambiental en proceso de formación (noveno semestre) de la Universidad Militar Nueva Granada, Sede Campus-Cajicá. Colombia; con énfasis en procesos biotecnológicos, conocimiento e interés en tratamiento de aguas residuales y manejo de herramientas básicas de investigación. Miembro activo del semillero de investigación SemQuiBio de la Universidad Militar Nueva Granada y participante del Proyecto de Iniciación Científica PIC CIAS 3699. ORCID: <https://orcid.org./0009-0003-0424-0407>.



Karol Zolanyi Cancelada Bustos. Ingeniera ambiental en proceso de formación (décimo semestre) de la Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia, 2023. Con conocimientos previos en formulación de proyectos, diagnóstico de impactos ambientales, diseño y creación de soluciones técnicas, tecnológicas y sostenibles. Actualmente pertenezco al Semillero de SemQuiBio y PICCIAS 3699 de la Universidad Militar Nueva Granada. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2362-584X>.



Carlos Andrés Coy Barrera. Químico de la Universidad Nacional de Colombia 2004, Doctor en Ciencias-Química de la Universidad Nacional de Colombia 2009. Docente de carrera del Departamento de Química de la Universidad Militar Nueva Granada, miembro del grupo de investigación en Química Biorgánica, clasificado A1 en minciencias y líder del semillero SemQuiBio. Miembro de la sociedad italolatinoamericana de etnomedicina (SILAE) y miembro de la Sociedad Colombiana de Ciencias Químicas (Socolquim). Áreas de interés: Química

Orgánica de productos naturales, manejo de técnicas espectroscópicas, moléculas orgánicas sintéticas y naturales con propiedades electroquímicas específicamente como inhibidores de corrosión. Búsqueda de moléculas activas con potenciales aplicaciones en ingeniería ambiental y biomédica. ORCID: <https://orcid.org/ 0000-0001-7629-9262>.